

# BM 545

Výrobní číslo:

Заводской номер: .....

Production No.:

## **Mikrovoltmetr - pikoampérmetr**

Přístroj slouží k přesným měřením stejnosměrných napětí a proudů. Velký vstupní odpor zaručuje minimální zatížení měřeného obvodu.

## **Микровольтметр - пикоамперметр**

Прибор служит для точного измерения постоянных напряжений и токов. Большое входное сопротивление обеспечивает минимальную нагрузку измеряемой цепи.

## **Microvoltmeter - Picoammeter**

This digital instrument serves for the accurate measurement of DC voltages and DC currents. The high input resistance guarantees only minimum load on the measured object.

Výrobce:

Завод-изготовитель:

Makers:

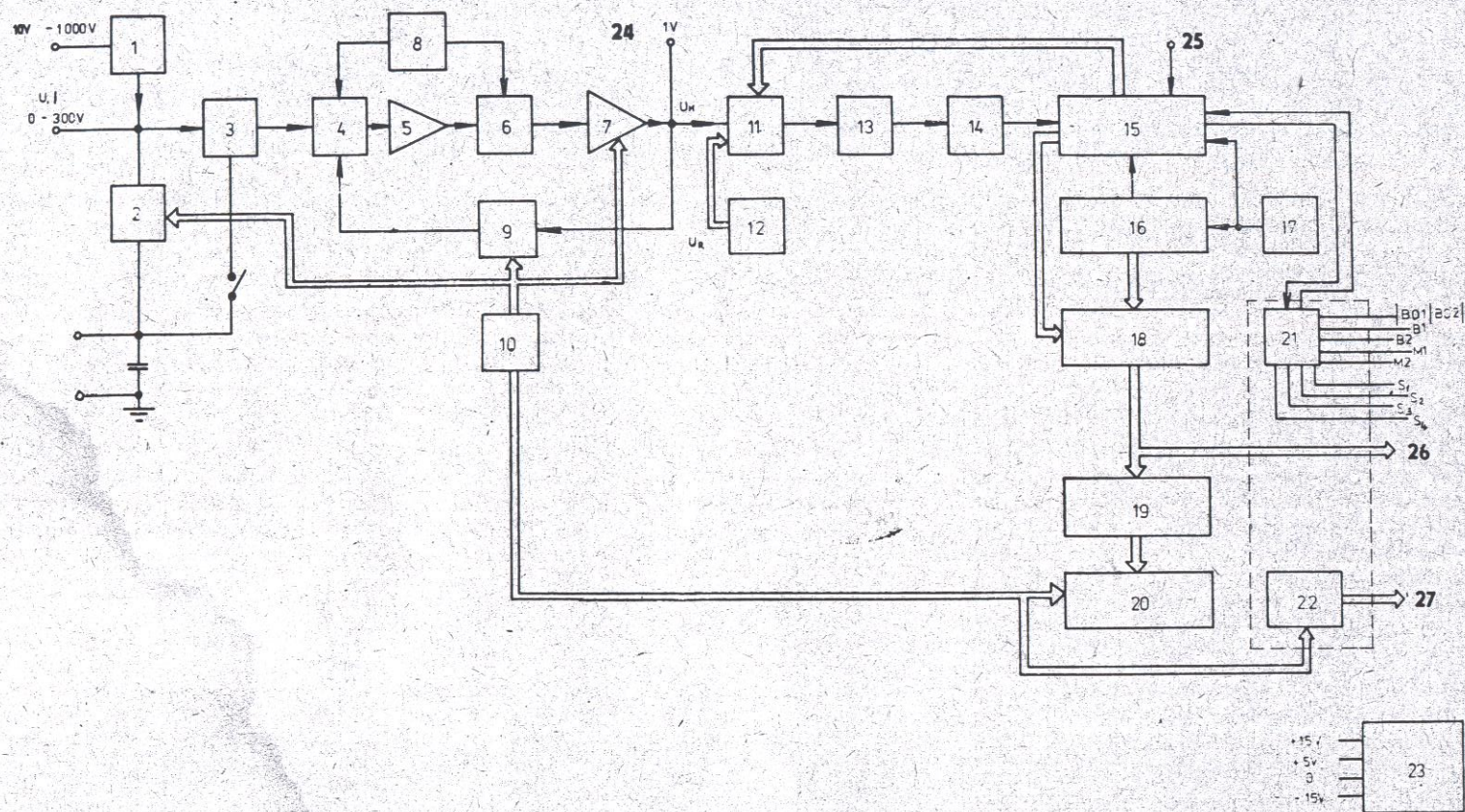
**TESLA Brno, k. p., Purkyňova 99, 612 45 Brno 12**



Obr. 1 — Blokové schéma

Рис. 1 — Блок-схема

Fig. 1 — Block diagram



- 1 — vstupní dělič pro měřené napětí 10 V až 1000 V
- 2 — předřadné odpory pro měření proudu
- 3 — vypínatelný filtr
- 4 — modulátor
- 5 — střídavý zesilovač
- 6 — synchronní detektor
- 7 — stejnosměrný zesilovač — dvojnásobný integrátor
- 8 — oscilátor
- 9 — přesné zpětnovazební děliče
- 10 — přepínač rozsahů a funkce
- 11 — spínače
- 12 — zdroj referenčního napětí obou polarit
- 13 — integrační zesilovač

- 1 — входной делитель для измеряемых напряжений 10 В — 1000 В
- 2 — гасящие сопротивления для измерения тока
- 3 — выключаемый фильтр
- 4 — модулятор
- 5 — усилитель переменного тока
- 6 — синхронный детектор
- 7 — усилитель постоянного тока — двойной интегратор
- 8 — автогенератор
- 9 — точные делители обратной связи
- 10 — переключатель пределов и режима работы
- 11 — ключи
- 12 — источник опорного напряжения любой полярности
- 13 — интегрирующий усилитель

- 1 — Input divider for measured voltages from 10 V to 1000 V
- 2 — Series resistors for current measurements
- 3 — Switchable filter
- 4 — Modulator
- 5 — AC amplifier
- 6 — Synchronous detector
- 7 — DC amplifier — double integrator
- 8 — Oscillator
- 9 — Precision feedback dividers
- 10 — Range and function selector switch
- 11 — Switches
- 12 — Reference voltage supply of both polarities
- 13 — Integrating amplifier



- 14 — komparátor
- 15 — řídicí logika
- 16 — čítač
- 17 — taktovací generátor
- 18 — vyrovnávací paměť
- 19 — dekodér — převod z BCD kódu 8421 na kód 1 ze sedmi
- 20 — indikační panel
- 21 — jednotka IMS
- 22 — dekodér rozsahu a funkce
- 23 — napájecí zdroj
- 24 — výstup na zapisovač
- 25 — zkratovací svorka [paměť]
- 26 — digitální výstup
- 27 — data IMS

impulsově šířkově modulovaný signál  $T_p$  k řízení činnosti čítače (16).

Měřené napětí

$$U_x = K_p \frac{T_i}{T_p} \quad (1)$$

$$\text{kde } K_p = U_{\text{ref.}} \frac{R_{\text{ref.}}}{R_{\text{měř.}}}$$

Periody  $T_i$  a  $T_p$  měříme počtem elementárních časových kvant odvozených z taktovacího generátoru. Přitom integrační doba je celým násobkem elementárního časového kvanta (obr. 3a, 3b)

$$T_i = N_i \cdot \Delta T$$

kde  $\Delta T \dots$  je elementární časové kvantum — konstanta

$N_i \dots$  je číslo naplnění čítače při integraci — konstanta

Šířka impulsu  $T_p$  má dvě složky. Složku, která se rovná celému násobku  $N_p$  elementárního časového kvanta  $\Delta T$  a zbytku menšího než elementární kvant  $\Delta t_z < \Delta T$ .

$$T_p = N_p \cdot \Delta T + \Delta t_z$$

Zbytková složka  $\Delta t_z$  je závislá na velikosti měřeného napětí. Z hlediska hazardu nesprávného čtení stavu čítače je nebezpečný stav  $\Delta t_z = 0 + \delta$  a  $\Delta t_z = \Delta T - \delta$ , kde  $\delta$  je libovolně malé kladné číslo větší než 0. Při hazardním stavu je výsledek

- 14 — компаратор
- 15 — управляющая логика
- 16 — счетчик
- 17 — тактовый генератор
- 18 — буферный накопитель
- 19 — декодирующее устройство — переход от кода BCD 8421 в код 1 из 7
- 20 — панель индикации
- 21 — блок ИИС
- 22 — декодирующее устройство предела и режима
- 23 — источник питания
- 24 — выход для самописца
- 25 — короткозамыкающая перемычка (накопитель)
- 26 — цифровой выход
- 27 — данные ИИС

сигнал  $T_p$ , предназначенный для управления работой счетчика (16).

Измеренное напряжение

$$U_x = K_p \frac{T_i}{T_p} \quad (1)$$

где

$$K_p = U_{\text{опор.}} \frac{R_{\text{опор.}}}{R_{\text{изм.}}}$$

Периоды  $T_i$  и  $T_p$  измеряются количеством элементарных интервалов времени, вырабатываемых в тактовом генераторе. При этом время интегрирования является целым значением элементарного интервала времени (рис. 3а, 3б)

$$T_i = N_i \cdot \Delta T$$

где  $\Delta T \dots$  элементарный интервал времени — постоянная

$N_i \dots$  число, определенное счетчиком при интегрировании — постоянная

Длительность импульса  $T_p$  имеет две составляющие. Составляющую, которая равна целому кратному  $N_p$  элементарного интервала времени  $\Delta T$  и остатку, который меньше элементарного интервала  $\Delta t_z < \Delta T$ .

$$T_p = N_p \cdot \Delta T + \Delta t_z$$

Остаточная составляющая  $\Delta t_z$  зависит от величины измеряемого напряжения. С точки зрения неопределенности правильного отсчета состояния счетчика опасным является состояние  $\Delta t_z = 0 + \delta$  и  $\Delta t_z = \Delta T - \delta$ , где  $\delta$  — любое малое по-

- 14 — Comparator
- 15 — Control logic circuitry
- 16 — Counter
- 17 — Cycling generator
- 18 — Buffer store
- 19 — Decoder — converter of the BCD code 8421 to the code „1 of 7“
- 20 — Display
- 21 — IMS unit
- 22 — Range and function decoder
- 23 — Power supply
- 24 — Recorder output
- 25 — Shorting terminal (store)
- 26 — Digital output
- 27 — Data IMS

lator; the result serves for controlling the operation of the counter (16).

The measured voltage

$$U_x = K_p \frac{T_i}{T_p}$$

$$\text{where } K_p = U_{\text{ref.}} \frac{R_{\text{ref.}}}{R_{\text{meas.}}}$$

The time periods  $T_i$  and  $T_p$  are measured by the number of elementary time quanta derived from the cycling generator. The integration time is always an integral multiple of the elementary time quantum (Figs. 3a, 3b).

The integration time period

$$T_i = N_i \cdot \Delta T$$

where  $\Delta T \dots$  is the elementary time quantum which is a constant, and

$N_i \dots$  is the full number of the counter and is a constant.

The duration of the pulse  $T_p$  has two constituents: A main component, which is equal to the integral multiple  $N_p$  of the elementary time quantum  $\Delta T$  and a remainder which is smaller than one elementary quantum  $\Delta T$ , i.e.  $\Delta t_z < \Delta T$ .

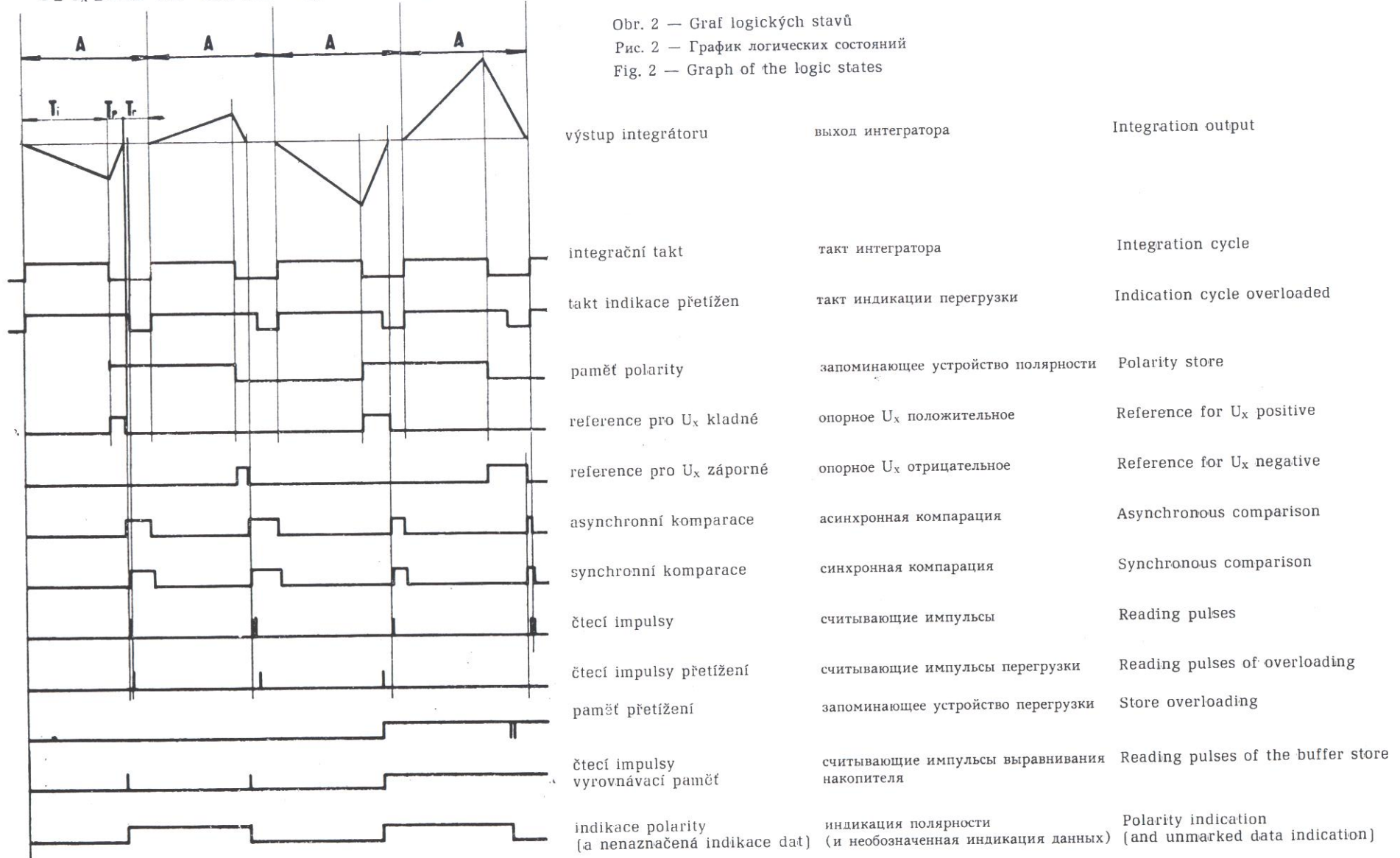
Thus,

$$T_p = N_p \cdot \Delta T + \Delta t_z$$

The remainder  $\Delta t_z$  depends on the magnitude of the measured voltage. From the viewpoint of the hazard of incorrect reading of the state of the counter, the states  $\Delta t_z = 0 + \delta$  and  $\Delta t_z = \Delta T - \delta$  are dangerous. The character  $\delta$  designates any po-



$0 \leq U_x \leq 1999$     $0 \leq -U_x \leq 1999$     $U_x > 1999$     $-U_x > 1999$



Obr. 2 — Graf logických stavů  
 Рис. 2 — График логических состояний  
 Fig. 2 — Graph of the logic states

A — úplný měřicí takt

A — полный измерительный такт

A — Complete measuring cycle



čtení stavu čítače do vyrovnání paměti neplatný, proto vznik tohoto stavu musíme vyloučit. Vyloučení hazardu zajišťujeme synchronizací asynchronní komparace na nástupní hranu hodinových impulsů, a to:

- a) posunutím synchronní komparace vůči asynchronní o časový interval  $(\Delta t_0 - \Delta t_z)$  pro  $\Delta t_z < \Delta t_0 < \Delta T$  (obr. 3a)
- b) posunutím synchronní komparace vůči asynchronní o časový interval  $[(\Delta T - \Delta t_z) + \Delta t_0]$  pro  $\Delta t_0 < \Delta t_z < \Delta T$  (obr. 3b)

V případě „b“ po asynchronní komparaci nejprve nastane zvětšení stavu čítače a pak synchronní komparace, čtení do vyrovnávací paměti. Kromě vyloučení hazardních stavů tento způsob umožňuje výhodnou metodu indikace přetížení.

Po obvodové stránce se synchronizace asynchronní komparace realizuje klopným obvodem typ D tak, že na výstup klopného obvodu D se přenese stav asynchronní komparace nástupní hranou hodinových impulsů s prodlevou  $\Delta t_0$  a ořakovací periodou  $\Delta T$ .

Výstupní informace z vyrovnávací paměti je v kódu BCD, což umožňuje přímé spojení na převodník sedmissegmentového kódu a zároveň slouží jako digitální výstup pro možnost zapojení do IMS. Dekodér přímo řídí segmentovky na indikačním panelu. Ovládání desetinné tečky na segmentovkách displeje je provedeno přes dekodér z přepínače rozsahů a funkce. Na displeji je dále indikována polarita měřeného napětí a délka trvání měřícího taktu.

ложительное число больше 0. При неопределенном состоянии результат отсчета состояния счетчика до выравнивания накопителя является неправильным, поэтому возникновение такого состояния должно быть исключено. Исключение неопределенности обеспечивается синхронизацией асинхронного сравнения по переднему фронту управляющих импульсов, а именно:

- a) путем сдвига синхронного сравнения относительно несинхронного на интервал времени  $(\Delta t_0 - \Delta t_z)$  для  $\Delta t_z < \Delta t_0 < \Delta T$  (см. рис. 3a),
- б) путем смещения синхронного сравнения относительно асинхронного на интервал времени  $[(\Delta T - \Delta t_z) + \Delta t_0]$  для  $\Delta t_0 < \Delta t_z < \Delta T$  (см. рис. 3б).

В случае б) после несинхронного сравнения сначала имеет место увеличение состояния счетчика, а затем имеет место синхронное сравнение, перевод в буферный накопитель. Кроме исключения неопределенных состояний этот способ позволяет использовать целесообразный метод индикации перегрузки.

Со схемной точки зрения синхронизация асинхронного сравнения осуществляется с помощью триггера типа D так, что на выходе триггера D обеспечивается состояние асинхронного сравнения по переднему фронту управляющих импульсов с задержкой  $\Delta t_0$  и с периодом повторения  $\Delta T$ .

Выходная информация буферного накопителя дается в коде BCD, что дает возможность прямого подключения к декодирующему устройству один из семи и одновременно цифровой выход может быть использован для работы в системе ИИС. Декодирующее устройство прямо управляет семью сегментными дисплеями на панели индикации. Управление десятичным знаком на дисплее осуществляется с помощью декодирующего устройства от переключателя пределов и режима работы. На дисплее далее показана полярность измеренного напряжения и длительность измерительного интервала.

sitive small number larger than 0. At the hazardous state, the result of reading of the state of the counter up to the compensating of the store is not valid, therefore the occurrence of this state must be precluded. Incorrect readout hazard is eliminated by synchronizing the asynchronous comparison to the rising edge of the clock pulses, i.e.:

- a) by shifting the synchronous comparison with regard to the asynchronous one by a time interval  $(\Delta t_0 - \Delta t_z)$  for  $\Delta t_z < \Delta t_0 < \Delta T$  (see Fig. 3a).
- b) by shifting the synchronous comparison with regard to the asynchronous one by a time interval  $[(\Delta T - \Delta t_z) + \Delta t_0]$  for  $\Delta t_0 < \Delta t_z < \Delta T$  (see Fig. 3b).

In the case b), after asynchronous comparison, first the state of the counter increases and then synchronous comparison and reading into the buffer store (18) take place. In addition to the elimination of hazardous states, this method enables the indication of overloading in an advantageous manner.

As far as circuitry is concerned, synchronization of the asynchronous comparison is accomplished by a D-type flip-flop in such a manner that the state of the asynchronous comparison on the output of this D flip-flop is effected by the rising edge of the clock pulses with a delay of  $\Delta t_0$  and the repetition cycle  $\Delta T$ .

The output information from the buffer store is in the BCD code, thus direct connection to the converter of the 7-segment code is possible and simultaneously it is applicable also as an output for use in an automatic IMS system. The decoder actuates directly the 7 segment number indicators of the display (20). The positioning of the decimal point is accomplished via the decoder by means of the range and function selector switch (10). On the display are indicated also the polarity of the measured voltage and the duration of the measuring cycle.







Řídicí logika je řešena tak, že umožňuje zapamatovat si na neomezenou dobu měřenou hodnotu až do vypnutí přístroje. Zapamatování je možno vyvolat přivedením úrovně log. 0 (zkrat k vyvedeným svorkám označeným „PAMĚŤ“) a zrušit napětím log. 1.

Řídicí logika dále obsahuje obvody, které zajišťují součinnost s jednotkou interfejsu IMS-1. Na zadním panelu přístroje jsou spínače S1, S2, S3, S4 (21), které v různých kombinacích umožňují jednorázový cyklický podmíněný zápis a různé stupně řídicích vazeb pomocí signálů B1, B2, M1, M2.

Dekodér rozsahu a funkce převádí informace o zařazeném rozsahu, funkci přístroje (měření napětí nebo proudu) a o polaritě měřené veličiny na informaci v BCD kódu 8421 potřebné pro IMS.

Pro napájení přístroje jsou použity stabilizátory napětí s dobrou filtrací. Všechny obvody jsou řešeny na plovoucí zemi s odpovídající izolací.

Při měření proudu zařazujeme na vstup přístroje odpory (2), voltmetrem měříme úbytek napětí vzniklý protékajícím proudem přes zařazený odpor.

## 5. POKYNY PRO VYBALENÍ A PŘÍPRAVU PŘÍSTROJE K PROVOZU

### 5.1. Vybalení

Přístroj postupně vybalíme a pokud byl skladován v takové teplotě, že by mohl přejít rosným bodem, je nutno jej ponechat aklimatizovat. Doporučujeme, abyste si balení, ve kterém Vám byl přístroj předán, uschovali pro případnou přepravu přístroje.

Управляющая логика дает возможность запомнить на неограниченное время измеренное значение вплоть до выключения прибора. Запоминание можно осуществить путем подачи логического нуля (короткое замыкание выведенных зажимов, обозначенных «Запоминание») и снять с помощью напряжения лог. 1.

Управляющая логика далее содержит цепи, обеспечивающие совместную работу с блоком интерфейса ИИС-1. На задней панели прибора имеются ключи S1, S2, S3, S4 (21), которые в различных комбинациях позволяют осуществлять однократную, циклическую, условную записи различной степени управляющих связей, осуществляемых с помощью сигнала B1, B2, M1, M2.

Декодирующее устройство предела и режима работы преобразует информации о включенном пределе и режиме прибора (измерение напряжения или тока) и о полярности измеряемой величины в информацию в коде BCD 8421, которая необходима для системы ИИС.

Для питания прибора использованы стабилизаторы напряжения с хорошей фильтрацией. Все цепи выполнены с плавающей землей и соответствующей изоляцией.

При измерении тока на вход прибора включаются гасящие сопротивления, вольтметром измеряется падение напряжения, вызванное протекаемым током через включенное гасящее сопротивление.

## 5. УКАЗАНИЯ ПО РАСПАКОВКЕ, СБОРКЕ И ПОДГОТОВКЕ ПРИБОРА К ЭКСПЛУАТАЦИИ

### 5.1. Распаковка

Прибор следует распаковать, и если он хранился при температуре, при которой на нем могла образоваться роса, то его необходимо оставить для акклиматизирования. Рекомендуется сохранить тару, в которой прибор был поставлен, для возможной его последующей транспортировки.

The control logic circuitry (15) is designed so that it enables unlimited storage of the measured value up to switching off of the instrument. Storage can be evoked by the application of log. 0 (shorting of the terminals marked STORE) and cancelled by a voltage of log. 1.

The control logic circuitry contains circuits which ensure co-operation with an interface IMS-1. On the back panel of the BM 545 instrument are switches S1, S2, S3 and S4 which by different combinations enable one-shot, cyclic, conditional recording and various steps of control coupling with the aid of B1, B2, M1, M2 signals.

The range and function decoder (22) converts information about the set range, function of the instrument (voltage or current measurement) and about the polarity of the measured variable into information in the BCD code 8421 which is required for an IMS system.

For powering, the instrument employs voltage stabilizers with good filtering. All the circuits are designed for operation with floating earth and are insulated accordingly.

For current measurement, resistors (2) are employed and the voltage drop produced across them by the flowing current is measured by the voltmeter.

## 5. INSTRUCTIONS FOR UNPACKING THE INSTRUMENT AND FOR ITS PREPARATION FOR USE

### 5.1. Unpacking

The BM 545 microvoltmeter — picoammeter has to be unpacked carefully and, if it has been stored under such conditions that moisture precipitation on it can be expected, then it must be acclimatized before being put in use. It is advisable to save the packing in which the instrument was delivered, for possible reuse at a later date for transport or storage.



## 5.2. Příprava k provozu

Přístroj nevyžaduje žádných zásahů před uvedením do chodu a po vybalení je okamžitě schopen používání. Před připojením přístroje k síťovému napětí se přesvědčíme, zda je přístroj připojen na správné síťové napětí. Připojení se provádí voličem napětí, který je umístěn na zadní straně přístroje. Vyšroubujeme šroub uprostřed voliče napětí, kotouč povytáhneme a natočíme tak, aby číslo udávající správné síťové napětí bylo pod trojúhelníkovou značkou. Šroub opět zašroubujeme, a tím kotouček zajistíme. Z výrobního závodu je přístroj přepojen na síťové napětí 220 V.

Přístroj nepotřebuje zvláštní uzemnění, protože kovové části přístroje přístupné dotyku jsou spojeny s ochrannou zemnicí svorkou tvořenou pláštěm převodky. Při připojení přístroje třížilovou síťovou šňůrou k síťovému rozvodu je zajištěno jeho připojení k ochrannému vodiči. Není dovoleno bez patřičného opatření odpojovat ochranný vodič. Zkontrolujeme, zda je stlačeno tlačítko S4 (21) umístěné na zadním panelu.

## 6. NÁVOD K OBSLUZE A POUŽÍVÁNÍ

### 6.1. Bezpečnostní opatření

Přístroj je konstruován v bezpečnostní třídě I dle ČSN 35 6501. Kovové části přístupné dotykem jsou určeny k připojení na ochranný vodič a izolace pod síťovým napětím vyhovuje uvedené normě.

## 5.2. Подготовка к эксплуатации

Прибор не нуждается ни в каких вмешательствах перед пуском в ход и после распаковки он готов для непосредственной эксплуатации. Перед подключением прибора к сети необходимо убедиться в том, что он переключен на правильное напряжение сети. Переключение осуществляется переключателем напряжения, установленным на задней стенке прибора. Вывинтить винт в центре переключателя напряжения, диск выдвинуть и повернуть его так, чтобы число, определяющее правильное напряжение сети, находилось против треугольной метки. Винт снова закрутить, в результате чего диск фиксируется. На заводе-изготовителе прибор переключен на напряжение сети 220 В.

Прибор не нуждается в специальном заземлении, так как металлические части прибора, доступные прикосновению, соединены с защитным заземляющим зажимом, образованным внешней оболочкой сетевого гнезда. При подключении прибора с помощью трехжильного сетевого шнура к сети обеспечивается его соединение с защитным проводом. Не допускается без требуемого мероприятия отключить защитный провод. Необходимо убедиться в том, что нажата кнопка S4 (21) на задней панели.

## 6. ИНСТРУКЦИЯ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ ПРИБОРА

### 6.1. Правила техники безопасности

Прибор сконструирован по классу безопасности 1 по предписаниям МЭК. Металлические части, доступные прикосновению, предназначены для подключения к защитному проводу и изоляция частей, находящихся под напряжением сети, удовлетворяет указанному стандарту.

## 5.2. Preparation for application

The instrument does not require any adjustment at all before being put into use; it is ready for carrying out measurements immediately after being unpacked. However, before connecting the instrument to the mains, it is essential to ensure that it is set to the available mains voltage. Switching-over, if necessary, is carried out by means of the voltage selector on the back panel of the instrument, as follows: After removing the screw which retains the selector disc, the latter has to be pulled out partially and turned so that the number indicating the available mains voltage appears below the triangular mark. Then, the disc has to be pushed home again and the retaining screw replaced. Each instrument is set by the makers for 220 V powering.

The BM 545 microvoltmeter - picoammeter does not require earthing, as all its metal parts accessible to the touch are bonded and connected to the protective earth terminal formed by the screening of the mains connector. When the instrument is connected to the mains by means of the supplied 3-core cord, it is connected to the protective conductor which must not be interrupted unless the appropriate safety measures are taken. It is necessary to depress the push-button marked S4 (21) on the back panel.

## 6. INSTRUCTIONS FOR ATTENDANCE AND USE OF THE INSTRUMENT

### 6.1. Safety measures

The BM 545 microvoltmeter — picoammeter is designed to meet the stipulations for Class I. intrinsic safety according to the Czechoslovak Standard ČSN 35 6501, in conformity with the pertaining IEC Recommendation (Publication No. 348, 1971). All metal parts accessible to the touch are prepared for connection to the protective mains conductor and their insulation is in accordance with the conditions set forth in the quoted Standard.



## 6.2. Uspořádání ovládacích prvků

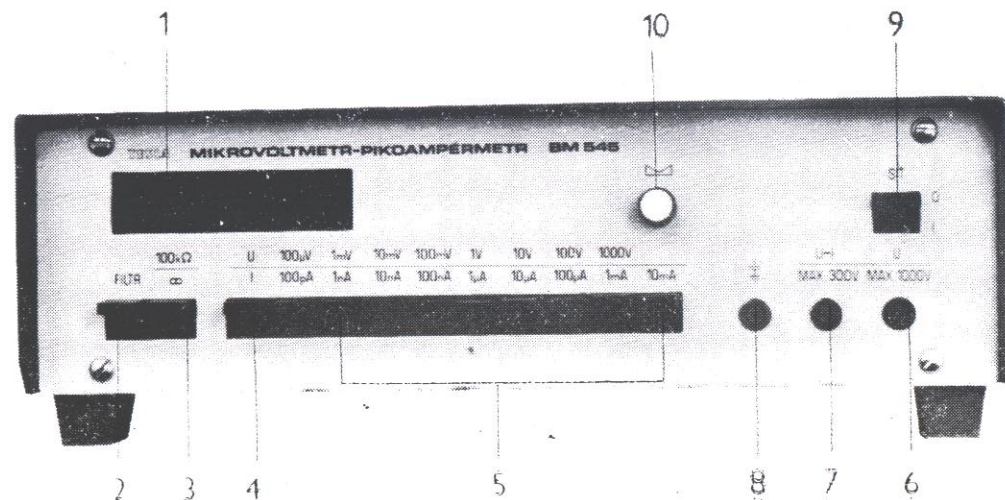
Пřední panel

## 6.2. Расположение элементов управления

Передняя панель

## 6.2. Layout of the controls

Front panel



Obr. 4  
Рис. 4  
Fig. 4

- 1 — Indikační panel  
Indikuje čtyřmístný údaj měření, polaritu, desetinnou tečku a délku měřicího taktu. Nejnižší řád je vpravo.
- 2 — Tlačítko „filtr“  
Stlačením tlačítka je zapojen na vstup filtr potlačující rušivé napětí síťové frekvence 50 Hz.
- 3 — Tlačítko vstupního odporu 100 kΩ/∞  
Při nestlačeném tlačítku je vstupní odpor mikrovoltmetru 100 kΩ. Při stlačeném tlačítku je vstupní odpor mikrovoltmetru uveden v technických údajích (kapitola 3.1.).
- 4 — Tlačítko funkce U, I  
Při nestlačeném tlačítku je přístroj ve funkci voltmetru. Při stlačeném tlačítku je přístroj ve funkci ampérmetru.
- 5 — Tlačítka pro přepínání rozsahů  
Stlačením příslušného tlačítka se zařadí požadovaný rozsah.
- 6 — Vstupní svorka max. 1000 V  
Svorka pro připojení měřeného napětí, které je větší než 300 V.
- 7 — Vstupní svorka U, I  
Svorka pro připojení měřeného napětí, které je menší než 300 V a měřeného proudu pro celý měřicí rozsah.
- 8 — Svorka plovoucí země ⚡  
Svorka oddělená od kostry přístroje kapacitou 68 000 pF a odporem 10<sup>9</sup> Ω. Max. plovoucí napětí 250 V<sub>ss</sub>.

- 1 — панель индикации  
Служит для индикации четырехразрядного результата измерений, полярности, десятичного знака и длительности измерительного цикла. Младший разряд расположен направо.
- 2 — кнопка «Фильтр»  
Путем нажатия на кнопку включается на входе фильтр, подавляющий мешающее напряжение частоты 50 Гц.
- 3 — кнопка входного сопротивления 100 кОм/∞  
При ненажатой кнопке входное сопротивление микровольтметра равно 100 кОм. При нажатой кнопке имеет место входное сопротивление микровольтметра, указанное в технических данных (п. 3.1.).
- 4 — кнопка режима работы U, I  
При ненажатой кнопке прибор работает в качестве вольтметра. При нажатой кнопке прибора работает в качестве амперметра.
- 5 — кнопка для переключения пределов  
При нажатии на соответствующую кнопку включается требуемый предел.
- 6 — входной зажим макс. 1000 В  
Зажим для подключения измеряемого напряжения по вольтметру более 300 В.
- 7 — входной зажим U—I  
Зажим для подключения измеряемого напряжения на вход вольтметра менее 300 В и измеряемого тока для всего диапазона измерений.
- 8 — зажим плавающей земли ⚡  
Зажим, отделенный от корпуса прибора емкостью 68 000 пФ и сопротивлением 10<sup>9</sup> Ом. Макс. плавающее напряжение 250 В пост.

- 1 — Display  
Indicates 4-digit results of measurements, the polarity, decimal point and measuring cycle duration. The lowest order is at the right.
- 2 — Push-button switch FILTER  
When this push-button is depressed, the input filter for suppressing interfering voltages of the mains frequency of 50 Hz operates.
- 3 — Push-button change-over switch „100 kΩ/∞“  
When this push-button is not depressed, the input resistance of the microvoltmeter is 100 kΩ; when it is depressed, the resistance is as given in the Table in item 3.1.
- 4 — Push-button change-over switch U, I  
When this push-button is not depressed, the instrument operates as a voltmeter; when it is depressed, the instrument operates as an ammeter.
- 5 — Push buttons for range selection  
The required range is selected by depressing the appropriate push-button.
- 6 — Input terminal MAX. 1000 V  
Terminal for the connection of a voltage to be measured which is higher than 300 V.
- 7 — Input terminal U, I  
Terminal for the connection of a voltage to be measured which is lower than 300 V, and of a current to be measured within the whole range.
- 8 — Floating earth terminal ⚡  
Terminal of 68,000 pF capacitance and 10<sup>9</sup>Ω insulation resistance, separated from the framework of the instrument. Maximum floating voltage 250 V DC.



9 — Vypínač „SÍŤ“  
Stlačením je síť zapnutá.

10 — Nula „U“  
Tímto prvkem se nastavuje nula voltmetru na nejcitlivějších rozsazích.

9 — выключатель »Сеть«  
При нажатии включено питание от сети .

10 — ноль »U«  
Этим элементом устанавливается ноль вольтметра на самых чувствительных пределах.

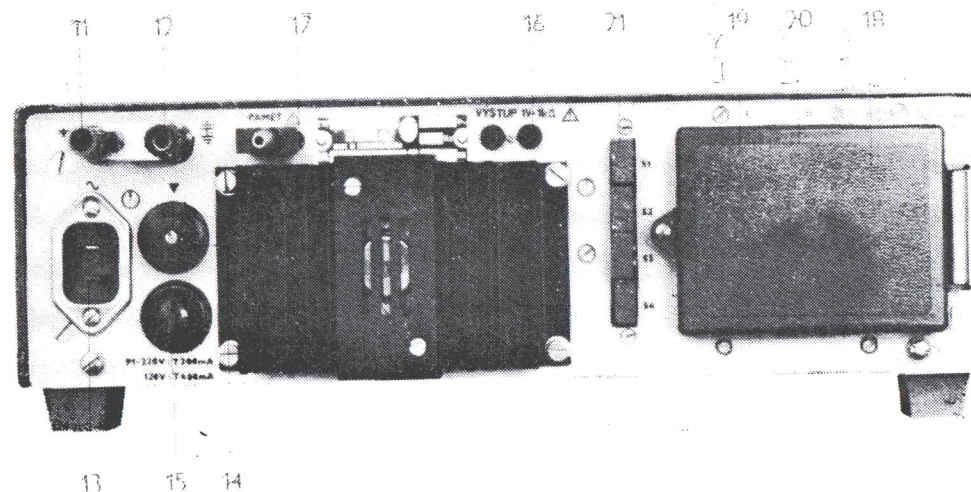
9 — Master switch MAINS  
When this push-button is depressed, the instrument is powered by the mains.

10 — Zero setting U  
Serves for zero setting of the voltmeter when the most sensitive ranges are selected.

Zadní panel

Задняя панель

Back panel



Obr. 5

Рис. 5

Fig. 5

11 — Zemní svorka  
Svorka spojená s kostrou přístroje

12 — Svorka plovoucí země  
Svorka shodná se svorkou 8

13 — Síťová přívodka

14 — Volič síťového napětí

15 — Pojistka P1  
0,2 A pro napětí 220 V~ a 0,4 A pro napětí 120 V~

16 — Analogový výstup 0 až 2 V

17 — Paměť

Zkratováním svorek nastane zapamatování měřené hodnoty na neomezenou dobu až do vypnutí přístroje nebo do odstranění zkratu

18 — Konektor III  
Zapojení konektoru v souladu s interfejsem IMS-1  
Zapojení jednotlivých kontaktů viz tabulka:

11 — заземляющий зажим  
Зажим, соединенный с корпусом прибора

12 — зажим плавающей земли  
Зажим, аналогичный зажиму 8

13 — сетевое гнездо

14 — переключатель напряжения сети

15 — предохранитель P1  
0,2 A для напряжения 220 В перем. и 0,4 A для напряжения 120 В перем.

16 — аналоговый выход 0—2 В

17 — запоминающая схема

При закорачивании зажимов запоминается измеренное значение на неограниченное время, т.е. до выключения прибора или до устранения короткого замыкания.

18 — разъем III  
Схема разъема соответствует правилам Интерфейс ИИС-1.  
Назначение отдельных контактов дано в таблице:

11 — Earth terminal  
Terminal connected to the framework of the instrument.

12 — Floating earth terminal  
Terminal having the same properties as terminal 8.

13 — Mains connector

14 — Mains voltage selector

15 — Mains fuse P1  
Rating: 0.2 A for 220 V AC, or 0.4 A for 120 V AC

16 — Analog output 0 to 2 V

17 — STORE

By short-circuiting these terminals, the measured value becomes stored for an unlimited length of time, until switching-off of the instrument or removal of the short circuit.

18 — Connector III.  
This connector is wired according to the interface IMS-1. The significance of the individual contacts is given in the following Table:



18) **КОНЕКТОР III**

Kontakt	Význam	Symbol	Poznámka	
1	Povelové signály	(B0)/1	log. 0	N <sub>in</sub> 1
2		(B0)/2		
3		(B1) (B2)	log. 1 <u>    </u> log. 0	N <sub>in</sub> 1
4				
5	Kontrolní signály	(M1)	log. 1 <u>    </u> log. 0	N <sub>out</sub> 10
6		(M2)		

Контакт	Назначение	Символ	Примечание	
1	Командные сигналы	(B0)/1	лог. 0	N <sub>in</sub> 1
2		(B0)/2		
3		(B1) (B2)	лог. 1 <u>    </u> log. 0	N <sub>in</sub> 1
4				
5	Контрольные сигналы	(M1)	лог. 1 <u>    </u> log. 0	N <sub>out</sub> 10
6		(M2)		

Contact	Significance	Symbol	Notes	
1	Command signals	(B0)/1	log. 0	N <sub>in</sub> 1
2		(B0)/2		
3		(B1) (B2)	log. 1 <u>    </u> log. 0	N <sub>in</sub> 1
4				
5	Control signals	(M1)	log. 1 <u>    </u> log. 0	N <sub>out</sub> 10
6		(M2)		

19) **Конектор I**

Digitální výstup  
Zapojení kontaktů viz tabulka:

19 — разъем I

Цифровой выход  
Схема контактов — см. таблица:

19 — Connector I.

Digital output.  
The significance of the individual contacts is given in the following Table:

Kontakt	Přiřazení	Pozn.	Kontakt	Přiřazení	Pozn.
1	A	1 1. Dekáda <i>NEJNÍŠÍ</i> <i>ŘÁD</i>	17	Neobsazeno	
2	B				
3	C				
4	D				
5	A	1 2. Dekáda	21	Neobsazeno	
6	B				
7	C				
8	D				
9	A	1 3. Dekáda	26	Neobsazeno	
10	B				
11	C				
12	D				
13	A	1 4. Dekáda	29	Kostra přístroje	
14					
15					
16					

Контакт	Соответствие	Примечание	Контакт	Соответствие	Примечание
1	A	1 1-я декада	17	не занято	
2	B				
3	C				
4	D				
5	A	1 2-я декада	21	не занято	
6	B				
7	C				
8	D				
9	A	1 3-я декада	26	не занято	
10	B				
11	C				
12	D				
13	A	1 4-я декада	29	корпус прибора	
14					
15					
16					

Contact	Allotment	Notes	Contact	Allotment	Notes
1	A	1 Decade 1.	17	Not used	
2	B				
3	C				
4	D				
5	A	1 Decade 2.	21	Not used	
6	B				
7	C				
8	D				
9	A	1 Decade 3.	26	Not used	
10	B				
11	C				
12	D				
13	A	1 Decade 4.	29	Framework of the instrument	
14					
15					
16					

Nejnižší řád je první dekáda. 4. dekáda je neúplná a má stavy 0 a 1.

Младший разряд — это первая декада, 4-я декада является неполной и имеет состояния 0 и 1.

The lowest order is the first decade. The 4th decade is incomplete and its states are 0 and 1.

20 — Конектор II.

Výstupní informační signály v souladu s interfejsem IMS-1. Zapojení kontaktů viz tabulka:

20 — разъем II

Выходные информационные сигналы в соответствии с Интерфейс ИИС-1.  
Назначение контактов дано в таблице:

20 — Connector II.

Output information signals according to the interface IMS-1. The significance of the individual contacts is given in the following Table:



**OBSAH:**

1. Rozsah použití . . . . .	3
2. Sestava úplné dodávky . . . . .	3
3. Technické údaje . . . . .	4
4. Princip činnosti . . . . .	8
5. Pokyny pro vybalení a přípravu přístroje k provozu . . . . .	15
6. Návod k obsluze a používání . . . . .	16
7. Popis mechanické konstrukce . . . . .	25
8. Podrobný popis zapojení . . . . .	26
9. Pokyny pro údržbu . . . . .	40
10. Pokyny pro opravu . . . . .	40
11. Pokyny pro dopravu a skladování . . . . .	57
12. Údaje o záruce . . . . .	58
13. Rozpis elektrických součástí . . . . .	59
14. Přílohy	

**СОДЕРЖАНИЕ**

1. Назначение прибора . . . . .	3
2. Комплектность поставки . . . . .	3
3. Технические данные . . . . .	4
4. Принцип действия прибора . . . . .	8
5. Указания по распаковке, сборке и подготовке прибора к эксплуатации . . . . .	15
6. Инструкция по эксплуатации . . . . .	16
7. Описание механической конструкции прибора . . . . .	25
8. Подробное описание схемы . . . . .	26
9. Указания по уходу за прибором . . . . .	40
10. Указания по ремонту . . . . .	40
11. Указания по транспортировке и хранению . . . . .	57
12. Условия гарантии . . . . .	58
13. Спецификация электрических деталей . . . . .	59
14. Приложения	

**CONTENTS:**

1. Range of application of the instrument . . . . .	3
2. Contents of a complete consignment . . . . .	3
3. Technical data . . . . .	4
4. Principle of the instrument operation . . . . .	8
5. Instructions for unpacking the instrument and for its preparation for use . . . . .	15
6. Instructions for attendance and use of the instrument . . . . .	16
7. Description of the mechanical design . . . . .	25
8. Detailed description of the circuitry . . . . .	26
9. Instructions for maintenance . . . . .	40
10. Instructions for repairs . . . . .	40
11. Instructions for transport and storage . . . . .	57
12. Guarantee . . . . .	58
13. List of electrical components . . . . .	59
14. Enclosures	

Vzhledem k rychlému vývoji světové elektroniky mění se obvody a přistupují a zlepšují se součásti našich přístrojů.

Někdy vinou tisku a požadavků expedice se nám nepodaří zanést tyto změny do tištěných příruček.

Změny se proto v případě potřeby uvádějí na zvláštním listě.

Ввиду быстрого темпа развития мировой электроники изменяются схемы, появляются новые и совершенствуются детали наших приборов.

Иногда по вине печати или требований экспедиции не удается внести эти изменения в напечатанные пособия.

В таких случаях они приводятся на отдельном листе.

Owing to the rapid development of electronics in the world, the circuits of our instruments are altered and components of new types are improved design are employed.

Sometimes, due to printing terms or the requirement of speedy shipping, it is impossible to include a description of such alterations in the appropriate printed manual.

Therefore, if necessary, such alterations are given in a loose leaf.



20 КОНЕКТОР II :

Kontakt	Přiřazení	Vyjádření v BCD kódu 8421				
		1 A	2 B	4 C	8 D	
1 2 3 4	Neobsazeno					
5 6 7 8	A   Znaménko údaje Kostra přístroje	0 1	0 0	0 0	0 0	pro kladnou polaritu pro zápornou polaritu
9 10 11 12	Neobsazeno					
13 14 15 16	A   Charakte- ristika (řád) B C D	0 1 0 1	0 0 1 1	0 0 0 0	0 0 0 0	Odpovídá řádu 10 <sup>0</sup> Odpovídá řádu 10 <sup>-1</sup> Odpovídá řádu 10 <sup>-2</sup> Odpovídá řádu 10 <sup>-3</sup>
17 18 19 20	A   Multipli- kační koeficient měrné jednotky B C D	1 0 1 1	0 0 1 0	1 1 0 0	0 0 0 0	1 mili mikro nano piko
21 22 23 24	A   Základní měrná jednotka B C D	1 0	0 1	0 0	0 0	volty ampéry
25 26 27 28	A   Znaménko charakte- ristiky B C D	1	0	0	0	znak „—“
29 30 31 32	Kostra přístroje					

Kontakt	Назначение	Выражение в виде кода				
		1 A	2 B	4 C	8 D	
1 2 3 4	не занято					
5 6 7 8	A   знак показа- ния корпус прибора	0 1	0 0	0 0	0 0	для положительной полярности для отрицательной полярности
9 10 11 12	не занято					
13 14 15 16	A   характе- ристика (разряд) B C D	0 1 0 1	0 0 1 1	0 0 0 0	0 0 0 0	соответствует разряду 10 <sup>0</sup> соответствует разряду 10 <sup>-1</sup> соответствует разряду 10 <sup>-2</sup> соответствует разряду 10 <sup>-3</sup>
17 18 19 20	A   коэффициент умножения единицы измерения B C D	1 0 1 0	0 0 1 0	1 1 0 0	0 0 0 0	1 милли микро нано пико
21 22 23 24	A   основная единица измерения B C D	1 0	0 1	0 0	0 0	вольты амперы
25 26 27 28	A   знак харак- теристики B C D	1	0	0	0	знак „—“
29 30 31 32	корпус прибора					

Contact	Allotment	Notation in the BCD code 8421				
		1 A	2 B	4 C	8 D	
1 2 3 4	Not used					
5 6 7 8	A   Sign of the readout Framework of the instrument	0 1	0 0	0 0	0 0	For positive polarity For negative polarity
9 10 11 12	Not used					
13 14 15 16	A   Charakte- ristic (order) B C D	0 1 0 1	0 0 1 1	0 0 0 0	0 0 0 0	Corresponds to order 10 <sup>0</sup> Corresponds to order 10 <sup>-1</sup> Corresponds to order 10 <sup>-2</sup> Corresponds to order 10 <sup>-3</sup>
17 18 19 20	A   Multiplica- tion coeffi- cient of the measuring unit B C D	1 0 1 0	0 0 1 0	1 1 0 0	0 0 0 0	1 milli micro nano pico
21 22 23 24	A   Basic measuring unit B C D	1 0	0 1	0 0	0 0	Volts Amperes
25 26 27 28	A   Sign of the characte- ristic B C D	1	0	0	0	Sign „—“
29 30 31 32	Framework of the instrument					



## 1. ROZSAH POUŽITÍ

Mikrovoltmetr — pikoampérmetr BM 545 je určen k přesnému měření stejnosměrných napětí s celkovým rozsahem měření 1  $\mu\text{V}$  až 1000 V a stejnosměrných proudů s celkovým rozsahem měření 1 pA až 2 A s velmi malým úbytkem napětí 100  $\mu\text{V}$  až 100 mV. Velký dynamický rozsah přístroje umožňuje malý počet přepínání rozsahů, lepší ovladatelnost a rychlost měření.

Velký vstupní odpor mikrovoltmetru — pikoampérmetru BM 545 zaručuje minimální zatížení měřeného obvodu.

Číslicový mikrovoltmetr — pikoampérmetr je řešen pro možnost zapojení do IMS s interfejsem IMS I. Mimo to umožňuje využít i analogový výstup.

Napojení přístroje je provedeno ze sítě 120 V nebo 220 V přes speciálně stíněný napájecí transformátor, umožňující funkci přístroje s plovoucí zemí.

## 2. SESTAVA ÚPLNĚ DODÁVKY

1 ks Mikrovoltmetr — pikoampérmetr BM 545		
2 ks Vidlice		1AF 896 30
1 ks Šňůra síťová		1AK 643 53
1 ks Bočník do 2 A		1AK 060 58
1 ks Přechod		1AK 060 59
1 ks Vložka	T 200 mA	ČSN 35 4733.3
1 ks Vložka	F 2 A	ČSN 35 4733.2
2 ks Vložka	T 400 mA	ČSN 35 4733.3
2 ks Vidlice		1AF 896 06
1 ks Vidlice		1AF 896 05
1 ks Instrukční knížka		
1 ks Balicí list		
1 ks Záruční list		

## 1. НАЗНАЧЕНИЕ ПРИБОРА

Микровольтметр - пикоамперметр BM 545 предназначен для точного измерения постоянных напряжений с общим диапазоном измерений 1 мкВ — 1000 В и постоянных токов с общим диапазоном измерения 1 пА — 2 А с очень малым падением напряжения 100 мкВ — 100 мВ.

Широкий динамический диапазон прибора способствует малому количеству переключаемых пределов, более удобному управлению и скорости измерения.

Большое входное сопротивление микровольтметра - пикоамперметра BM 545 обеспечивает минимальную нагрузку измеряемой цепи.

Цифровой микровольтметр - пикоамперметр дает возможность включения в систему ИИС с интерфейсом ИИС I. Кроме того, может быть использован и его аналоговый выход.

Подключение прибора для питания осуществляется к сети 120 В или 220 В через специально экранированный трансформатор питания, дающий возможность работы прибора в режиме с плавающей землей.

## 2. КОМПЛЕКТНОСТЬ ПОСТАВКИ

1 шт. микровольтметр - пикоамперметр BM 545		
2 шт. вилка		1AF 896 30
1 шт. шнур сетевой		1AK 643 53
1 шт. шунт до 2 А		1AK 060 58
1 шт. переход		1AK 060 59
1 шт. вкладыш	T 200 mA	ЧСН 35 4733.3
1 шт. вкладыш	F 2 A	ЧСН 35 4733.2
2 шт. вкладыш	T 400 mA	ЧСН 35 4733.3
2 шт. вилка		1AF 896 06
1 шт. вилка		1AF 896 05
1 шт. инструкция		
1 шт. упаковочный лист		
1 шт. гарантийное свидетельство		

## 1. RANGE OF APPLICATION OF THE INSTRUMENT

The BM 545 microvoltmeter — picoammeter is intended for the precise measurement of DC voltages within the overall range of 1  $\mu\text{V}$  to 1000 V and DC currents within the overall range of 1 pA to 2 A at a very low voltage drop between 100  $\mu\text{V}$  and 100 mV. The wide dynamic range of this digital instrument ensures a low number of range switchings, easy manipulation and high measuring speed.

The high input resistance of the BM 545 microvoltmeter — picoammeter imposes only minimum load on the measured object.

The BM 545 microvoltmeter — picoammeter is designed so as to enable its utilization in automatic measuring systems with IMS-1 interface. Also it supplies an analog output. The instrument is powered by 120 V or 220 V from AC mains via a specially designed screened power transformer which enables application with floating earth.

## 2. CONTENTS OF A COMPLETE CONSIGNMENT

1 pc. Microvoltmeter — picoammeter BM 545		
2 pcs. Plug		1AF 896 30
1 pc. Mains cord		1AK 643 53
1 pc. Shunt up to 2 A		1AK 060 58
1 pc. Transition		1AK 060 59
2 pcs. Plug		1AF 896 06
1 pc. Plug		1AF 896 05
1 pc. Fuse cartridge	T 200 mA	ČSN 35 4733.3
1 pc. Fuse cartridge	F 2 A	ČSN 35 4733.2
2 pcs. Fuse cartridge	T 400 mA	ČSN 35 4733.3
1 pc. Instruction Manual		
1 pc. Guarantee Certificate		
1 pc. Packing Note		



### 3. TECHNICKÉ ÚDAJE

#### 3.1. Voltmetr

Měřicí napěťový rozsah: 1  $\mu$ V až 1000 V

Základní rozsah	Plný rozsah	Citlivost	Vstupní odpor	Přetžitelnost
0—100 $\mu$ V	199,9 $\mu$ V	1 $\mu$ V	> 2 M $\Omega$	300 V
0—1 mV	1,999 mV	1 $\mu$ V	> 50 M $\Omega$	300 V
0—10 mV	19,99 mV	10 $\mu$ V	> 100 M $\Omega$	300 V
0—100 mV	199,9 mV	100 $\mu$ V	> 100 M $\Omega$	300 V
0—1 V	1,999 V	1 mV	> 100 M $\Omega$	300 V
0—10 V	19,99 V	10 mV	100 M $\Omega$	300 V
0—100 V	199,9 V	100 mV	100 M $\Omega$	300 V
0—1000 V	1000 V	1 V	100 M $\Omega$	1000 V

Chyba měření:

Na rozsahu 100  $\mu$ V:  $\pm(0,5\%$  z naměřené hodnoty  $+0,5\%$  z měřicího rozsahu  $+ 1$  digit  $+ 2 \mu$ V)

1 mV:  $\pm(0,2\%$  z naměřené hodnoty  $+0,2\%$  z měřicího rozsahu  $+ 1$  digit  $+ 3 \mu$ V)

10 mV, 100 mV, 1 V:  $\pm(0,1\%$  z naměřené hodnoty  $+0,1\%$  z měřicího rozsahu  $+ 1$  digit)

10 V, 100 V, 1000 V:  $\pm(1\%$  z naměřené hodnoty  $+1\%$  z měřicího rozsahu  $+ 1$  digit).

Uvedená chyba platí pro referenční podmínky 23  $^{\circ}$ C  $\pm 2^{\circ}$ C a po dobu 6 měsíců ode dne expedice z výrobního podniku, nebo po dobu šesti měsíců od nastavení přístroje podle externího normálu a po době náběhu 1 hod. pro rozsah 100  $\mu$ V a 1 mV a 15 min. pro ostatní rozsahy. Při využití plného rozsahu (1,999) zvětšuje se chyba plynule až na dvojnásobek hodnoty chyb základního rozsahu.

### 3. ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

#### 3.1. Вольтметр

Диапазон измерения напряжения: 1 мкВ - 1000 В

Основной диапазон	Полный предел	Чувствительность	Входное сопротивление	Перегрузка
0—100 мкВ	199,9 мкВ	1 мкВ	> 2 МОм	300 В
0—1 мВ	1,999 мВ	1 мкВ	> 50 МОм	300 В
0—10 мВ	19,99 мВ	10 мкВ	> 100 МОм	300 В
0—100 мВ	199,9 мВ	100 мкВ	> 100 МОм	300 В
0—1 В	1,999 В	1 мВ	> 100 МОм	300 В
0—10 В	19,99 В	10 мВ	100 МОм	300 В
0—100 В	199,9 В	100 мВ	100 МОм	300 В
0—1000 В	1000 В	1 В	100 МОм	1000 В

Погрешность измерения:

На пределе 100 мкВ:  $\pm(0,5\%$  от измеренного значения  $+0,5\%$  от предела  $+ 1$  цифра  $+ 2$  мкВ)

1 мВ:  $\pm(0,2\%$  от измеренного значения  $+0,2\%$  от предела измерения  $+ 1$  цифра  $+ 3$  мкВ)

10 мВ, 100 мВ, 1 В:  $\pm(0,1\%$  от измеренного значения  $+0,1\%$  от предела измерения  $+ 1$  цифра)

10 В, 100 В, 1000 В:  $\pm(1\%$  от измеренного значения  $+1\%$  от предела измерения  $+ 1$  цифра).

Указанная погрешность справедлива при нормальных условиях 23  $^{\circ}$ C  $\pm 2^{\circ}$ C и в течение 6 месяцев со дня отправления с завода-изготовителя или в течение 6 месяцев со дня пуска прибора в эксплуатацию, или в течение 6 месяцев со дня калибровки прибора по внешнему эталону и после времени прогрева 1 час для предела 100 мкВ и 1 мВ и 15 минут для остальных пределов. При использовании полного диапазона (1,999) увеличивается плавно погрешность вплоть до удвоенного значения погрешности основного диапазона.

### 3. TECHNICAL DATA

#### 3.1. Voltmeter

Overall measuring voltage range: 1  $\mu$ V to 1000 V

Basic range	Max. readout	Sensitivity	Input resistance	Overload capacity
0—100 $\mu$ V	199.9 $\mu$ V	1 $\mu$ V	> 2 M $\Omega$	300 V
0—1 mV	1.999 mV	1 $\mu$ V	> 50 M $\Omega$	300 V
0—10 mV	19.99 mV	10 $\mu$ V	> 100 M $\Omega$	300 V
0—100 mV	199.9 mV	100 $\mu$ V	> 100 M $\Omega$	300 V
0—1 V	1.999 V	1 mV	> 100 M $\Omega$	300 V
0—10 V	19.99 V	10 mV	100 M $\Omega$	300 V
0—100 V	199.9 V	100 mV	100 M $\Omega$	300 V
0—1000 V	1000 V	1 V	100 M $\Omega$	1000 V

Measuring error:

In the 100  $\mu$ V range:  $\pm(0.5\%$  of the readout  $+0.5\%$  of the measuring range  $+ 1$  digit  $+ 2 \mu$ V)

In the 1 mV range:  $\pm(0.2\%$  of the readout  $+0.2\%$  of the measuring range  $+ 1$  digit  $+ 3 \mu$ V)

In the 10 mV, 100 mV and 1 V ranges:  $\pm(0.1\%$  of the readout  $+0.1\%$  of the measuring range  $+ 1$  digit)

In the 10 V, 100 V and 1000 V ranges:  $\pm(1\%$  of the readout  $+1\%$  of the measuring range  $+ 1$  digit)

These errors apply at the reference conditions (23  $^{\circ}$ C  $\pm 2^{\circ}$ C) up to 6 months after dispatch by the makers, or up to 6 months after the adjustment of the instrument according to an external standard, and after a warming-up period of 1 hour for the 100  $\mu$ V and 1 mV ranges, and a period of 15 minutes for all the other ranges. When a range up to the maximum readout (1,999) is utilized, the error increases gradually up to twice that within the basic range.



Пřídavná chyba pro teplotu okolí:  
do rozsahu 1 V:  $\pm 0,01\%/^{\circ}\text{C}$

pro rozsahy 10 V, 100 V a 1000 V:  $\pm 0,1\%/^{\circ}\text{C}$

Linearita převodníku: 0,1%

Posuv nuly napětí:  
<  $\pm 2 \mu\text{V}$  za 1 hod. při referenčních podmínkách

<  $\pm 10 \mu\text{V}$  za 24 hod. při referenčních podmínkách

Kolísání napětí: <  $1 \mu\text{V}_{\text{eff}}$

Doba měřicího taktu:  
< 6 s na rozsahu 100  $\mu\text{V}$ , 1 mV  
< 3 s na ostatních rozsazích

Vstupní proud nakrátko:  $\leq 10 \text{ pA}$

### 3.2. Ampérmetr

Měřicí proudový rozsah: 1 pA až 1,999 A

Základní rozsah	Plný rozsah	Citlivost	Zařazený vstupní odpor	Úbytek napětí při měření proudu při zákl. rozsahu
0—100 pA	199,9 pA	1 pA	1 M $\Omega$	100 $\mu\text{V}$
0—1 nA	1,999 nA	1 pA	1 M $\Omega$	1 mV
0—10 nA	19,99 nA	10 pA	1 M $\Omega$	10 mV
0—100 nA	199,9 nA	100 pA	100 k $\Omega$	10 mV
0—1 $\mu\text{A}$	1,999 $\mu\text{A}$	1 nA	10 k $\Omega$	10 mV
0—10 $\mu\text{A}$	19,99 $\mu\text{A}$	10 nA	1 k $\Omega$	10 mV
0—100 $\mu\text{A}$	199,9 $\mu\text{A}$	100 nA	100 $\Omega$	10 mV
0—1000 $\mu\text{A}$	1999 $\mu\text{A}$	1 $\mu\text{A}$	10 $\Omega$	10 mV
0—10 mA	19,99 mA	10 $\mu\text{A}$	1 $\Omega$	10 mV
0—1 A	1,999 A	1 mA	0,1 $\Omega$	100 mV

Chyba měření: chyba při měření napětí + ( $\pm 1\%$  z měřicího rozsahu) + ( $\pm 3 \text{ pA}$  na rozsahu 100 pA) + ( $\pm 0,5\%$  s bočníkem)

Дополнительная погрешность, вызванная температурой окружающего воздуха:  
до предела 1 В:  $\pm 0,01\%/^{\circ}\text{C}$  от предела измерения  
для пределов 10 В, 100 В и 1000 В:  $\pm 0,1\%/^{\circ}\text{C}$  от предела измерения

Нелинейность преобразователя: 0,1%

Дрейф нуля напряжения:  
<  $\pm 2 \text{ мкВ}$  в течение 1 часа при нормальных условиях  
<  $\pm 10 \text{ мкВ}$  в течение 24 часов при нормальных условиях

Непостоянство напряжения: < 1 мкВ эфф.

Время интервала измерения:  
< 6 с на пределе 100 мкВ, 1 мВ  
< 3 с на остальных пределах

Входной ток короткого замыкания:  $\leq 10 \text{ пА}$

### 3.2. Амперметр

Пределы измерения тока: 1 пА — 1,999 А

Основной предел	Полный предел	Чувствительность	Включенное входное сопротивление	Падение напряжения при измерении тока на основном пределе
0—100 пА	199,9 пА	1 пА	1 МОм	100 мкВ
0—1 нА	1,999 нА	1 пА	1 МОм	1 мВ
0—10 нА	19,99 нА	10 пА	1 МОм	10 мВ
0—100 нА	199,9 нА	100 пА	100 кОм	10 мВ
0—1 мкА	1,999 мкА	1 нА	10 кОм	10 мВ
0—10 мкА	19,99 мкА	10 нА	1 кОм	10 мВ
0—100 мкА	199,9 мкА	100 нА	100 Ом	10 мВ
0—1000 мкА	1999 мкА	1 мкА	10 Ом	10 мВ
0—10 mA	19,99 mA	10 мкА	1 Ом	10 мВ
0—1 A	1,999 A	1 mA	0,1 Ом	100 мВ

Погрешность измерения определяется погрешностью при измерении напряжения + ( $\pm 1\%$  от предела измерения) + ( $\pm 3 \text{ пА}$  на пределе 100 пА) + ( $\pm 0,5\%$  при использовании шунта).

Additional error due to the ambient temperature:  
 $\pm 0,01\%$  per  $1^{\circ}\text{C}$  of the measuring ranges up to 1 V;

$\pm 0,1\%$  per  $1^{\circ}\text{C}$  of the measuring ranges 10 V, 100 V and 1000 V

Linearity of the converter: 0.1%

Voltage zero drift: <  $\pm 2 \mu\text{V}$  within 1 hour at the reference conditions;

<  $\pm 10 \mu\text{V}$  within 24 hours at the reference conditions

Voltage fluctuations: < 1  $\mu\text{V}$  RMS

Measuring cycle duration:  
< 6 s within the 100  $\mu\text{V}$  and 1 mV ranges  
< 3 s within the other ranges

Short-circuit input current:  $\leq 10 \text{ pA}$

### 3.2. Ammeter

Overall measuring current range: 1 pA to 1.999 A

Basic range	Max. readout	Sensitivity	Inserted input resistance	Voltage drop in current measurements within the basic range
0—100 pA	199.9 pA	1 pA	1 M $\Omega$	100 $\mu\text{V}$
0—1 nA	1.999 nA	1 pA	1 M $\Omega$	1 mV
0—10 nA	19.99 nA	10 pA	1 M $\Omega$	10 mV
0—100 nA	199.9 nA	100 pA	100 k $\Omega$	10 mV
0—1 $\mu\text{A}$	1.999 $\mu\text{A}$	1 nA	10 k $\Omega$	10 mV
0—10 $\mu\text{A}$	19.99 $\mu\text{A}$	10 nA	1 k $\Omega$	10 mV
0—100 $\mu\text{A}$	199.9 $\mu\text{A}$	100 nA	100 $\Omega$	10 mV
0—1000 $\mu\text{A}$	1999 $\mu\text{A}$	1 $\mu\text{A}$	10 $\Omega$	10 mV
0—10 mA	19.99 mA	10 $\mu\text{A}$	1 $\Omega$	10 mV
0—1 A	1.999 A	1 mA	0.1 $\Omega$	100 mV

Measuring error: given by the error in voltage measurements  $\pm 1\%$  of the measuring range  $\pm 3 \text{ pA}$  (within the 100 pA range), and  $\pm 0,5\%$  with shunt employed



Posuv nuly proudu:

- <  $\pm 5$  pA/hod. při referenčních podmínkách
- <  $\pm 10$  pA za 24 hod. při referenčních podmínkách

Kolísání proudu: < 2 pA<sub>ef</sub>

Doba měřicího taktu:

- < 6 s na rozsahu 100 pA, 1 nA
- < 3 s na ostatních rozsazích

### 3.3. Společné údaje

Potlačení sériového rušivého napětí 50 Hz  $\pm 2\%$ :  
pro rozsahy 100  $\mu$ V, 1 mV, 10 mV:

- > 80 dB s filtrem
- > 30 dB bez filtru

pro rozsahy 100 mV, 1 V (max. střídavé napětí 10 V<sub>ef</sub>):

- > 60 dB s filtrem
- > 20 dB bez filtru

Činitel je určen poměrem špičkové hodnoty sériového rušivého napětí k chybě měření, vyvolané sériovým rušivým napětím. Hodnota rušivého napětí pro rozsahy 10 V, 100 V, 1000 V nesmí překročit 70 V<sub>ef</sub>.

Potlačení souhlasného napětí: max. souhlasné napětí nesmí překročit  $\pm 250$  V stejnosměrného napětí nebo 250 V špičkové hodnoty střídavého napětí. Činitel potlačení souhlasného napětí:

- pro stejnosměrné souhlasné napětí  $\geq 120$  dB
- střídavé souhlasné napětí 50 Hz  $\pm 2\%$   $\geq 110$  dB

Činitel potlačení souhlasného napětí je určen poměrem špičkové hodnoty souhlasného napětí připojeného mezi svorky  $\ominus$  a  $\oplus$  k chybě měření

Displej: 3,5 digitů LED, s indikací desetinné tečky, polarity, přetížení a měřicího taktu

Дрейф нуля тока:

- <  $\pm 5$  пА/час при нормальных условиях
- <  $\pm 10$  пА за 24 часа при нормальных условиях

Непостоянство тока: < 2 пА эфф.

Время интервала измерения:

- < 6 с на пределах 100 пА, 1 нА
- < 3 с на остальных пределах

### 3.3. Общие данные

Подавление последовательного напряжения помех 50 Гц  $\pm 2\%$  на пределах 100 мкВ, 1 мВ, 10 мВ:

- > 80 дБ с фильтром
- > 30 дБ без фильтра

на пределах 100 мВ, 1 В (макс. переменное напряжение 10 В эфф.):

- > 60 дБ с фильтром
- > 20 дБ без фильтра

Коэффициент определяется отношением пикового значения последовательного напряжения помех к погрешности измерения, вызванной последовательным напряжением помех. Значение напряжения помех на пределах 10 В, 100 В, 1000 В не должно превышать 70 В эфф.

Подавление синфазного напряжения: макс. синфазное напряжение должно превышать  $\pm 250$  В постоянного напряжения или 250 В пикового значения переменного напряжения. Коэффициент подавления синфазного напряжения:

- при синфазном напряжении постоянного тока  $\geq 120$  дБ
- при синфазном напряжении переменного тока 50 Гц  $\pm 2\%$   $\geq 110$  дБ

Коэффициент подавления синфазного напряжения определяется отношением пикового значения синфазного напряжения, подключенного к зажимам  $\ominus$  и  $\oplus$  к погрешности измерения.

Дисплей: 3,5 делений цифрового индикатора с индикацией десятичного знака, полярности, перегрузки и цикла измерения

Current zero drift: <  $\pm 5$  pA during 1 hour at the reference conditions

<  $\pm 10$  pA during 24 hours at the reference conditions

Current fluctuations: < 2 pA RMS

Measuring cycle duration: < 6 s within the 100 pA and 1 nA ranges  
< 3 s within the other ranges

### 3.3. Common data

Rejection of interfering series signals of 50 Hz  $\pm 2\%$ :

Within the ranges 100  $\mu$ V, 1 mV and 10 mV:  
> 80 dB with filter employed  
> 30 dB without filter

Within the ranges 100 mV and 1 V (max. AC voltage 10 V RMS):  
> 60 dB with filter employed  
> 20 dB without filter

The rejection coefficient is given by the ratio of the peak value of the interfering series voltage to the measuring error caused by the interfering series voltage. The value of the interfering voltage must not exceed 70 V RMS within the ranges 10 V, 100 V and 1000 V.

Rejection of common mode voltages:

The maximum common mode voltage must not exceed  $\pm 250$  V DC, or 250 V peak AC. The CMRR is as follows:

- for DC common mode voltages:  $\geq 120$  dB
- for AC common mode voltages of 50 Hz  $\pm 2\%$ :  $\geq 110$  dB

The CMRR is given by the ratio of the peak value of the common mode voltage, applied between the terminals  $\ominus$  and  $\oplus$ , to the measuring error.

Display: 3.5 digits, LED indicators; decimal point positioning, polarity, overranging and measuring cycle indication



Délka stupnice: 1999  
Přepínání rozsahů: ručně  
Polarita: přepínání automatické, na displeji indikována pouze polarita záporného měřeného napětí  
Digitální výstup: BCD kód 8421, zakódovaný výstup rozsahů a funkce  
Výstup na zapisovač: 1V — pro základní rozsahy, odpovídá polaritě vstupního napětí, výstupní odpor 1 k $\Omega$   
Nastavení nuly: >  $\pm 100 \mu\text{V}$   
Izolace: obvodová země je izolovaná od kostry  
R >  $10^9 \Omega$  a C = 68 000 pF  
max. napětí mezi obvodovou zemí a kostrou 250 Vss  
Bezpečnostní třída: I. podle ČSN 35 6501  
Stupeň odrušení: RO2 podle ČSN 34 2860

Interfejs: v souladu s IMS — 1 RS 3826 — 73  
Podrobné údaje pro IMS jsou uvedené v kapitole 6 „Návod k obsluze a používání“

### 3.4. Pracovní podmínky

Referenční teplota: 23 °C  $\pm 2$  °C  
Rozsah teplot: +5 °C až +40 °C  
Relativní vlhkost: 40% až 80%  
Tlak vzduchu: 86 000 Pa až 106 000 Pa  
Poloha přístroje: vodorovná nebo nakloněná  $\pm 10^\circ$

Napájecí napětí: 220 V/120 V  $\pm 10\%$   
Druh napájecího proudu: střídavý sinusový se zkreslením menším než 5%  
Kmitočet napájecího napětí: 50 Hz  $\pm 2\%$   
Příkon: 35 VA  
Jištění: síťová pojistka pro 220 V T 200 mA, 120 V T 400 mA, pojistka v sekundárním obvodu F 2 A

Длина шкалы: 1999  
Переключение пределов: ручное  
Полярность: переключение автоматическое, на дисплее показана только полярность отрицательного измеряемого напряжения  
Цифровой выход: код BCD 8421, закодированный выход пределов и режима работы  
Выход для самописца: 1 В для основных пределов соответствует полярности входного напряжения, выходное сопротивление 1 кОм  
Установка нуля: >  $\pm 100 \mu\text{В}$   
Изоляция: земля измерительной схемы изолирована от корпуса R >  $10^9 \Omega$  и C = 68 000 пФ  
Максимальное напряжение между землей схемы и корпусом 250 В пост.  
Класс безопасности: 1 по РС 4786-74  
Степень подавления помех: отвечает требованиям РС 1932-69 (кривая А)

Интерфейс: в соответствии с ИИС-1 РС 3826-73  
Подробные данные по ИИС приведены в разделе 6 «Инструкция по эксплуатации прибора».

### 3.4. Условия эксплуатации

Нормальная температура: 23 °C  $\pm 2$  °C  
Диапазон температуры: +5 °C ÷ 40 °C  
Относительная влажность: 40% — 80%  
Давление воздуха: 86 000 Па — 106 000 Па  
Положение прибора: горизонтальное или наклонное  $\pm 10^\circ$   
Напряжение питания: 220 В/120 В  $\pm 10\%$   
Вид тока питания: переменный, синусоидальный, кНИ менее 5%  
Частота напряжения питания: 50 Гц  $\pm 2\%$   
Потребляемая мощность: 35 ВА  
Защита: сетевой предохранитель для 220 В T 200 mA, для 120 В T 400 mA, предохранитель во вторичной сети F 2 A

Scale range: 1999  
Range switching: manual  
Polarity: Automatic switching — only the negative polarity of the measured voltage is indicated  
Digital output: BCD code 8421, output of encoded range and function  
Recorder output: 1 V — for the basic ranges; the polarity tallies with that of the input; output resistance 1 k $\Omega$   
Zero setting: >  $\pm 100 \mu\text{V}$   
Insulation: circuit earth to framework R >  $10^9 \Omega$ , C = 68 000 pF; max. permissible voltage between circuit earth and framework 250 V DC  
Intrinsic safety: Class I., according to the Czechoslovak Standard ČSN 35 6501, in conformity with the pertaining IEC Recommendation (Publication No. 348, 1971)  
Interference suppression: RO2 according to the Czechoslovak Standard ČSN 34 2860, in accordance with the IEC CISPR Recommendation No. 34  
Interface: in conformity with IMS-1 RS 3826-73. Details are given in Section 6. — „Instructions for attendance and use of the instrument“

### 3.4. Working conditions

Reference temperature: 23 °C  $\pm 2$  °C  
Ambient temperature range: +5 °C to +40 °C  
Relative humidity range: 40% to 80%  
Atmospheric pressure range: 86,000 Pa to 106,000 Pa  
Working position: horizontal, or tilted through  $\pm 10^\circ$   
Powering voltage: 220 V or 120 V,  $\pm 10\%$   
Powering current: AC of sinusoidal waveform; distortion less than 5%  
Powering frequency: 50 Hz  $\pm 2\%$   
Power consumption: 35 VA  
Protection: mains fuse: T 200 mA for 220 V powering, or T 400 mA for 120 V powering secondary circuit fuse: F 2 A



Vnější magnetické pole: zanedbatelné  
Vnější elektrické pole: zanedbatelné

### 3.5. Všeobecné údaje

Osazení: 46 integrovaných obvodů, 33 tranzistorů,  
33 diod

Rozměry přístroje: šířka 310 mm, výška 90 mm,  
hloubka 340 mm, hmotnost 4,5 kg

## 4. PRINCIP ČINNOSTI

Princip činnosti přístroje je zřejmý z blokového schématu na obr. 1.

Měřené napětí menší než 10 V přivádíme přímo přes vypínatelný vstupní filtr (3) k modulátoru (4) tvořenému tranzistorem MOSFET. Měřené napětí větší než 10 V přivádíme přes dělič (1). MOSFET-ový modulátor (4) v použitém zapojení pracuje současně jako srovnávací člen měřeného a zpětnovazebního napětí. Modulátor je napájen z budicího oscilátoru (8), který současně napájí synchronní detektor (6).

Střídavé výstupní napětí z modulátoru (4) se zesiluje zesilovačem (5) s konstantním zesílením. Zesílené střídavé napětí přivádíme na synchronní detektor. Synchronní detekce se provádí na poměrně vysoké úrovni, aby vliv driftu stejnosměrného zesilovače (7) a synchronního detektoru (6) byl minimální. Za detektorem následuje stejnosměrný zesilovač s dvojitou integrací ve zpětné vazbě. Integrační kapacita je přepínatelná, čímž se upravuje zesílení ve špičce pro jednotlivé rozsahy.

Výstup stejnosměrného zesilovače (7) se vede na přesné odporové děliče (9), které jsou ovládané přepínačem rozsahů a funkce (10), na analogové číslicový převodník a na samostatný výstup pro

Внешнее магнитное поле: пренебрежимо мало  
Внешнее электрическое поле: пренебрежимо мало

### 3.5. Общие данные

Рабочий комплект: 46 интегральных микросхем,  
33 транзистора, 33 диода

Габариты прибора: ширина 310 мм, высота  
90 мм, глубина 340 мм, вес 4,5 кг

## 4. ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ ПРИБОРА

Принцип действия прибора явствует из блок-схемы, приведенной на рис. 1.

Измеренное напряжение менее 10 В подается непосредственно через выключаемый входной фильтр (3) на модулятор (4), собранный на транзисторе MOSFET. Измеренное напряжение более 10 В подается через делитель (1). Модулятор на транзисторе MOSFET (4) в используемой схеме работает одновременно в качестве элемента сравнения измеренного напряжения и напряжения обратной связи. Модулятор питается от возбуждающего автогенератора (8), который одновременно питает синхронный детектор (6). Переменное выходное напряжение модулятора (4) усиливается с помощью усилителя (5) с постоянным коэффициентом усиления. Усиленное переменное напряжение подается на синхронный детектор. Синхронное детектирование осуществляется на относительно высоком уровне для того, чтобы влияние дрейфа усилителя постоянного тока (7) и синхронного детектора (6) было минимальным. После детектора имеется усилитель постоянного тока с двойным интегрированием цепи обратной связи. Емкость интегрирования переключается, в результате чего устанавливается коэффициент усиления петли для отдельных пределов.

Выходной сигнал усилителя постоянного тока (7) подается на точные делители сопротивлений (9), которые управляются переключателем пределов и режима работы (10), и поступает на аналого-цифровой преобразователь и на самостоятельный

External magnetic field: negligible  
External electric field: negligible

### 3.5. General data

Complement: 46 integrated circuits, 33 transistors,  
33 diodes

Dimensions and weight: width 310 mm, height  
90 mm, depth 340 mm, weight 4.5 kg

## 4. PRINCIPLE OF THE INSTRUMENT OPERATION

The principle of the instrument operation can be followed on the block diagram in Fig. 1.

If a voltage less than 10 V has to be measured, it is applied via the input filter (3), which can be disconnected, directly to the modulator (4) which is formed by a MOSFET-type transistor. If a voltage exceeding 10 V has to be measured, it is applied to the MOSFET modulator via the input divider (1). The MOSFET modulator (4) in this circuitry operates simultaneously as comparator of the measured voltage and feedback voltage and is powered by the driving oscillator (8) which simultaneously powers the synchronous detector (6). The output AC of modulator (4) is amplified by the constant-gain amplifier (5) and then passes to the synchronous detector. Synchronous detection is carried out at a comparatively high voltage level in order to minimize the influence of the drift of the synchronous detector (6) and of the DC amplifier (7). This DC amplifier operates with double integration in the feedback loop. The integration capacitance is switchable in order to adjust peak gain for the individual ranges.

The output of the DC amplifier (7) passes to precision resistive dividers (9) which are controlled by means of the range and function selector switch (10), and to an analog-to-digital converter and to



zapisovač (24). Výstupní napětí pro plnou výchylku je 2 V pro každý rozsah.

Analogově-číslicový převodník pracuje na principu dvoutaktní integrace a je řešen především s ohledem na optimální filtraci signálu z bílého šumu při přesnosti měření 0,1%. U techniky dvojí integrace se na vstup integračního zesilovače (13) po dobu integračního taktu  $T_i$  přivádí přes spínač 11 napětí z výstupu stejnosměrného zesilovače (7). Výstupní napětí integračního zesilovače (13) lineárně roste nebo klesá v závislosti na polaritě měřeného napětí (obr. 2). Během referenčního taktu  $T_p$  je vstup integračního zesilovače pomocí spínače připojen ke zdroji referenčního napětí (12). Kladný nebo záporný referenční takt se určuje na konci integrační doby změřením a zapamatováním polarity naintegrovaného napětí v paměti polarity pro impulsově šířkovou modulaci. Nový stav paměti se zapíše až v dalším měřeném taktu opět na konci integrační doby. Referenční takt  $T_p$  příslušné polarity a prázdný takt  $T_r$  jsou odvozeny ze signálu integračního taktu a ze stabilizovaného signálu komparace v příslušných logických obvodech řídicí logiky (15). V době prázdného taktu  $T_r$  integrátor pracuje jako paměť chybové úrovně komparace. Tímto způsobem se provádí automatická kompenzace nulové úrovně komparátoru. Integrační zesilovač (13) a komparátor (14) jsou navrženy tak, že pracují s optimálním rozkmitem měřeného napětí. Tepelné změny odporu v MOSFET spínače v integračním a referenčním taktu se vzájemně kompenzují. V analogově číslicovém modulatoru dochází k transformaci měřeného napětí na

выход для самописца (24). Выходное напряжение, соответствующее полному отклонению, составляет 2 В на каждом пределе.

Аналого-цифровой преобразователь работает по принципу двухтактного интегрирования и сконструирован, главным образом, с целью оптимальной фильтрации сигнала при наличии белого шума с точностью измерения 0,1%. При использовании двойного интегрирования на вход интегрирующего усилителя (13) подается через ключ 11 напряжение с выхода усилителя постоянного тока (7) в течение времени такта интегрирования  $T_i$ . Выходное напряжение интегрирующего усилителя линейно возрастает или уменьшается в зависимости от полярности измеряемого напряжения (рис. 2). В течение опорного такта  $T_p$  вход интегрирующего усилителя подключен с помощью ключа к источнику опорного напряжения (12). Наличие положительного или отрицательного опорного тактов определяется в конце времени интегрирования путем измерения и запоминания полярности интеграла напряжения в накопителе полярности для широтной импульсной модуляции. Новое состояние накопителя записывается только в последующем измерительном такте опять в конце времени интегрирования.

Опорный такт  $T_p$  соответствующей полярности и пустой такт  $T_r$  являются производными от сигнала интегрирующего такта и от стабилизируемого сигнала сравнения соответствующих логических схем управляющей логики (15). Во время пустого такта  $T_r$  интегратор работает в качестве накопителя уровня ошибки сравнения. Таким образом, осуществляется автоматическая компенсация нулевого уровня компаратора. Интегрирующий усилитель (13) и компаратор (14) рассчитаны так, чтобы они работали с оптимальным размахом измеряемого напряжения. Температурные изменения сопротивления ключа MOSFET в интегрирующем и опорном тактах взаимно компенсируются. В аналого-цифровом преобразователе имеет место преобразование измеренного напряжения в широтно-модулируемый импульсный

the separate recorder output (24). The output voltage for maximum readout is 2 V in each range.

The A/D converter, which operates on the basis of double integration, is designed primarily with regard to optimum filtering of the white noise of the signal at a measuring accuracy of 0.1%. For double integration, the input of the integrating amplifier (13) obtains the voltage during the integration cycle  $T_i$  from the output of the DC amplifier (7) via the switch (11). The output voltage of the integrating amplifier (13) increases or decreases linearly, depending on the polarity of the measured voltage (Fig. 2). During the reference cycle  $T_p$ , the input of the integrating amplifier is connected to the reference voltage supply (12). A positive or a negative reference cycle is determined at the end of the integration period of time by measuring and storing (in the polarity store) the polarity of the resulting integration voltage for pulse-width modulation. The new state of the store is entered during the next measuring cycle again at the end of the integration period.

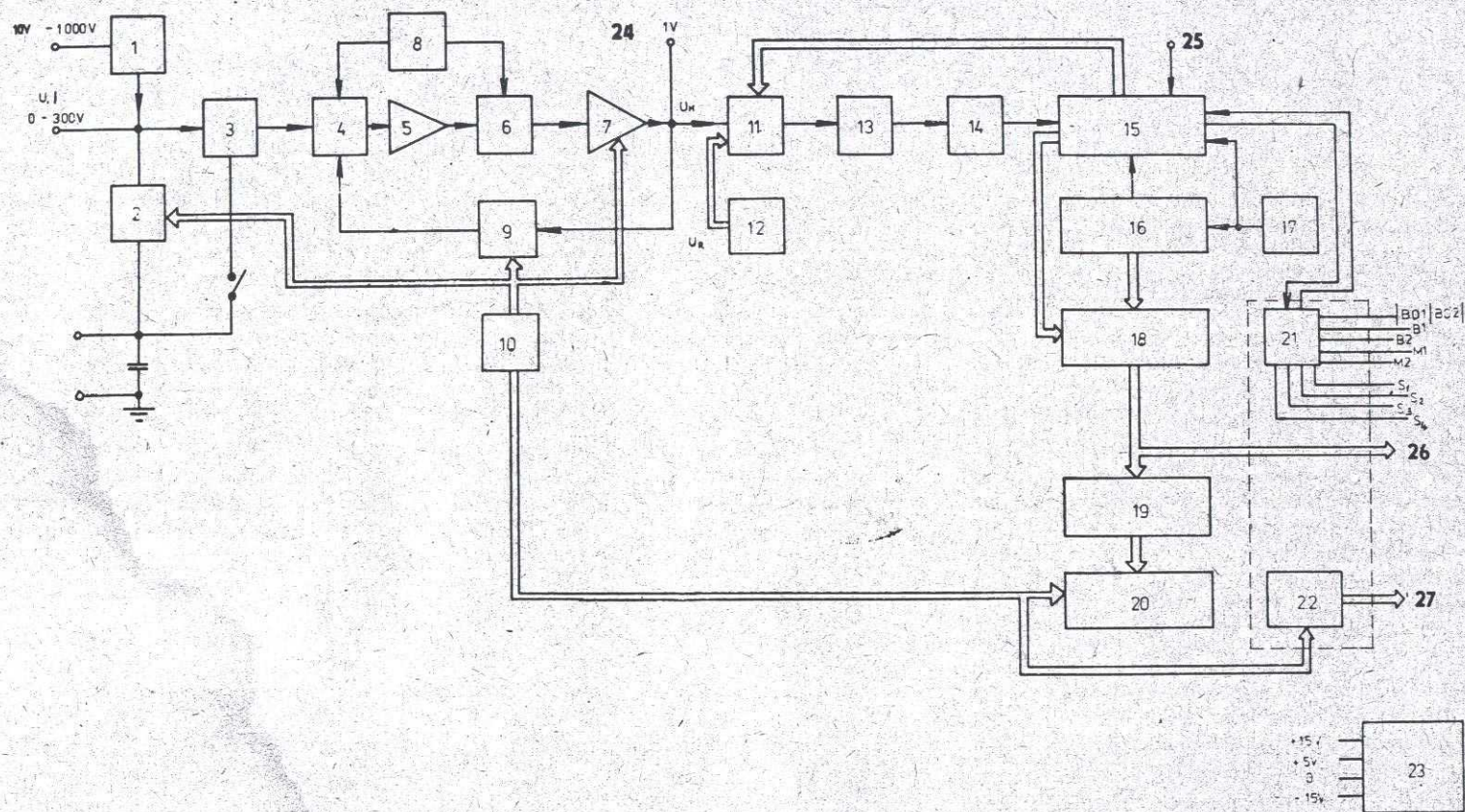
The reference cycle  $T_p$  of the appropriate polarity and an idle cycle  $T_r$  are derived from the integration cycle signal and from the stabilized comparison signal in the pertaining logic circuits of the control logic circuitry (15). During the idle cycle  $T_r$ , the integrator operates as a store of the comparison error level. In this manner, automatic compensation of the zero level of the comparator is carried out. The integrating amplifier (13) and the comparator (14) are designed to operate with optimum amplitude of the measured voltage. Thermal resistance changes of the switching MOSFET during the integration and the idle cycles mutually compensate each other. The transformation of the measured voltage into a pulse-width modulated signal  $T_p$  takes place in the analog/digital modu-



Obr. 1 — Blokové schéma

Рис. 1 — Блок-схема

Fig. 1 — Block diagram



- 1 — vstupní dělič pro měřené napětí 10 V až 1000 V
- 2 — předřadné odpory pro měření proudu
- 3 — vypínatelný filtr
- 4 — modulátor
- 5 — střídavý zesilovač
- 6 — synchronní detektor
- 7 — stejnosměrný zesilovač — dvojnásobný integrátor
- 8 — oscilátor
- 9 — přesné zpětnovazební děliče
- 10 — přepínač rozsahů a funkce
- 11 — spínače
- 12 — zdroj referenčního napětí obou polarit
- 13 — integrační zesilovač

- 14 — komparátor
- 15 — řídicí logika
- 16 — čítač
- 17 — taktovací generátor
- 18 — vyrovnávací paměť
- 19 — dekodér — převod z BCD kódu 8421 na kód 1 ze sedmi
- 20 — indikační panel
- 21 — jednotka IMS
- 22 — dekodér rozsahu a funkce
- 23 — napájecí zdroj
- 24 — výstup na zapisovač
- 25 — zkratovací svorka (paměť)
- 26 — digitální výstup
- 27 — data IMS

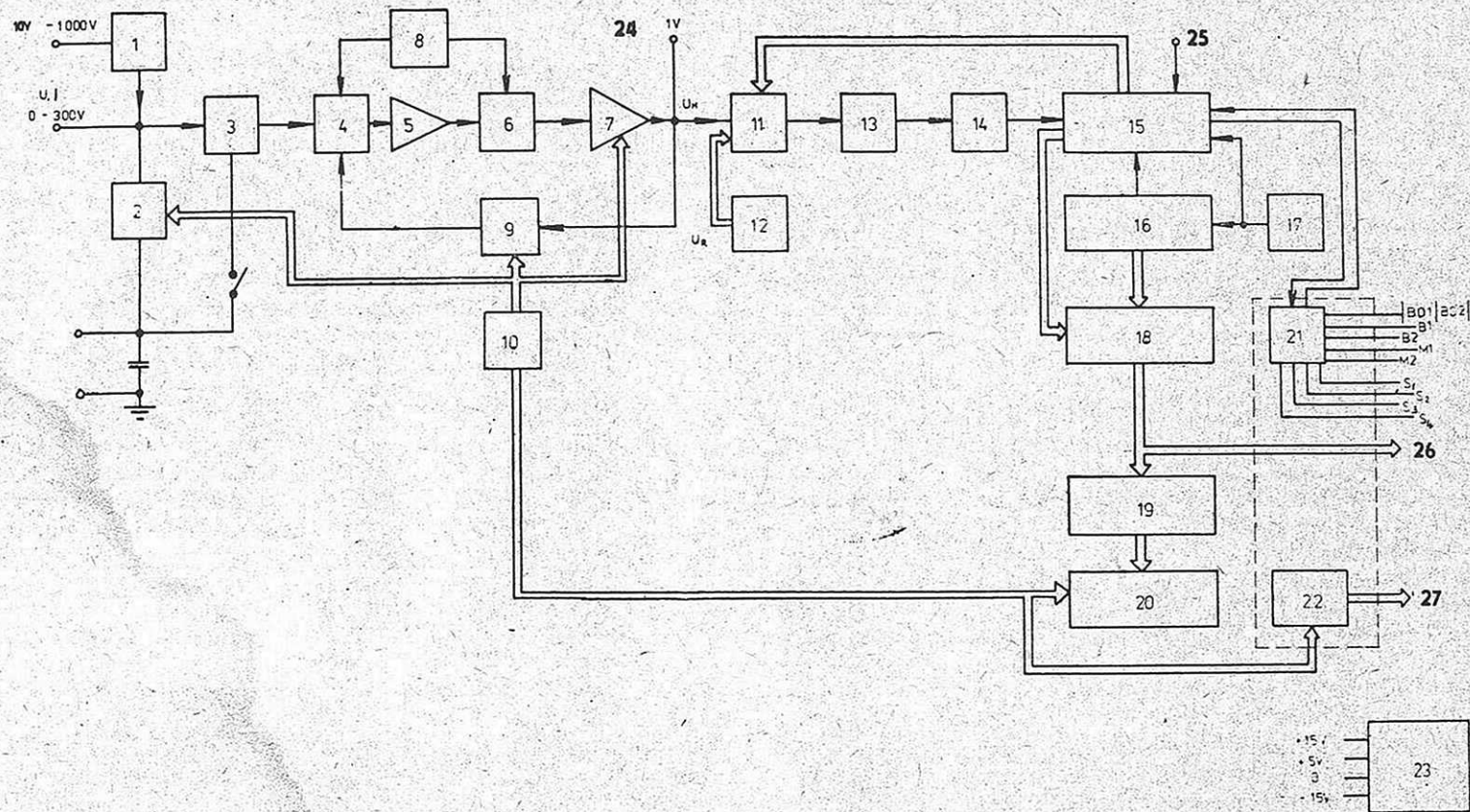
- 1 — Input divider for measured voltages from 10 V to 1000 V
- 2 — Series resistors for current measurements
- 3 — Switchable filter
- 4 — Modulator
- 5 — AC amplifier
- 6 — Synchronous detector
- 7 — DC amplifier — double integrator
- 8 — Oscillator
- 9 — Precision feedback dividers
- 10 — Range and function selector switch
- 11 — Switches
- 12 — Reference voltage supply of both polarities
- 13 — Integrating amplifier



Obr. 1 — Blokové schéma

Рис. 1 — Блок-схема

Fig. 1 — Block diagram



- 1 — vstupní dělič pro měřené napětí 10 V až 1000 V
- 2 — předřadné odpory pro měření proudu
- 3 — vypínatelný filtr
- 4 — modulátor
- 5 — střídavý zesilovač
- 6 — synchronní detektor
- 7 — stejnosměrný zesilovač — dvojnásobný integrátor
- 8 — oscilátor
- 9 — přesné zpětnovazební děliče
- 10 — přepínač rozsahů a funkce
- 11 — spínače
- 12 — zdroj referenčního napětí obou polarit
- 13 — integrační zesilovač

- 14 — komparátor
- 15 — řídicí logika
- 16 — čítač
- 17 — taktovací generátor
- 18 — vyrovnávací paměť
- 19 — dekodér — převod z BCD kódu 8421 na kód 1 ze sedmi
- 20 — indikační panel
- 21 — jednotka IMS
- 22 — dekodér rozsahu a funkce
- 23 — napájecí zdroj
- 24 — výstup na zapisovač
- 25 — zkratovací svorka (paměť)
- 26 — digitální výstup
- 27 — data IMS

- 1 — Input divider for measured voltages from 10 V to 1000 V
- 2 — Series resistors for current measurements
- 3 — Switchable filter
- 4 — Modulator
- 5 — AC amplifier
- 6 — Synchronous detector
- 7 — DC amplifier — double integrator
- 8 — Oscillator
- 9 — Precision feedback dividers
- 10 — Range and function selector switch
- 11 — Switches
- 12 — Reference voltage supply of both polarities
- 13 — Integrating amplifier

STIGLIZ MICROVOLTMMETER-PICODAMMETER

8 8 8 8 8



WAGE



100kΩ	U	100V	1V	10mV	100mV	1V	10V	100V	1000V	
FILTER	I	100μA	1μA	10nA	100nA	1pA	10pA	100pA	1000pA	10mA

±

U	U
MAX 300V	MAX 1000V





TITESTILIA

MICROVOLTMETER-PICOAMMETER



	$100k\Omega$	U	$100\mu V$	1mV	10mV	100mV	1V	10V
FILTER	$\infty$	I	100pA	1nA	10nA	100nA	1 $\mu A$	10 $\mu A$



AMMETER



MAN5



100-V 1V 10V 100V 1000V<sup>\*</sup>  
100-A 1A 10 $\mu$ A 100 $\mu$ A 1000 $\mu$ A 10mA



U U  
MAX 300V MAX 1000V





INSTRUKČNÍ KNIŽKA  
ИНСТРУКЦИЯ  
ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ  
INSTRUCTION MANUAL



# TESLA

MIKROVOLTMETR — PIKOAMPÉRMETR  
МИКРОВОЛЬТМЕТР — ПИКОАМПЕРМЕТР  
MICROVOLT METER — PICOAMMETER

## BM 545



INSTRUKČNÍ KNIŽKA

ИНСТРУКЦИЯ  
ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ

INSTRUCTION MANUAL



# TESLA

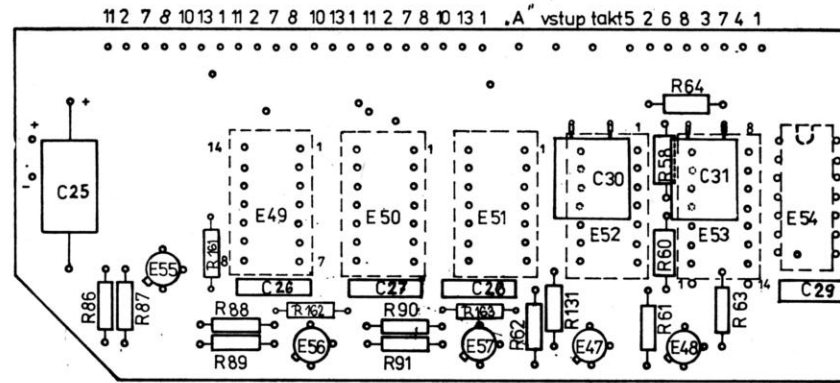
MIKROVOLTMETR — PIKOAMPÉRMETR

МИКРОВОЛЬТМЕТР — ПИКОАМПЕРМЕТР

MICROVOLT METER — PICOAMMETER

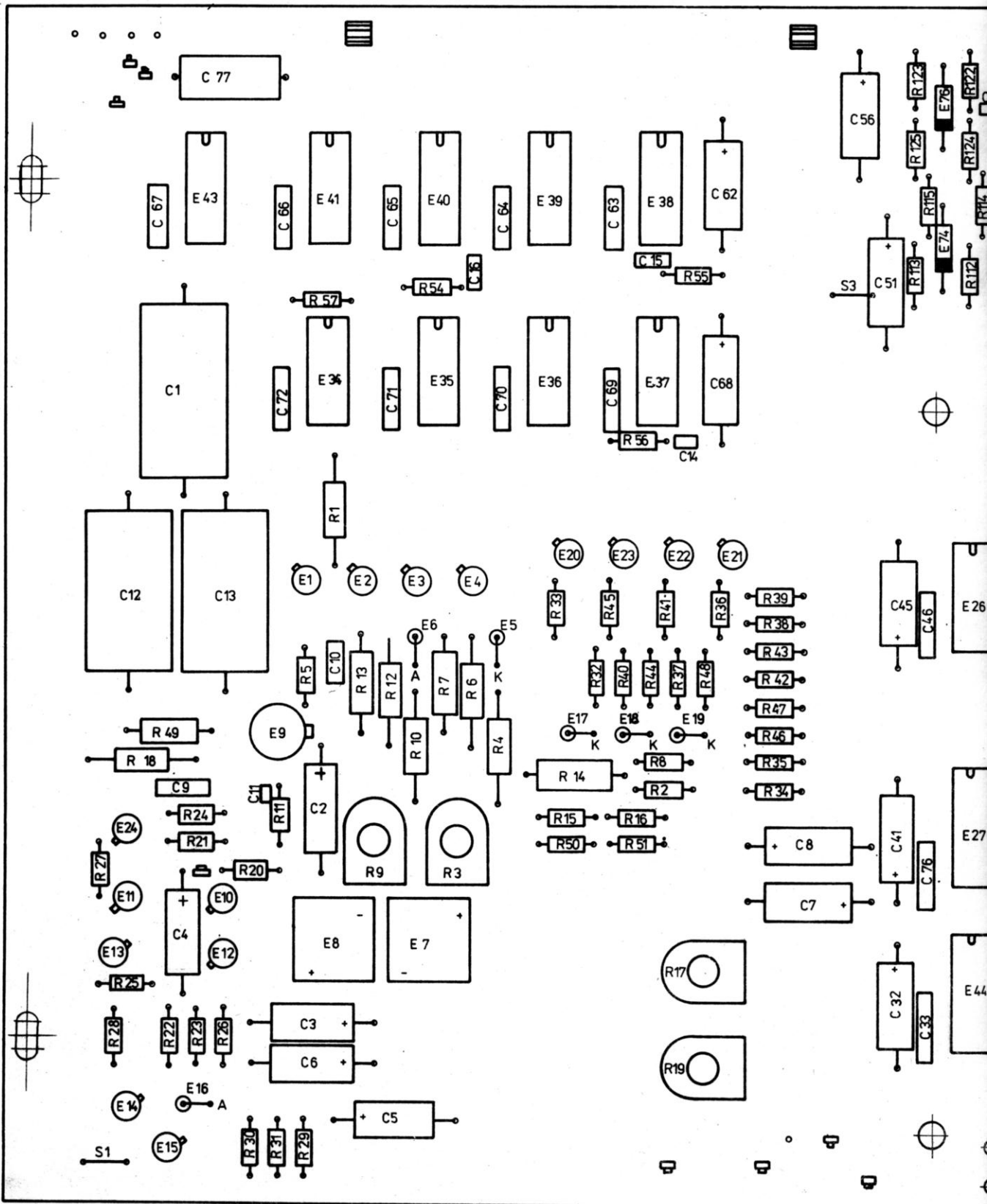
## BM 545





Deska sestavená  
Пластина в сборе  
Board assembled

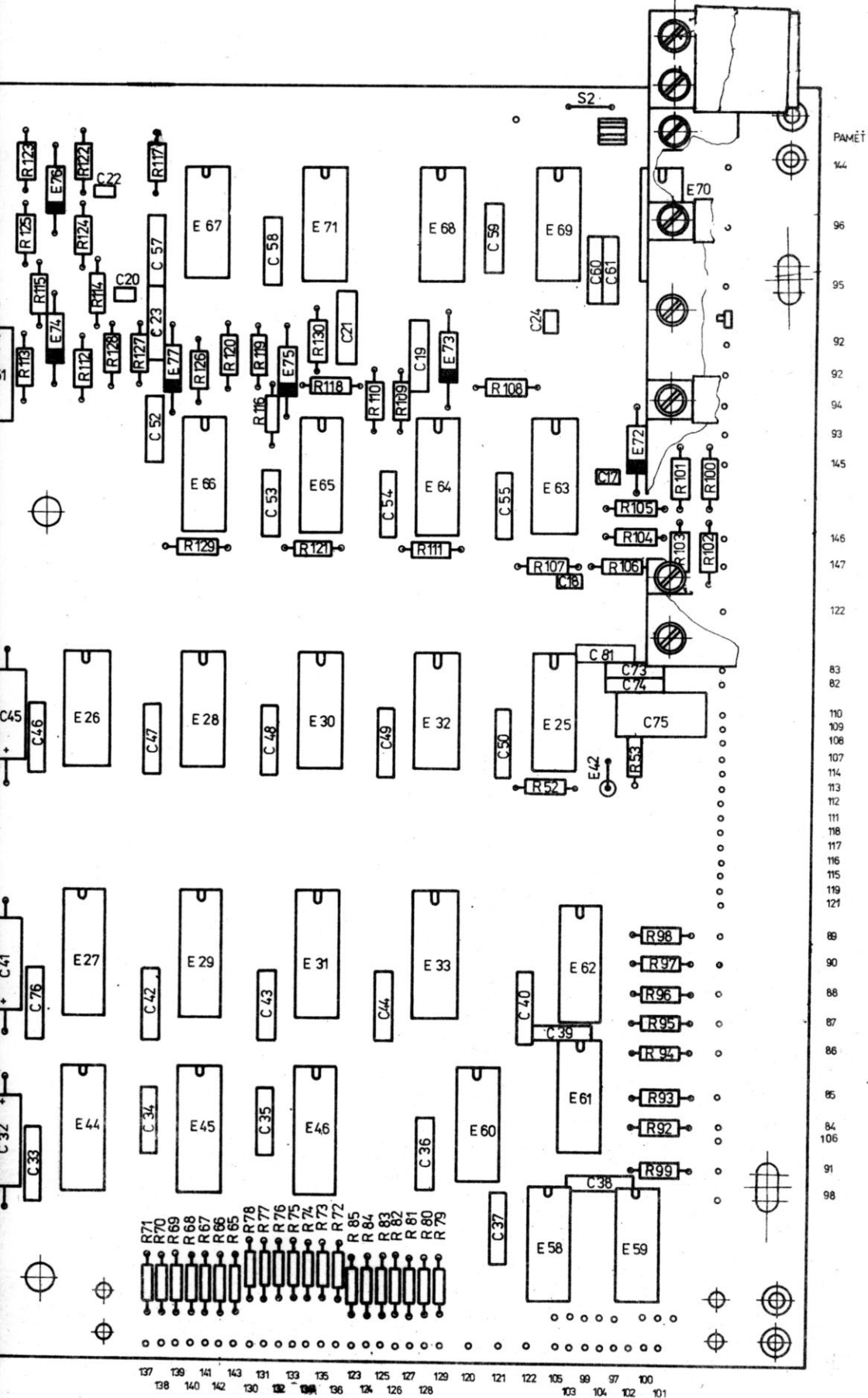
1AF 017 57



-15V      +15V      +5V      ⊥

Deska sestavená  
 Пластина в сборе  
 Board assembled



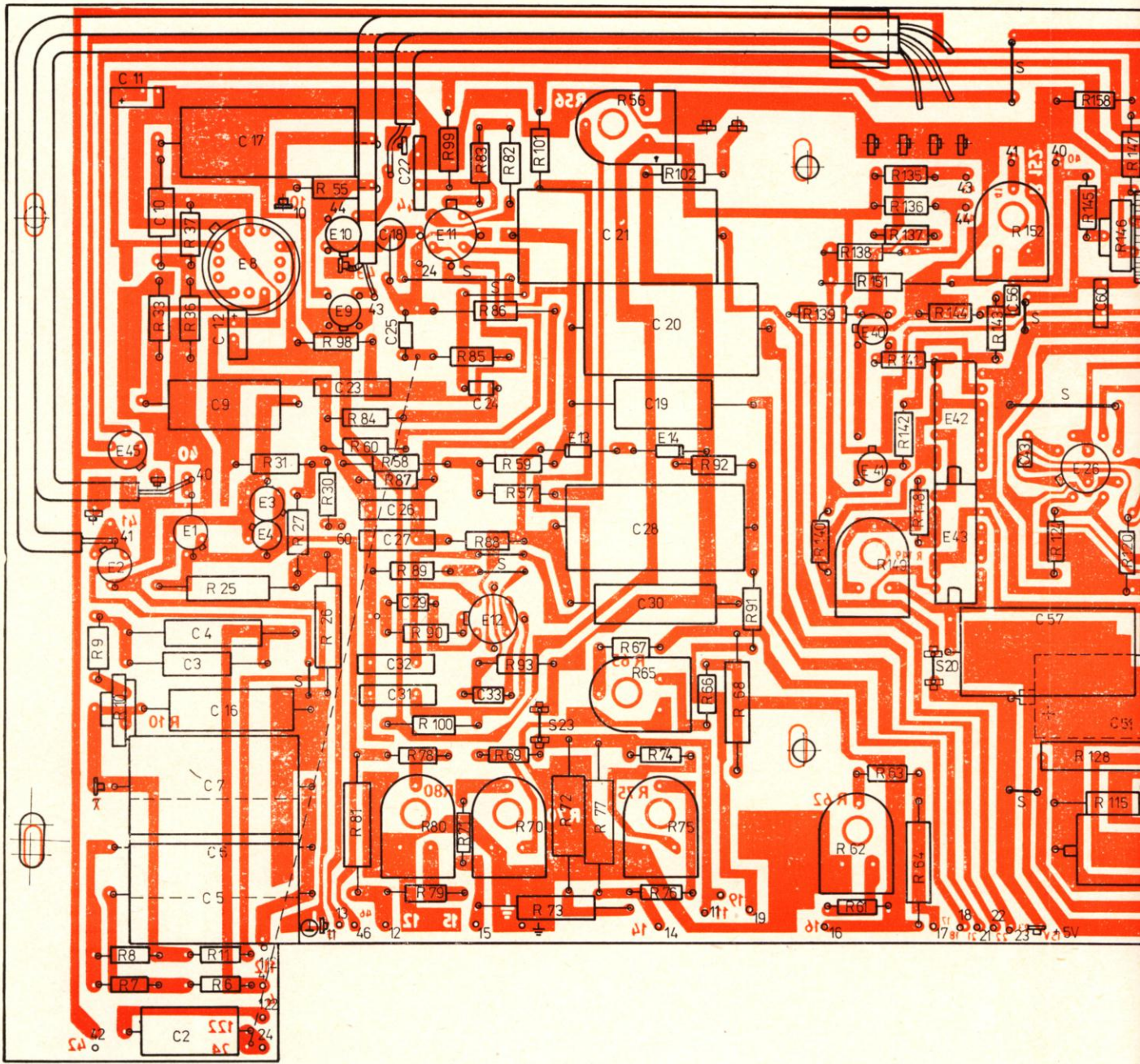


1AF 017 58



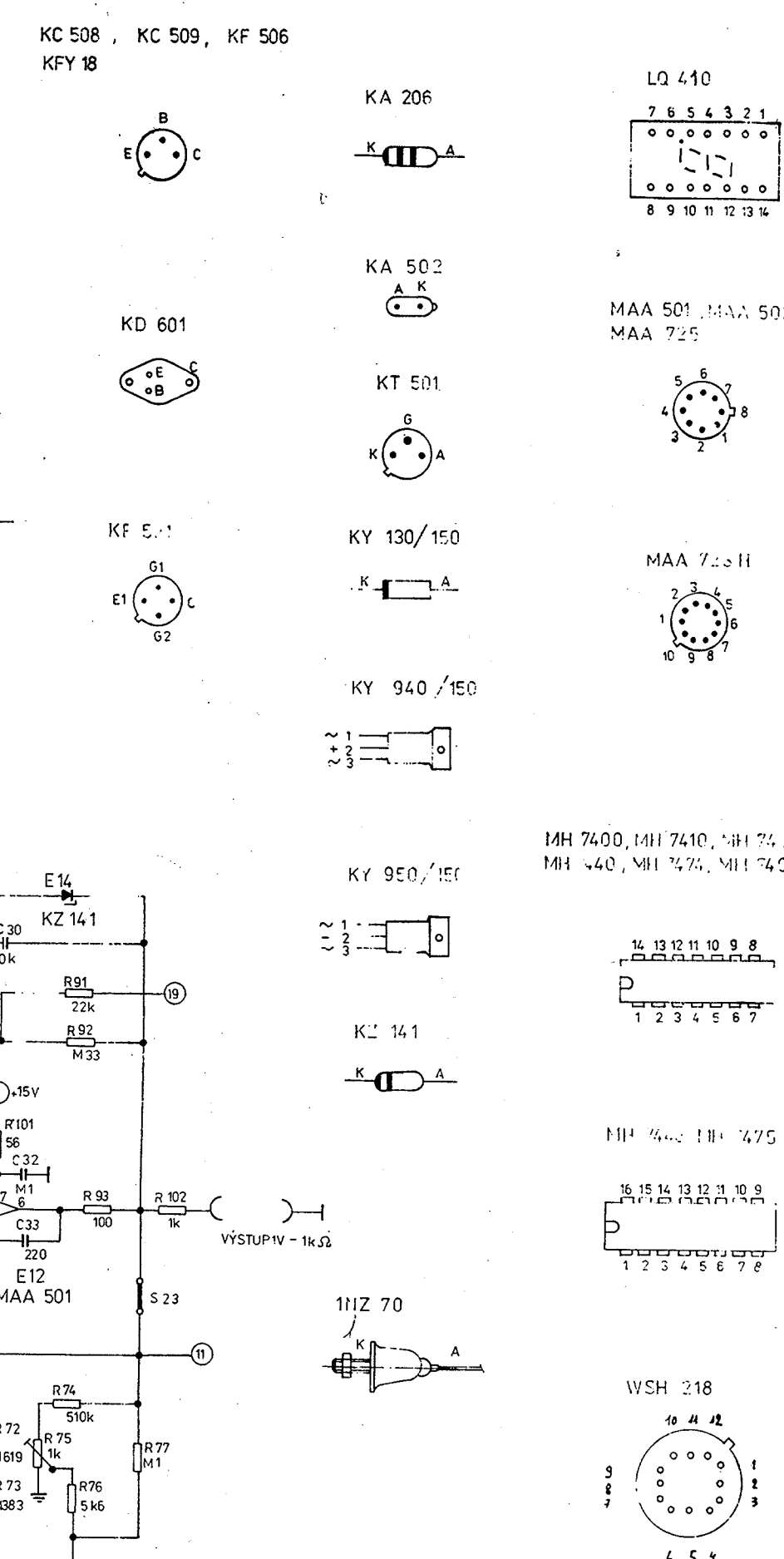
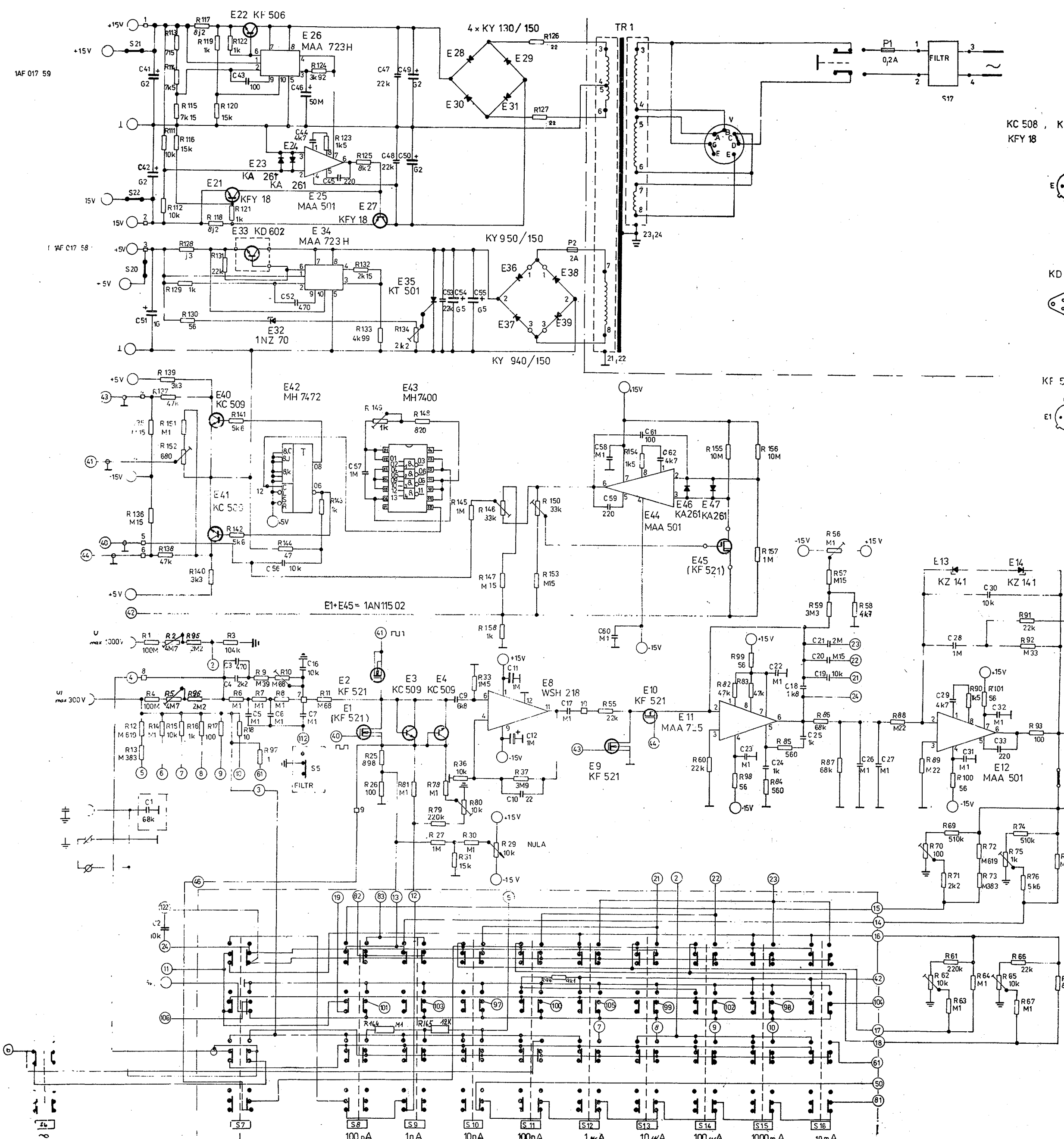






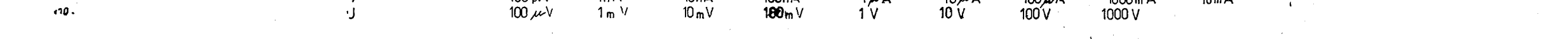
Zdroj - Vstupní část  
 Источник питания - Входной блок  
 Power supply - Input part





POHLED NA TLAČÍTKA SHORA  
POLOHA NESTLAČENO

Mikrovoltmetr - pikoampérmetr  
Микровольтметр - пикоамперметр  
Microvoltmeter - picoammeter

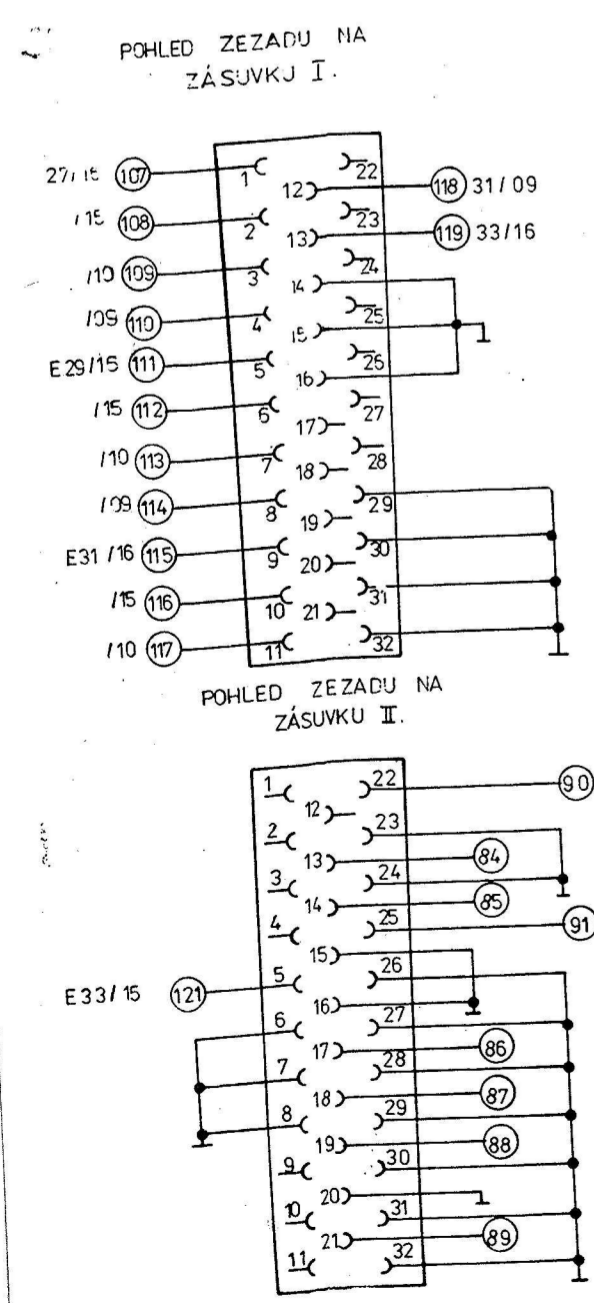
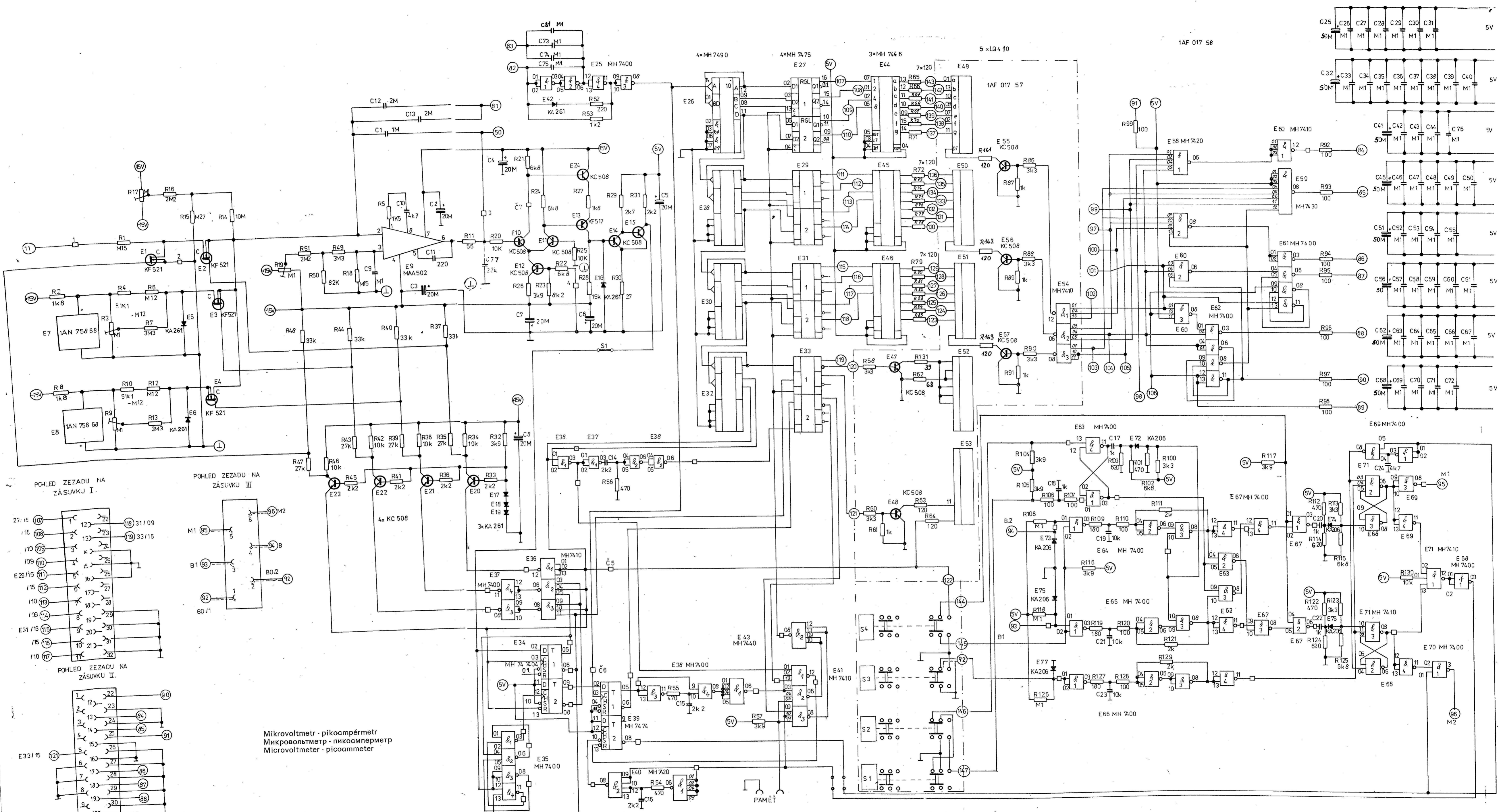


Výstup  
Pohled na tlačítka shora  
Polooha nestlačeno

Выход  
Вид кнопок сверху  
Ненажатое положение

Output  
View of the push-buttons from above  
Position not depressed





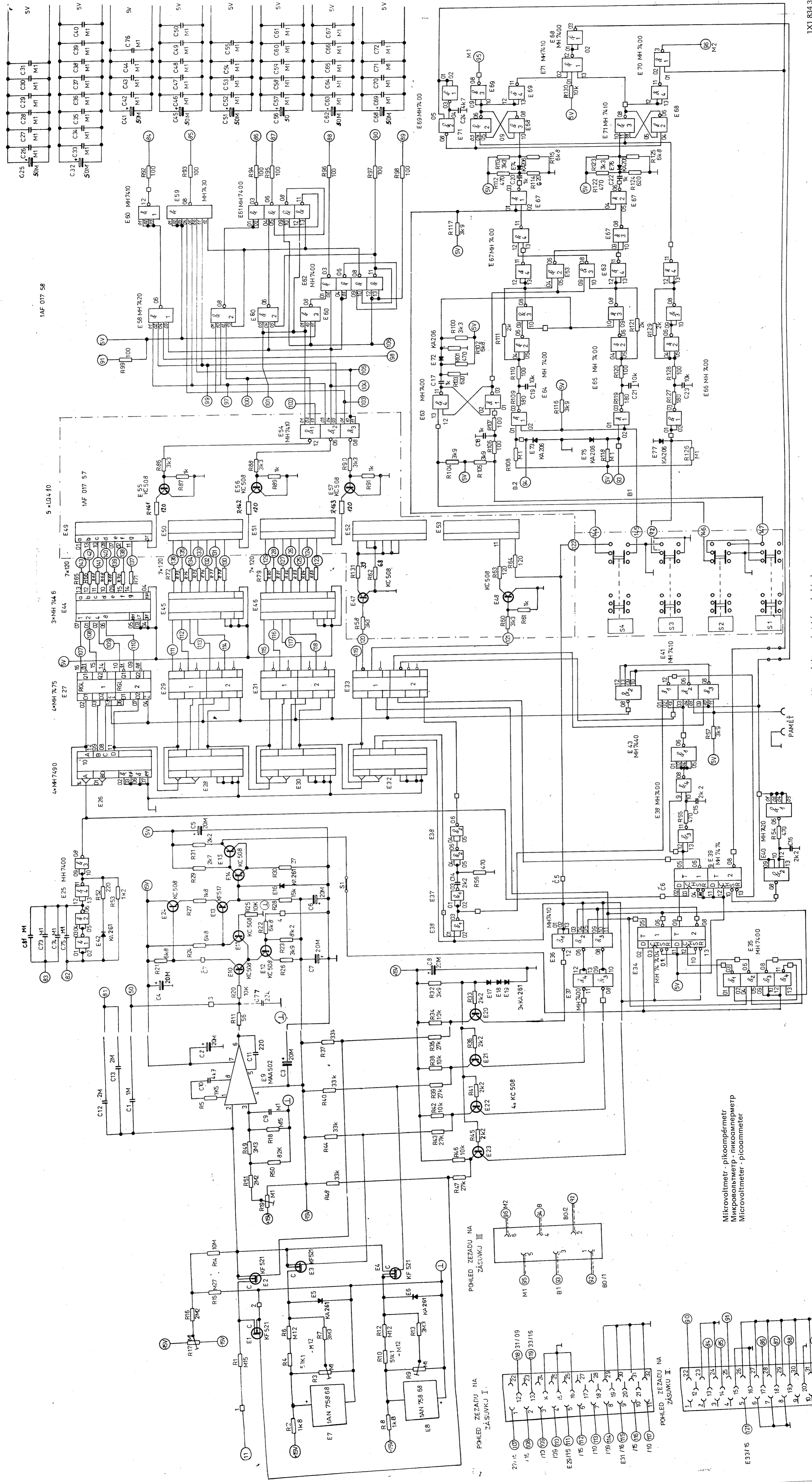
Mikrovoltmetr - picoampérměr  
 Микровольтметр - пикоамперметр  
 Microvoltmeter - picoammeter

Pohled zezadu na zásuvku I  
 Вид штепсельной розетки I сзади  
 View of the socket I from behind

Pohled zezadu na zásuvku II  
 Вид штепсельной розетки II сзади  
 View of the socket II from behind

Pohled zezadu na zásuvku III  
 Вид штепсельной розетки III сзади  
 View of the socket III from behind

Paměť  
 Память  
 Store



1AF 017 58

5 x LD 4 10

3x MH 744 6

4x MH 747 5

4x MH 749 0

Mikrovoltmeter - picoampérmetr  
 Микровольтметр - пикоамперметр  
 Microvoltmeter - picoammeter

Pohled zezadu na zásuvku I  
 Вид штепсельной розетки I сзади  
 Pohled zezadu na zásuvku II  
 Вид штепсельной розетки II сзади  
 Pohled zezadu na zásuvku III  
 Вид штепсельной розетки III сзади  
 PAMĚT  
 Store



# BM 545

Výrobní číslo:

Заводской номер: .....

Production No.:

## **Mikrovoltmetr - pikoampérmetr**

Přístroj slouží k přesným měřením stejnosměrných napětí a proudů. Velký vstupní odpor zaručuje minimální zatížení měřeného obvodu.

## **Микровольтметр - пикоамперметр**

Прибор служит для точного измерения постоянных напряжений и токов. Большое входное сопротивление обеспечивает минимальную нагрузку измеряемой цепи.

## **Microvoltmeter - Picoammeter**

This digital instrument serves for the accurate measurement of DC voltages and DC currents. The high input resistance guarantees only minimum load on the measured object.

Výrobce:

Завод-изготовитель:

Makers:

TESLA Brno, k. p., Purkyňova 99, 612 45 Brno 12

**OBSAH:**

1. Rozsah použití . . . . .	3
2. Sestava úplné dodávky . . . . .	3
3. Technické údaje . . . . .	4
4. Princip činnosti . . . . .	8
5. Pokyny pro vybalení a přípravu přístroje k provozu . . . . .	16
6. Návod k obsluze a používání . . . . .	17
7. Popis mechanické konstrukce . . . . .	27
8. Podrobný popis zapojení . . . . .	27
9. Pokyny pro údržbu . . . . .	42
10. Pokyny pro opravy . . . . .	42
11. Pokyny pro dopravu a skladování . . . . .	61
12. Údaje o záruce . . . . .	62
13. Rozpis elektrických součástí . . . . .	63
14. Přílohy	

**СОДЕРЖАНИЕ**

1. Назначение прибора . . . . .	3
2. Комплектность поставки . . . . .	3
3. Технические данные . . . . .	4
4. Принцип действия прибора . . . . .	8
5. Указания по распаковке, сборке и подготовке прибора к эксплуатации . . . . .	16
6. Инструкция по эксплуатации прибора . . . . .	17
7. Описание механической конструкции прибора . . . . .	27
8. Подробное описание схемы . . . . .	27
9. Указания по уходу за прибором . . . . .	42
10. Указания по ремонту . . . . .	42
11. Указания по транспортировке и хранению . . . . .	61
12. Условия гарантии . . . . .	62
13. Спецификация электрических деталей . . . . .	63
14. Приложения	

**CONTENTS:**

1. Range of application of the instrument . . . . .	3
2. Contents of a complete consignment . . . . .	3
3. Technical data . . . . .	4
4. Principle of the instrument operation . . . . .	8
5. Instructions for unpacking the instrument and for its preparation for use . . . . .	16
6. Instructions for attendance and use of the instrument . . . . .	17
7. Description of the mechanical design . . . . .	27
8. Detailed description of the circuitry . . . . .	27
9. Instructions for maintenance . . . . .	42
10. Instructions for repairs . . . . .	42
11. Instructions for transport and storage . . . . .	61
12. Guarantee . . . . .	62
13. List of electrical components . . . . .	63
14. Enclosures	

Vzhledem k rychlému vývoji světové elektroniky mění se obvody a přistupují a zlepšují se součásti našich přístrojů.

Někdy vinou tisku a požadavků expedice se nám nepodaří zanést tyto změny do tištěných příruček.

Změny se proto v případě potřeby uvádějí na zvláštním listě.

Ввиду быстрого темпа развития мировой электроники изменяются схемы, появляются новые и совершенствуются детали наших приборов.

Иногда по вине печати или требований экспедиции не удастся внести эти изменения в напечатанные пособия.

В таких случаях они приводятся на отдельном листе.

Owing to the rapid development of electronics in the world, the circuits of our instruments are altered and components of new types are improved design are employed.

Sometimes, due to printing terms or the requirement of speedy shipping, it is impossible to include a description of such alterations in the appropriate printed manual.

Therefore, if necessary, such alterations are given in a loose leaf.



## 1. ROZSAH POUŽITÍ

Mikrovoltmetr - pikoampérmeter BM 545 je určen k přesnému měření stejnosměrných napětí s celkovým rozsahem měření 1  $\mu$ V až 1000 V a stejnosměrných proudů s celkovým rozsahem měření 1 pA až 2 A s velmi malým úbytkem napětí 100  $\mu$ V až 100 mV. Velký dynamický rozsah přístroje umožňuje malý počet přepínání rozsahů, lepší ovladatelnost a rychlost měření.

Velký vstupní odpor mikrovoltmetru - pikoampérmeteru BM 545 zaručuje minimální zatížení měřeného obvodu.

Číslicový mikrovoltmetr - pikoampérmeter je řešen pro možnost zapojení do IMS s interfejsem IMS-1. Mimo to umožňuje využít i analogový výstup.

Napojení přístroje je provedeno ze sítě 120 V nebo 220 V přes speciálně stíněný napájecí transformátor, umožňující funkci přístroje s plovoucí zemí.

## 2. SESTAVA ÚPLNĚ DODÁVKY

1 ks	Mikrovoltmetr - pikoampérmeter BM 545	
2 ks	Vidlice	1AF 896 30
1 ks	Šňůra síťová	1AK 643 53
1 ks	Bočník do 2 A	1AK 060 58
1 ks	Přechod	1AK 060 59
1 ks	Vložka T 200 mA	ČSN 35 4733.3
1 ks	Vložka F 2 A	ČSN 35 4733.2
2 ks	Vložka T 400 mA	ČSN 35 4733.3
2 ks	Vidlice	1AF 896 06
1 ks	Vidlice	1AF 896 05
1 ks	Instrukční knížka	
1 ks	Balící list	
1 ks	Záruční list	

## 1. НАЗНАЧЕНИЕ ПРИБОРА

Микровольтметр - пикоамперметр BM 545 предназначен для точного измерения постоянных напряжений с общим диапазоном измерений 1 мкВ - 1000 В и постоянных токов с общим диапазоном измерения 1 пА - 2 А с очень малым падением напряжения 100 мкВ - 100 мВ. Широкий динамический диапазон прибора способствует малому количеству переключаемых пределов, более удобному управлению и скорости измерения.

Большое входное сопротивление микровольтметра - пикоамперметра BM 545 обеспечивает минимальную нагрузку измеряемой цепи.

Цифровой микровольтметр - пикоамперметр дает возможность включения в систему ИИС с интерфейсом ИИС 1. Кроме того, может быть использован и его аналоговый выход.

Подключение прибора для питания осуществляется к сети 120 В или 220 В через специально экранированный трансформатор питания, дающий возможность работы прибора в режиме с плавающей землей.

## 2. КОМПЛЕКТНОСТЬ ПОСТАВКИ

1 шт.	микровольтметр - пикоамперметр BM 545	
2 шт.	вилка	1AF 896 30
1 шт.	шнур сетевой	1AK 643 53
1 шт.	шунт до 2 А	1AK 060 58
1 шт.	переход	1AK 060 59
1 шт.	вкладыш T 200 mA	ЧСН 35 4733.3
1 шт.	вкладыш F 2 A	ЧСН 35 4733.2
2 шт.	вкладыш T 400 mA	ЧСН 35 4733.3
2 шт.	вилка	1AF 896 06
1 шт.	вилка	1AF 896 05
1 шт.	инструкция	
1 шт.	упаковочный лист	
1 шт.	гарантийное свидетельство	

## 1. RANGE OF APPLICATION OF THE INSTRUMENT

The BM 545 microvoltmeter - picoammeter is intended for the precise measurement of DC voltages within the overall range of 1  $\mu$ V to 1000 V and DC currents within the overall range of 1 pA to 2 A at a very low voltage drop between 100  $\mu$ V and 100 mV. The wide dynamic range of this digital instrument ensures a low number of range switchings, easy manipulation and high measuring speed.

The high input resistance of the BM 545 microvoltmeter - picoammeter imposes only minimum load on the measured object.

The BM 545 microvoltmeter - picoammeter is designed so as to enable its utilization in automatic measuring systems with IMS-1 interface. Also it supplies an analog output. The instrument is powered by 120 V or 220 V from AC mains via a specially designed screened power transformer which enables application with floating earth.

## 2. CONTENTS OF A COMPLETE CONSIGNMENT

1 pc.	Microvoltmeter - picoammeter BM 545	
2 pcs.	Plug	1AF 896 30
1 pc.	Mains cord	1AK 643 53
1 pc.	Shunt up to 2 A	1AK 060 58
1 pc.	Transition	1AK 060 59
2 pcs.	Plug	1AF 896 06
1 pc.	Plug	1AF 896 05
1 pc.	Fuse cartridge T 200 mA	ČSN 35 4733.3
1 pc.	Fuse cartridge F 2 A	ČSN 35 4733.2
2 pcs.	Fuse cartridge T 400 mA	ČSN 35 4733.3
1 pc.	Instruction Manual	
1 pc.	Guarantee Certificate	
1 pc.	Packing Note	

### 3. TECHNICKÉ ÚDAJE

#### 3.1. Voltmetr

Měřicí napěťový rozsah: 1  $\mu$ V až 1000 V

Základní rozsah	Plný rozsah	Citlivost	Vstupní odpor	Přetížitelnost
0 - 100 $\mu$ V	199,9 $\mu$ V	1 $\mu$ V	> 2 M $\Omega$	300 V
0 - 1 mV	1,999 mV	1 $\mu$ V	> 50 M $\Omega$	300 V
0 - 10 mV	19,99 mV	10 $\mu$ V	> 100 M $\Omega$	300 V
0 - 100 mV	199,9 mV	100 $\mu$ V	> 100 M $\Omega$	300 V
0 - 1 V	1,999 V	1 mV	> 100 M $\Omega$	300 V
0 - 10 V	19,99 V	10 mV	100 M $\Omega$	300 V
0 - 100 V	199,9 V	100 mV	100 M $\Omega$	300 V
0 - 1000 V	1000 V	1 V	100 M $\Omega$	1000 V

Chyba měření:

Na rozsahu 100  $\mu$ V:  $\pm$  (0,5% z naměřené hodnoty + 0,5% z měřicího rozsahu + 1 digit + 2  $\mu$ V)

1 mV:  $\pm$  (0,2% z naměřené hodnoty + 0,2% z měřicího rozsahu + 1 digit + 3  $\mu$ V)

10 mV, 100 mV, 1 V:  $\pm$  (0,1% z naměřené hodnoty + 0,1% z měřicího rozsahu + 1 digit)

10 V, 100 V, 1000 V:  $\pm$  (1% z naměřené hodnoty + 1% z měřicího rozsahu + 1 digit).

Uvedená chyba platí pro referenční podmínky 23°C  $\pm$  2°C a po dobu 6 měsíců ode dne expedice z výrobního podniku, nebo po dobu šesti měsíců od nastavení přístroje podle externího normálu a po době náběhu 1 hod. pro rozsah 100  $\mu$ V a 1 mV a 15 min. pro ostatní rozsahy. Při využití plného rozsahu (1,999) zvětšuje se chyba plynule až na dvojnásobek hodnoty chyb základního rozsahu.

### 3. ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

#### 3.1. Вольтметр

Диапазон измерения напряжения:  
1 мкВ - 1000 В

Основной диапазон	Польный предел	Чувствительность	Входное сопротивление	Перегрузка
0 - 100 мкВ	199,9 мкВ	1 мкВ	> 2 МОм	300 В
0 - 1 мВ	1,999 мВ	1 мкВ	> 50 МОм	300 В
0 - 10 мВ	19,99 мВ	10 мкВ	> 100 МОм	300 В
0 - 100 мВ	199,9 мВ	100 мкВ	> 100 МОм	300 В
0 - 1 В	1,999 В	1 мВ	> 100 МОм	300 В
0 - 10 В	19,99 В	10 мВ	100 МОм	300 В
0 - 100 В	199,9 В	100 мВ	100 МОм	300 В
0 - 1000 В	1000 В	1 В	100 МОм	1000 В

Погрешность измерения:

На пределе 100 мкВ:  $\pm$  (0,5% от измеренного значения + 0,5% от предела + 1 цифра + 2 мкВ)

1 мВ:  $\pm$  (0,2% от измеренного значения + 0,2% от предела измерения + 1 цифра + 3 мкВ)

10 мВ, 100 мВ, 1 В:  $\pm$  (0,1% от измеренного значения + 0,1% от предела измерения + 1 цифра)

10 В, 100 В, 1000 В:  $\pm$  (1% от измеренного значения + 1% от предела измерения + 1 цифра).

Указанная погрешность справедлива при нормальных условиях 23°C  $\pm$  2°C и в течение 6 месяцев со дня отправления с завода-изготовителя или в течение 6 месяцев со дня пуска прибора в эксплуатацию, или в течение 6 месяцев со дня калибровки прибора по внешнему эталону и после времени прогрева 1 час для предела 100 мкВ и 1 мВ и 15 минут для остальных пределов. При использовании полного диапазона (1,999) увеличивается плавно погрешность вплоть до удвоенного значения погрешности основного диапазона.

### 3. TECHNICAL DATA

#### 3.1. Voltmeter

Overall measuring voltage range: 1  $\mu$ V to 1000 V

Basic range	Max. readout	Sensitivity	Input resistance	Overload capacity
0 - 100 $\mu$ V	199.9 $\mu$ V	1 $\mu$ V	> 2 M $\Omega$	300 V
0 - 1 mV	1.999 mV	1 $\mu$ V	> 50 M $\Omega$	300 V
0 - 10 mV	19.99 mV	10 $\mu$ V	> 100 M $\Omega$	300 V
0 - 100 mV	199.9 mV	100 $\mu$ V	> 100 M $\Omega$	300 V
0 - 1 V	1.999 V	1 mV	> 100 M $\Omega$	300 V
0 - 10 V	19.99 V	10 mV	100 M $\Omega$	300 V
0 - 100 V	199.9 V	100 mV	100 M $\Omega$	300 V
0 - 1000 V	1000 V	1 V	100 M $\Omega$	1000 V

Measuring error:

In the 100  $\mu$ V range:  $\pm$  (0.5% of the readout + 0.5% of the measuring range + 1 digit + 2  $\mu$ V)

In the 1 mV range:  $\pm$  (0.2% of the readout + 0.2% of the measuring range + 1 digit + 3  $\mu$ V)

In the 10 mV, 100 mV and 1 V ranges:  $\pm$  (0.1% of the readout + 0.1% of the measuring range + 1 digit)

In the 10 V, 100 V and 1000 V ranges:  $\pm$  (1% of the readout + 1% of the measuring range + 1 digit)

These errors apply at the reference conditions 23°C  $\pm$  2°C up to 6 months after dispatch by the makers, or up to 6 months after the adjustment of the instrument according to an external standard, and after a warming-up period of 1 hour for the 100  $\mu$ V and 1 mV ranges, and a period of 15 minutes for all the other ranges. When a range up to the maximum readout (1.999) is utilized, the error increases gradually up to twice that within the basic range.



Přídavná chyba pro teplotu okolí:  
do rozsahu 1 V:  $\pm 0,01 \text{ ‰}/^{\circ}\text{C}$   
pro rozsahy 10 V, 100 V a 1000 V:  
 $\pm 0,1 \text{ ‰}/^{\circ}\text{C}$

Linearita převodníku:  $0,1 \text{ ‰}$

Posuv nuly napětí:

$< \pm 2 \text{ } \mu\text{V}$  za 1 hod. při referenčních podmínkách

$< \pm 10 \text{ } \mu\text{V}$  za 24 hod. při referenčních podmínkách

Kolísání napětí:  $< 1 \text{ } \mu\text{V}_{\text{eff}}$

Doba měřicího taktu:

$< 6 \text{ s}$  na rozsahu  $100 \text{ } \mu\text{V}$ ,  $1 \text{ mV}$

$< 3 \text{ s}$  na ostatních rozsazích

Vstupní proud nakrátko:  $\leq 10 \text{ pA}$

### 3.2. Ampérmetr

Měřicí proudový rozsah:  $1 \text{ pA}$  až  $1,999 \text{ A}$

Základní rozsah	Plný rozsah	Citlivost	Zařazený vstupní odpor	Úbytek napětí při měření proudu při zákl. rozsahu
0 - 100 pA	199,9 pA	1 pA	1 MΩ	100 μV
0 - 1 nA	1,999 nA	1 pA	1 MΩ	1 mV
0 - 10 nA	19,99 nA	10 pA	1 MΩ	10 mV
0 - 100 nA	199,9 nA	100 pA	100 kΩ	10 mV
0 - 1 μA	1,999 μA	1 nA	10 kΩ	10 mV
0 - 10 μA	19,99 μA	10 nA	1 kΩ	10 mV
0 - 100 μA	199,9 μA	100 nA	100 Ω	10 mV
0 - 1000 μA	1999 μA	1 μA	10 Ω	10 mV
0 - 10 mA	19,99 mA	10 μA	1 Ω	10 mV
0 - 1 A	1,999 A	1 mA	0,1 Ω	100 mV

Chyba měření: chyba při měření napětí  $\pm 1 \text{ ‰}$  z měřicího rozsahu)  $\pm (\pm 3 \text{ pA}$  na

Дополнительная погрешность, вызванная температурой окружающего воздуха:

до предела 1 В:  $\pm 0,01 \text{ ‰}/^{\circ}\text{C}$  от предела измерения

для пределов 10 В, 100 В и 1000 В:

$\pm 0,1 \text{ ‰}/^{\circ}\text{C}$  от предела измерения

Нелинейность преобразователя:  $0,1 \text{ ‰}$

Дрейф нуля напряжения:

$< \pm 2 \text{ мкВ}$  в течение 1 часа при нормальных условиях

$< \pm 10 \text{ мкВ}$  в течение 24 часов при нормальных условиях

Непостоянство напряжения:  $< 1 \text{ мкВ}$  эфф.

Время интервала измерения:

$< 6 \text{ с}$  на пределе  $100 \text{ мкВ}$ ,  $1 \text{ мВ}$

$< 3 \text{ с}$  на остальных пределах

Входной ток короткого замыкания:  $\leq 10 \text{ pA}$

### 3.2. Амперметр

Пределы измерения тока:  $1 \text{ pA}$  -  $1,999 \text{ A}$  -

Основной предел	Полный предел	Чувствительность	Включенное входное сопротивление	Падение напряжения при измерении тока на основном пределе
0 - 100 pA	199,9 pA	1 pA	1 МОм	100 мкВ
0 - 1 nA	1,999 nA	1 pA	1 МОм	1 мВ
0 - 10 nA	19,99 nA	10 pA	1 МОм	10 мВ
0 - 100 nA	199,9 nA	100 pA	100 кОм	10 мВ
0 - 1 мкА	1,999 мкА	1 nA	10 кОм	10 мВ
0 - 10 мкА	19,99 мкА	10 nA	1 кОм	10 мВ
0 - 100 мкА	199,9 мкА	100 nA	100 Ом	10 мВ
0 - 1000 мкА	1999 мкА	1 мкА	10 Ом	10 мВ
0 - 10 mA	19,99 mA	10 мкА	1 Ом	10 мВ
0 - 1 A	1,999 A	1 mA	0,1 Ом	100 мВ

Погрешность измерения определяется погрешностью при измерении напряжения  $\pm 1 \text{ ‰}$  от предела измерения)  $\pm (\pm 3 \text{ pA}$  на пределе

Additional error due to the ambient temperature:  $\pm 0,01 \text{ ‰}$  per  $1^{\circ}\text{C}$  of the measuring ranges up to 1 V;  
 $\pm 0,1 \text{ ‰}$  per  $1^{\circ}\text{C}$  of the measuring ranges 10 V, 100 V and 1000 V

Linearity of the converter:  $0,1 \text{ ‰}$

Voltage zero drift:  $< \pm 2 \text{ } \mu\text{V}$  within 1 hour at the reference conditions;

$< \pm 10 \text{ } \mu\text{V}$  within 24 hours at the reference conditions

Voltage fluctuations:  $< 1 \text{ } \mu\text{V}$  RMS

Measuring cycle duration:

$< 6 \text{ s}$  within the  $100 \text{ } \mu\text{V}$  and  $1 \text{ mV}$  ranges

$< 3 \text{ s}$  within the other ranges

Short-circuit input current:  $\leq 10 \text{ pA}$

### 3.2. Ammeter

Overall measuring current range:  $1 \text{ pA}$  to  $1,999 \text{ A}$

Basic range	Max. readout	Sensitivity	Inserted input resistance	Voltage drop in current measurements within the basic range
0 - 100 pA	199,9 pA	1 pA	1 MΩ	100 μV
0 - 1 nA	1,999 nA	1 pA	1 MΩ	1 mV
0 - 10 nA	19,99 nA	10 pA	1 MΩ	10 mV
0 - 100 nA	199,9 nA	100 pA	100 kΩ	10 mV
0 - 1 μA	1,999 μA	1 nA	10 kΩ	10 mV
0 - 10 μA	19,99 μA	10 nA	1 kΩ	10 mV
0 - 100 μA	199,9 μA	100 nA	100 Ω	10 mV
0 - 1000 μA	1999 μA	1 μA	10 Ω	10 mV
0 - 10 mA	19,99 mA	10 μA	1 Ω	10 mV
0 - 1 A	1,999 A	1 mA	0,1 Ω	100 mV

Measuring error: given by the error in voltage measurements  $\pm 1 \text{ ‰}$  of the measuring range

rozsahu 100 pA) + ( $\pm 0,5\%$  s bočníkem)

Posuv nuly proudu:

<  $\pm 5$  pA/hod. při referenčních podmínkách  
<  $\pm 10$  pA za 24 hod. při referenčních podmínkách

Kolísání proudu: < 2 pA<sub>ef</sub>

Doba měřicího taktu:

< 6 s na rozsahu 100 pA, 1 nA  
< 3 s na ostatních rozsazích

### 3.3. Společné údaje

Potlačení sériového rušivého napětí 50 Hz  $\pm 2\%$ :

pro rozsahy 100  $\mu$ V, 1 mV, 10 mV:

> 80 dB s filtrem  
> 30 dB bez filtru

pro rozsahy 100 mV, 1 V (max. střídavé napětí 10 V<sub>ef</sub>):

> 60 dB s filtrem  
> 20 dB bez filtru

Činitel je určen poměrem špičkové hodnoty sériového rušivého napětí k chybě měření, vyvolané sériovým rušivým napětím. Hodnota rušivého napětí pro rozsahy 10 V, 100 V, 1000 V nesmí překročit 70 V<sub>ef</sub>.

Potlačení souhlasného napětí: max. souhlasné napětí nesmí překročit  $\pm 250$  V stejnosměrného napětí nebo 250 V špičkové hodnoty střídavého napětí. Činitel potlačení souhlasného napětí:

- pro stejnosměrné souhlasné napětí  $\geq 120$  dB
- střídavé souhlasné napětí 50 Hz  $\pm 2\%$   $\geq 110$  dB

Činitel potlačení souhlasného napětí je určen poměrem špičkové hodnoty souhlasného napětí připojeného mezi svorky  $\frac{1}{2}$  a  $\frac{1}{1}$  k chybě měření.

100 pA) + ( $\pm 0,5\%$  při používání šuntů).

Дрейф нуля тока:

<  $\pm 5$  пА/час при нормальных условиях  
<  $\pm 10$  пА за 24 часа при нормальных условиях

Непостоянство тока: < 2 пА эфф.

Время интервала измерения:

< 6 с на пределах 100 пА, 1 нА  
< 3 с на остальных пределах

### 3.3. Общие данные

Подавление последовательного напряжения помех 50 Гц  $\pm 2\%$  на пределах 100 мкВ, 1 мВ, 10 мВ:

> 80 дБ с фильтром  
> 30 дБ без фильтра

на пределах 100 мВ, 1 В (макс. переменное напряжение 10 В эфф.):

> 60 дБ с фильтром  
> 20 дБ без фильтра

Коэффициент определяется отношением пикового значения последовательного напряжения помех к погрешности измерения, вызванной последовательным напряжением помех. Значение напряжения помех на пределах 10 В, 100 В, 1000 В не должно превышать 70 В эфф.

Подавление синфазного напряжения: макс. синфазное напряжение не должно превышать  $\pm 250$  В постоянного напряжения или 250 В пикового значения переменного напряжения. Коэффициент подавления синфазного напряжения:

- при синфазном напряжении постоянного тока  $\geq 120$  дБ
- при синфазном напряжении переменного тока 50 Гц  $\pm 2\%$   $\geq 110$  дБ

Коэффициент подавления синфазного напряжения определяется отношением пикового значения синфазного напряжения, подключенного к зажимам  $\frac{1}{2}$  и  $\frac{1}{1}$  к погрешности измерения.

ge  $\pm 3$  pA (within the 100 pA range), and  $\pm 0.5\%$  with shunt employed

Current zero drift: <  $\pm 5$  pA during 1 hour at the reference conditions  
<  $\pm 10$  pA during 24 hours at the reference conditions

Current fluctuations: < 2 pA RMS

Measuring cycle duration: < 6 s within the 100 pA and 1 nA ranges  
< 3 s within the other ranges

### 3.3. Common data

Rejection of interfering series signals of 50 Hz  $\pm 2\%$ :

Within the ranges 100  $\mu$ V, 1 mV and 10 mV:

> 80 dB with filter employed  
> 30 dB without filter

Within the ranges 100 mV and 1 V (max. AC voltage 10 V RMS):

> 60 dB with filter employed  
> 20 dB without filter

The rejection coefficient is given by the ratio of the peak value of the interfering series voltage to the measuring error caused by the interfering series voltage. The value of the interfering voltage must not exceed 70 V RMS within the ranges 10 V, 100 V and 1000 V.

Rejection of common mode voltages:

The maximum common mode voltage must not exceed  $\pm 250$  V DC, or 250 V peak AC. The CMRR is as follows:

- for DC common mode voltages:  $\geq 120$  dB
- for AC common mode voltages of 50 Hz  $\pm 2\%$ :  $\geq 110$  dB

The CMRR is given by the ratio of the peak value of the common mode voltage, applied between the terminals  $\frac{1}{2}$  and  $\frac{1}{1}$ , to the measuring error.



Displej: 3,5 digitu LED, s indikací desetinné tečky polarity, přetížení a měřicího taktu

Délka stupnice: 1999

Přepínání rozsahů: ručně

Polarita: přepínání automatické, na displeji indikována pouze polarita záporného měřeného napětí

Digitální výstup: BCD kód 8421, zakódovaný výstup rozsahů a funkce

Výstup na zapisovač: 1 V - pro základní rozsahy, odpovídá polaritě vstupního napětí, výstupní odpor 1 kΩ

Nastavení nuly:  $> \pm 100 \mu\text{V}$

Isolace: obvodová země je izolovaná od kostry  $R > 10^9 \Omega$  a  $C = 68\,000 \text{ pF}$ ; max. napětí mezi obvodovou zemí a kostrou 250 Vss

Bezpečnostní třída: I. podle ČSN 35 6501

Stupeň odrušení: RO2 podle ČSN 34 2860

Interfejs: v souladu s IMS - 1 RS 3826 - 73

Podrobné údaje pro IMS jsou uvedené v kapitole 6 „Návod k obsluze a používání“

### 3.4. Pracovní podmínky

Referenční teplota:  $23^\circ \pm 2^\circ\text{C}$

Rozsah teplot:  $+5^\circ\text{C}$  až  $+40^\circ\text{C}$

Relativní vlhkost: 40 % až 80 %

Tlak vzduchu: 86 000 Pa až 106 000 Pa

Poloha přístroje: vodorovná nebo nakloněná  $\pm 10^\circ$

Napájecí napětí: 220 V/120 V  $\pm 10\%$

Дисплей: 3,5 делений цифрового индикатора с индикацией десятичного знака, полярности, перегрузки и цикла измерения

Длина шкалы: 1999

Переключение пределов: ручное

Полярность: переключение автоматическое, на дисплее показана только полярность отрицательного измеряемого напряжения

Цифровой выход: код BCD 8421, закодированный выход пределов и режима работы

Выход для самописца: 1 В для основных пределов соответствует полярности входного напряжения, выходное сопротивление 1 кОм

Установка нуля:  $> \pm 100 \text{ мкВ}$

Изоляция: земля измерительной схемы изолирована от корпуса  $R > 10^9 \text{ Ом}$  и  $C = 68\,000 \text{ пФ}$

Максимальное напряжение между землей схемы и корпусом 250 В пост.

Класс защиты: I по СТ СЭВ 3768 82

Степень подавления помех: отвечает требованиям РС 1932-69 (кривая А)

Интерфейс: в соответствии с ИИС-1 РС 3826-73

Подробные данные по ИИС приведены в разделе 6 «Инструкция по эксплуатации прибора».

### 3.4. Условия эксплуатации

Нормальная температура:  $23^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$

Диапазон температуры:  $+5^\circ\text{C}$  -  $+40^\circ\text{C}$

Относительная влажность: 40 % - 80 %

Давление воздуха: 86 000 Па - 106 000 Па

Положение прибора: горизонтальное или наклонное  $\pm 10^\circ$

Напряжение питания: 220 В/120 В  $\pm 10\%$

Display: 3.5 digits, LED indicators; decimal point positioning, polarity, overranging and measuring cycle indication

Scale range: 1999

Range switching: manual

Polarity: Automatic switching - only the negative polarity of the measured voltage is indicated

Digital output: BCD code 8421, output of encoded range and function

Recorder output: 1 V - for the basic ranges; the polarity tallies with that of the input; output resistance 1 kΩ

Zero setting:  $> \pm 100 \mu\text{V}$

Insulation: circuit earth to framework

$R > 10^9 \Omega$ ,  $C = 68\,000 \text{ pF}$ ; max. permissible voltage between circuit earth and framework 250 V DC

Intrinsic safety: Class I., according to the Czechoslovak Standard ČSN 35 6501, in conformity with the pertaining IEC Recommendation (Publication No. 348, 1971)

Interference suppression: RO2 according to the Czechoslovak Standard ČSN 34 2860, in accordance with the IEC CISPR Recommendation No. 34

Interface: in conformity with IMS-1 RS 3826-73. Details are given in Section 6. - „Instructions for attendance and use of the instrument“

### 3.4. Working conditions

Reference temperature:  $23^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$

Ambient temperature range:  $+5^\circ\text{C}$  to  $+40^\circ\text{C}$

Relative humidity range: 40 % to 80 %

Atmospheric pressure range: 86,000 Pa to 106,000 Pa

Working position: horizontal, or tilted through  $\pm 10^\circ$

Powering voltage: 220 V or 120 V,  $\pm 10\%$

Druh napájecího proudu: střídavý sinusový se zkreslením menším než 5 %  
Kmitočet napájecího napětí: 50 Hz  $\pm$  2 %  
Příkon: 35 VA  
Jištění: síťová pojistka pro 220 V T 200 mA, 120 V T 400 mA, pojistka v sekundárním obvodu F 2 A  
Vnější magnetické pole: zanedbatelné  
Vnější elektrické pole: zanedbatelné

### 3.5. Všeobecné údaje

Osazení: 46 integrovaných obvodů, 33 tranzistorů, 33 diod  
Rozměry přístroje: šířka 310 mm, výška 90 mm, hloubka 340 mm, hmotnost 4,5 kg

## 4. PRINCIP ČINNOSTI

Princip činnosti přístroje je zřejmý z blokového schématu na obr. 1.  
Měřené napětí menší než 10 V přivádíme přímo přes vypínatelný vstupní filtr (3) k modulátoru (4) tvořenému tranzistorem MOS FET. Měřené napětí větší než 10 V přivádíme přes dělič (1). MOS FET-ový modulátor (4) v použitém zapojení pracuje současně jako srovnávací člen měřeného a zpětnovazebního napětí. Modulátor je napájen z budícího oscilátoru (8), který současně napájí synchronní detektor (6).

Střídavé výstupní napětí z modulátoru (4) se zesiluje zesilovačem (5) s konstantním zesílením. Zesílené střídavé napětí přivádíme na synchronní detektor. Synchronní detekce se provádí na poměrně vysoké úrovni, aby vliv driftu stejnosměrného zesilovače (7) a syn-

Вид тока питания: переменный, синусоидальный, КНИ менее 5 %  
Частота напряжения питания: 50 Гц  $\pm$  2 %  
Потребляемая мощность: 35 ВА  
Защита: сетевой предохранитель для 220 В T 200 mA, для 120 В T 400 mA, предохранитель во вторичной сети F 2 A  
Внешнее магнитное поле: пренебрежимо мало  
Внешнее электрическое поле: пренебрежимо мало

### 3.5. Общие данные

Рабочий комплект: 46 интегральных микросхем, 33 транзистора, 33 диода  
Габариты прибора: ширина 310 мм, высота 90 мм, глубина 340 мм, вес 4,5 кг

## 4. ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ ПРИБОРА

Принцип действия прибора явствует из блок-схемы, приведенной на рис. 1.  
Измеренное напряжение менее 10 В подается непосредственно через выключаемый входной фильтр (3) на модулятор (4), собранный на транзисторе MOSFET. Измеренное напряжение более 10 В подается через делитель (1). Модулятор на транзисторе MOSFET (4) в используемой схеме работает одновременно в качестве элемента сравнения измеренного напряжения и напряжения обратной связи. Модулятор питается от возбуждающего автогенератора (8), который одновременно питает синхронный детектор (6). Переменное выходное напряжение модулятора (4) усиливается с помощью усилителя (5) с постоянным коэффициентом усиления. Усиленное переменное напряжение подается на синхронный детектор. Синхронное детектирование осуществляется на относительно высоком уровне для того, чтобы влияние дрейфа усилителя постоянного тока (7) и синхронного

Powering current: AC of sinusoidal waveform; distortion less than 5 %  
Powering frequency: 50 Hz  $\pm$  2 %  
Power consumption: 35 VA  
Protection: mains fuse: T 200 mA for 220 V powering, or T 400 mA for 120 V powering secondary circuit fuse: F 2 A  
External magnetic field: negligible  
External electric field: negligible

### 3.5. General data

Compiement: 46 integrated circuits, 33 transistors, 33 diodes  
Dimensions and weight: width 310 mm, height 90 mm, depth 340 mm, weight 4.5 kg

## 4. PRINCIPLE OF THE INSTRUMENT OPERATION

The principle of the instrument operation can be followed on the block diagram in Fig. 1.  
If a voltage less than 10 V has to be measured, it is applied via the input filter (3), which can be disconnected, directly to the modulator (4) which is formed by a MOSFET-type transistor. If a voltage exceeding 10 V has to be measured, it is applied to the MOSFET modulator via the input divider (1). The MOSFET modulator (4) in this circuitry operates simultaneously as comparator of the measured voltage and feedback voltage and is powered by the driving oscillator (8) which simultaneously powers the synchronous detector (6). The output AC of modulator (4) is amplified by the constant-gain amplifier (5) and then passes to the synchronous detector. Synchronous detection is carried out at a comparatively high voltage level in order to minimize the influence of the drift of the synchronous detector (6) and of the DC amplifier (7). This DC amplifier operates with



chronního детектору (6) был минимальным. За детектором следует равносильный усилитель с двойной интеграцией в обратной связи. Интеграционная емкость переключается, в результате чего устанавливается коэффициент усиления петли для отдельных пределов.

Выходной сигнал усилителя постоянного тока (7) подается на точные делители сопротивлений (9), которые управляются переключателем пределов и режима работы (10), и поступает на аналого-цифровой преобразователь и на самостоятельный выход для самописца (24). Выходное напряжение, соответствующее полному отклонению, составляет 2 В на каждом пределе.

Аналого-цифровой преобразователь работает по принципу двухтактного интегрирования и сконструирован, главным образом, с целью оптимальной фильтрации сигнала при наличии белого шума с точностью измерения 0,1%. При использовании двойного интегрирования на вход интегрирующего усилителя (13) подается через ключ (11) напряжение с выхода усилителя постоянного тока (7) в течение времени такта интегрирования  $T_i$ . Выходное напряжение интегрирующего усилителя линейно возрастает или уменьшается в зависимости от полярности измеряемого напряжения (рис. 2). В течение опорного такта  $T_p$  вход интегрирующего усилителя подключен с помощью ключа к источнику опорного напряжения (12). Наличие положительного или отрицательного опорного тактов определяется в конце времени интегрирования путем измерения и запоминания полярности интеграла напряжения в накопителе полярности для широтной импульсной модуляции. Новое состояние накопителя записывается только в последующем измерительном такте опять в конце времени интегрирования.

Опорный такт  $T_p$  соответствующей полярности и пустой такт  $T_r$  являются производными от

детектора (6) было минимальным. После детектора имеется усилитель постоянного тока с двойным интегрированием цепи обратной связи. Емкость интегрирования переключается, в результате чего устанавливается коэффициент усиления петли для отдельных пределов.

Аналого-цифровой преобразователь работает по принципу двухтактного интегрирования и сконструирован, главным образом, с целью оптимальной фильтрации сигнала при наличии белого шума с точностью измерения 0,1%. При использовании двойного интегрирования на вход интегрирующего усилителя (13) подается через ключ (11) напряжение с выхода усилителя постоянного тока (7) в течение времени такта интегрирования  $T_i$ . Выходное напряжение интегрирующего усилителя линейно возрастает или уменьшается в зависимости от полярности измеряемого напряжения (рис. 2). В течение опорного такта  $T_p$  вход интегрирующего усилителя подключен с помощью ключа к источнику опорного напряжения (12). Наличие положительного или отрицательного опорного тактов определяется в конце времени интегрирования путем измерения и запоминания полярности интеграла напряжения в накопителе полярности для широтной импульсной модуляции. Новое состояние накопителя записывается только в последующем измерительном такте опять в конце времени интегрирования.

Опорный такт  $T_p$  соответствующей полярности и пустой такт  $T_r$  являются производными от

double integration in the feedback loop. The integration capacitance is switchable in order to adjust peak gain for the individual ranges.

The output of the DC amplifier (7) passes to precision resistive dividers (9) which are controlled by means of the range and function selector switch (10), and to an analog-to-digital converter and to the separate recorder output (24). The output voltage for maximum readout is 2 V in each range.

The A/D converter, which operates on the basis of double integration, is designed primarily with regard to optimum filtering of the white noise of the signal at a measuring accuracy of 0.1%. For double integration, the input of the integrating amplifier (13) obtains the voltage during the integration cycle  $T_i$  from the output of the DC amplifier (7) via the switch (11). The output voltage of the integrating amplifier (13) increases or decreases linearly, depending on the polarity of the measured voltage (Fig. 2). During the reference cycle  $T_p$ , the input of the integrating amplifier is connected to the reference voltage supply (12). A positive or a negative reference cycle is determined at the end of the integration period of time by measuring and storing (in the polarity store) the polarity of the resulting integration voltage for pulse-width modulation. The new state of the store is entered during the next measuring cycle again at the end of the integration period.

The reference cycle  $T_p$  of the appropriate polarity and an idle cycle  $T_r$  are derived from the

Obr. 1 - Blokové schéma

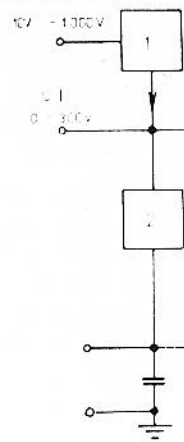


Рис. 1 - Блок-схема

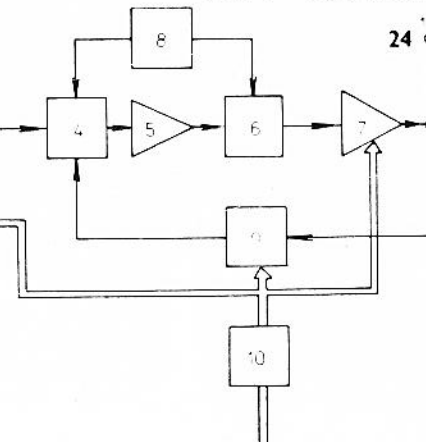
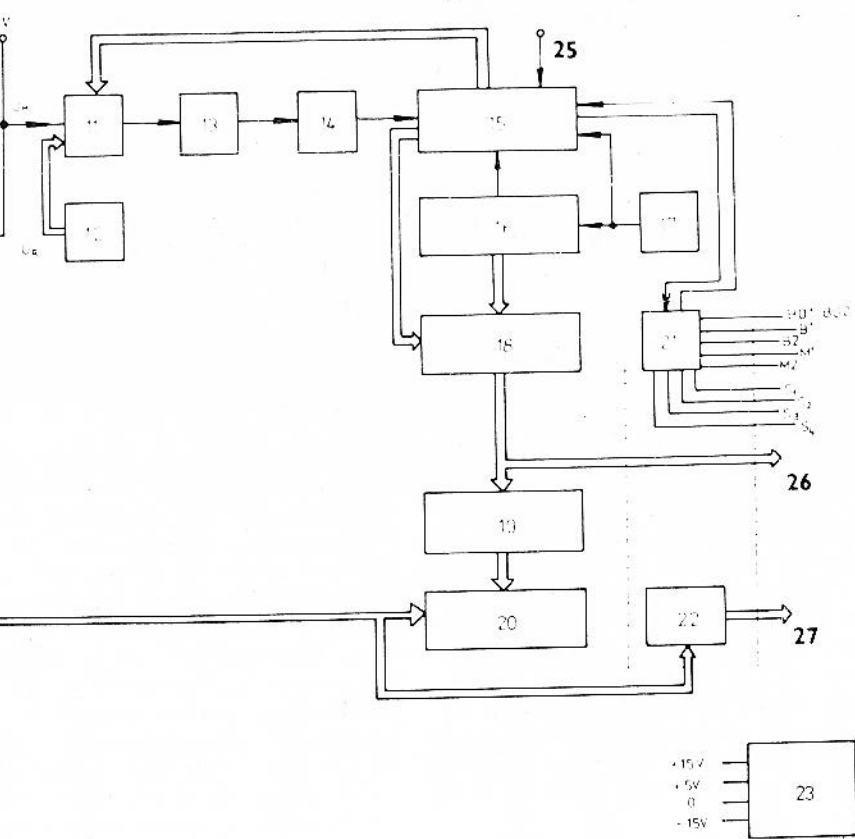


Fig. 1 - Block diagram



- 1 - vstupní dělič pro měřené napětí 10 V až 1000 V
- 2 - předřadné odpory pro měření proudu
- 3 - vypínatelný filtr
- 4 - modulátor
- 5 - střídavý zesilovač
- 6 - synchronní detektor
- 7 - stejnosměrný zesilovač - dvojnásobný integrátor
- 8 - oscilátor
- 9 - přesné zpětnovazební děliče
- 10 - přepínač rozsahů a funkce
- 11 - spínače
- 12 - zdroj referenčního napětí obou polarit
- 13 - integrační zesilovač
- 14 - komparátor

- 1 - входной делитель для измеряемых напряжений 10 В - 1000 В
- 2 - гасящие сопротивления для измерения тока
- 3 - выключаемый фильтр
- 4 - модулятор
- 5 - усилитель переменного тока
- 6 - синхронный детектор
- 7 - усилитель постоянного тока - двойной интегратор
- 8 - автогенератор
- 9 - точные делители обратной связи
- 10 - переключатель пределов и режима работы
- 11 - ключи
- 12 - источник опорного напряжения любой полярности
- 13 - интегрирующий усилитель
- 14 - компаратор

- 1 - Input divider for measured voltages from 10 V to 1000 V
- 2 - Series resistors for current measurements
- 3 - Switchable filter
- 4 - Modulator
- 5 - AC amplifier
- 6 - Synchronous detector
- 7 - DC amplifier - double integrator
- 8 - Oscillator
- 9 - Precision feedback dividers
- 10 - Range and function selector switch
- 11 - Switches
- 12 - Reference voltage supply of both polarities
- 13 - Integrating amplifier
- 14 - Comparator



- 15 - řídicí logika
- 16 - čítač
- 17 - taktovací generátor
- 18 - vyrovnávací paměť
- 19 - dekodér - převod z BCD kódu 8421 na kód 1 ze sedmi
- 20 - indikační panel
- 21 - jednotka IMS
- 22 - dekodér rozsahu a funkce
- 23 - napájecí zdroj
- 24 - výstup na zapisovač
- 25 - zkratovací svorka (paměť)
- 26 - digitální výstup
- 27 - data IMS

taktu a ze stabilizovaného signálu komparace v příslušných logických obvodech řídicí logiky (15). V době prázdného taktu  $T_r$  integrátor pracuje jako paměť chybové úrovně komparace. Tímto způsobem se provádí automatická kompenzace nulové úrovně komparátoru. Integrační zesilovač (13) a komparátor (14) jsou navrženy tak, že pracují s optimálním rozkmitem měřeného napětí. Tepelné změny odporu v MOS FET spínače v integračním a referenčním taktu se vzájemně kompenzují. V analogově číslicovém modulátoru dochází k transformaci měřeného napětí na impulsově šířkově modulovaný signál  $T_p$  k řízení činnosti čítače (16).

Měřené napětí

$$U_x = K_p \frac{T_i}{T_p} \quad (1)$$

$$\text{kde } K_p = U_{ref} \cdot \frac{R_{ref.}}{R_{měř.}}$$

Periody  $T_i$  a  $T_p$  měříme počtem elementárních časových kvant odvozených z taktovacího generátoru. Přitom integrační doba je celým násobkem elementárního časového kvanta (obr. 3a, 3b)

$$T_i = N_i \cdot \Delta T$$

- 15 - управляющая логика
- 16 - счетчик
- 17 - тактовый генератор
- 18 - буферный накопитель
- 19 - декодирующее устройство - переход от кода BCD 8421 в код 1 из 7
- 20 - панель индикации
- 21 - блок ИИС
- 22 - декодирующее устройство предела и режима
- 23 - источник питания
- 24 - выход для самописца
- 25 - короткозамыкающая перемычка (накопитель)
- 26 - цифровой выход
- 27 - данные ИИС

сигнала интегрирующего такта и от стабилизированого сигнала сравнения соответствующих логических схем управляющей логики (15). Во время пустого такта  $T_r$  интегратор работает в качестве накопителя уровня ошибки сравнения. Таким образом, осуществляется автоматическая компенсация нулевого уровня компаратора. Интегрирующий усилитель (13) и компаратор (14) рассчитаны так, чтобы они работали с оптимальным размахом измеряемого напряжения. Температурные изменения сопротивления ключа MOSFET в интегрирующем и опорном тактах взаимно компенсируются. В аналого-цифровом преобразователе имеет место преобразование измеренного напряжения в широтно-модулируемый импульсный сигнал  $T_p$ , предназначенный для управления работой счетчика (16).

Измеренное напряжение

$$U_x = K_p \frac{T_i}{T_p} \quad (1)$$

где

$$K_p = U_{опор.} \cdot \frac{R_{опор.}}{R_{изм.}}$$

Периоды  $T_i$  и  $T_p$  измеряются количеством элементарных интервалов времени, вырабатываемых в тактовом генераторе. При этом время интегрирования является целым значением элементарного интервала времени (рис. 3а, 3б)

$$T_i = N_i \cdot \Delta T$$

- 15 - Control logic circuitry
- 16 - Counter
- 17 - Cycling generator
- 18 - Buffer store
- 19 - Decoder - converter of the BCD code 8421 to the code „1 of 7“
- 20 - Display
- 21 - IMS unit
- 22 - Range and function decoder
- 23 - Power supply
- 24 - Recorder output
- 25 - Shorting terminal (store)
- 26 - Digital output
- 27 - Data IMS

integration cycle signal and from the stabilized comparison signal in the pertaining logic circuits of the control logic circuitry (15). During the idle cycle  $T_r$ , the integrator operates as a store of the comparison error level. In this manner, automatic compensation of the zero level of the comparator is carried out. The integrating amplifier (13) and the comparator (14) are designed to operate with optimum amplitude of the measured voltage. Thermal resistance changes of the switching MOSFET during the integration and the idle cycles mutually compensate each other. The transformation of the measured voltage into a pulse-width modulated signal  $T_p$  takes place in the analog/digital modulator; the result serves for controlling the operation of the counter (16).

The measured voltage

$$U_x = K_p \frac{T_i}{T_p} \quad (1)$$

$$\text{where } K_p = U_{ref.} \cdot \frac{R_{ref.}}{R_{meas.}}$$

The time periods  $T_i$  and  $T_p$  are measured by the number of elementary time quanta derived from the cycling generator. The integration time is always an integral multiple of the elementary time quantum (Figs. 3a, 3b).

The integration time period

$$T_i = N_i \cdot \Delta T$$

kde  $\Delta T \dots$  je elementární časové kvantum - konstanta

$N_i \dots$  je číslo naplnění čítače při integraci - konstanta

Šířka impulsu  $T_p$  má dvě složky. Složku, která se rovná celému násobku  $N_p$  elementárního časového kvanta  $\Delta T$  a zbytku menšího než elementární kvant  $\Delta t_z < \Delta T$ .

$$T_p = N_p \cdot \Delta T + \Delta t_z$$

Zbytková složka  $\Delta t_z$  je závislá na velikosti měřeného napětí. Z hlediska hazardu nesprávného čtení stavu čítače je nebezpečný stav  $\Delta t_z = 0 + \delta$  a  $\Delta t_z = \Delta T - \delta$ , kde  $\delta$  je libovolně malé kladné číslo větší než 0. Při hazardním stavu je výsledek čtení stavu čítače do vyrovnání paměti neplatný, proto vznik tohoto stavu musíme vyloučit. Vyloučení hazardu zajišťujeme synchronizací asynchronní komparace na nástupní hranu hodinových impulsů, a to:

a) posunutím synchronní komparace vůči asynchronní o časový interval  $(\Delta t_0 - \Delta t_z)$  pro  $\Delta t_z < \Delta t_0 < \Delta T$  (obr. 3a)

b) posunutím synchronní komparace vůči asynchronní a časový interval  $[(\Delta T - \Delta t_z) + \Delta t_0]$  pro  $\Delta t_0 < \Delta t_z < \Delta T$  (obr. 3b)

V případě „b“ po asynchronní komparaci nejprve nastane zvětšení stavu čítače a pak synchronní komparace, čtení do vyrovnávací paměti. Kromě vyloučení hazardních stavů tento způsob umožňuje výhodnou metodu indikace přetížení.

где  $\Delta T \dots$  элементарный интервал времени - постоянная

$N_i \dots$  число, определенное счетчиком при интегрировании - постоянная

Длительность импульса  $T_p$  имеет две составляющие. Составляющую, которая равна целому кратному  $N_p$  элементарного интервала времени  $\Delta T$  и остатку, который меньше элементарного интервала  $\Delta t_z < \Delta T$ .

$$T_p = N_p \cdot \Delta T + \Delta t_z$$

Остаточная составляющая  $\Delta t_z$  зависит от величины измеряемого напряжения. С точки зрения неопределенности правильного отсчета состояния счетчика опасным является состояние  $\Delta t_z = 0 + \delta$  и  $\Delta t_z = \Delta T - \delta$ , где  $\delta$  - любое малое положительное число больше 0. При неопределенном состоянии результат отсчета состояния счетчика до выравнивания накопителя является неправильным, поэтому возникновение такого состояния должно быть исключено. Исключение неопределенности обеспечивается синхронизацией асинхронного сравнения по переднему фронту управляющих импульсов, а именно:

a) путем сдвига синхронного сравнения относительно несинхронного на интервал времени  $(\Delta t_0 - \Delta t_z)$  для  $\Delta t_z < \Delta t_0 < \Delta T$  (см. рис. 3a),

б) путем смещения синхронного сравнения относительно асинхронного на интервал времени  $[(\Delta T - \Delta t_z) + \Delta t_0]$  для  $\Delta t_0 < \Delta t_z < \Delta T$  (см. рис. 3б).

В случае б) после несинхронного сравнения сначала имеет место увеличение состояния счетчика, а затем имеет место синхронное сравнение, перевод в буферный накопитель. Кроме исключения неопределенных состояний этот способ позволяет использовать целесообразный метод индикации перегрузки.

where  $\Delta T \dots$  is the elementary time quantum which is a constant, and

$N_i \dots$  is the full number of the counter and is a constant.

The duration of the pulse  $T_p$  has two constituents: A main component, which is equal to the integral multiple  $N_p$  of the elementary time quantum  $\Delta T$  and a remainder which is smaller than one elementary quantum  $\Delta T$ , i. e.  $\Delta t_z < \Delta T$ .

Thus,  $T_p = N_p \cdot \Delta T + \Delta t_z$

The remainder  $\Delta t_z$  depends on the magnitude of the measured voltage. From the viewpoint of the hazard of incorrect reading of the state of the counter, the states  $\Delta t_z = 0 + \delta$  and  $\Delta t_z = \Delta T - \delta$  are dangerous. The character  $\delta$  designates any positive small number larger than 0. At the hazardous state, the result of reading of the state of the counter up to the compensating of the store is not valid, therefore the occurrence of this state must be precluded. Incorrect readout hazard is eliminated by synchronizing the asynchronous comparison to the rising edge of the clock pulses, i. e.:

a) by shifting the synchronous comparison with regard to the asynchronous one by a time interval  $(\Delta t_0 - \Delta t_z)$  for  $\Delta t_z < \Delta t_0 < \Delta T$  (see Fig. 3a).

b) by shifting the synchronous comparison with regard to the asynchronous one by a time interval  $[(\Delta T - \Delta t_z) + \Delta t_0]$  for  $\Delta t_0 < \Delta t_z < \Delta T$  (see Fig. 3b).

In the case b), after asynchronous comparison, first the state of the counter increases and then synchronous comparison and reading into the buffer store (18) take place. In addition to the elimination of hazardous states, this method enables the indication of overloading in an advantageous manner.





Po obvodové stránce se synchronizace asynchronní komparace realizuje klopným obvodem typu D tak, že na výstup klopného obvodu D se přenesou stav asynchronní komparace nástupní hranou hodinových impulsů s prodlevou  $\Delta t_0$  a opakovací periodou  $\Delta T$ .

Výstupní informace z vyrovnávací paměti je v kódu BCD, což umožňuje přímé spojení na převodník sedmisegmentového kódu a zároveň slouží jako digitální výstup pro možnost zapojení do IMS. Dekodér přímo řídí segmentovky na indikačním panelu. Ovládání desetinné tečky na segmentovkách displeje je provedeno přes dekodér z přepínače rozsahů a funkce. Na displeji je dále indikována polarita měřeného napětí a délka trvání měřicího taktu.

Řídicí logika je řešena tak, že umožňuje zapamatovat si na neomezenou dobu měřenou hodnotu až do vypnutí přístroje. Zapamatování je možno vyvolat přivedením úrovně log. 0 (zkrat k vyvedeným svorkám označeným „PAMĚŤ“) a zrušit napětím log. 1.

Řídicí logika dále obsahuje obvody, které zajišťují součinnost s jednotkou interfejsu IMS-1. Na zadním panelu přístroje jsou spínače S1, S2, S3, S4(21), které v různých kombinacích umožňují jednorázový cyklický podmíněný zápis a různé stupně řídicích vazeb pomocí signálů B1, B2, M1, M2.

Dekodér rozsahu a funkce převádí informace o zařazeném rozsahu, funkci přístroje (měření napětí nebo proudu) a o polaritě měřené veličiny na informaci v BCD kódu 8421 potřebné pro IMS.

Со схемной точки зрения синхронизация асинхронного сравнения осуществляется с помощью триггера типа D так, что на выходе триггера D обеспечивается состояние асинхронного сравнения по переднему фронту управляющих импульсов с задержкой  $\Delta t_0$  и с периодом повторения  $\Delta T$ .

Выходная информация буферного накопителя дается в коде BCD, что дает возможность прямого подключения к декодирующему устройству один из семи и одновременно цифровой выход может быть использован для работы в системе ИИС. Декодирующее устройство прямо управляет семью сегментными дисплеями на панели индикации. Управление десятичным знаком на дисплее осуществляется с помощью декодирующего устройства от переключателя пределов и режима работы. На дисплее далее показана полярность измеренного напряжения и длительность измерительного интервала.

Управляющая логика дает возможность запомнить на неограниченное время измеренное значение вплоть до выключения прибора. Запоминание можно осуществить путем подачи логического нуля (короткое замыкание выведенных зажимов, обозначенных «Запоминание») и снять с помощью напряжения лог. 1.

Управляющая логика далее содержит цепи, обеспечивающие совместную работу с блоком интерфейса ИИС-1. На задней панели прибора имеются ключи S1, S2, S3, S4 (21), которые в различных комбинациях позволяют осуществлять однократную, циклическую, условную записи различной степени управляющих связей, осуществляемых с помощью сигнала B1, B2, M1, M2.

Декодирующее устройство предела и режима работы преобразует информации о включенном пределе и режиме прибора (измерение напряжения или тока) и о полярности измеряемой величины в информацию в коде BCD 8421, которая необходима для системы ИИС.

As far as circuitry is concerned, synchronization of the asynchronous comparison is accomplished by a D-type flip-flop in such a manner that the state of the asynchronous comparison on the output of this D flip-flop is effected by the rising edge of the clock pulses with a delay of  $\Delta t_0$  and the repetition cycle  $\Delta T$ .

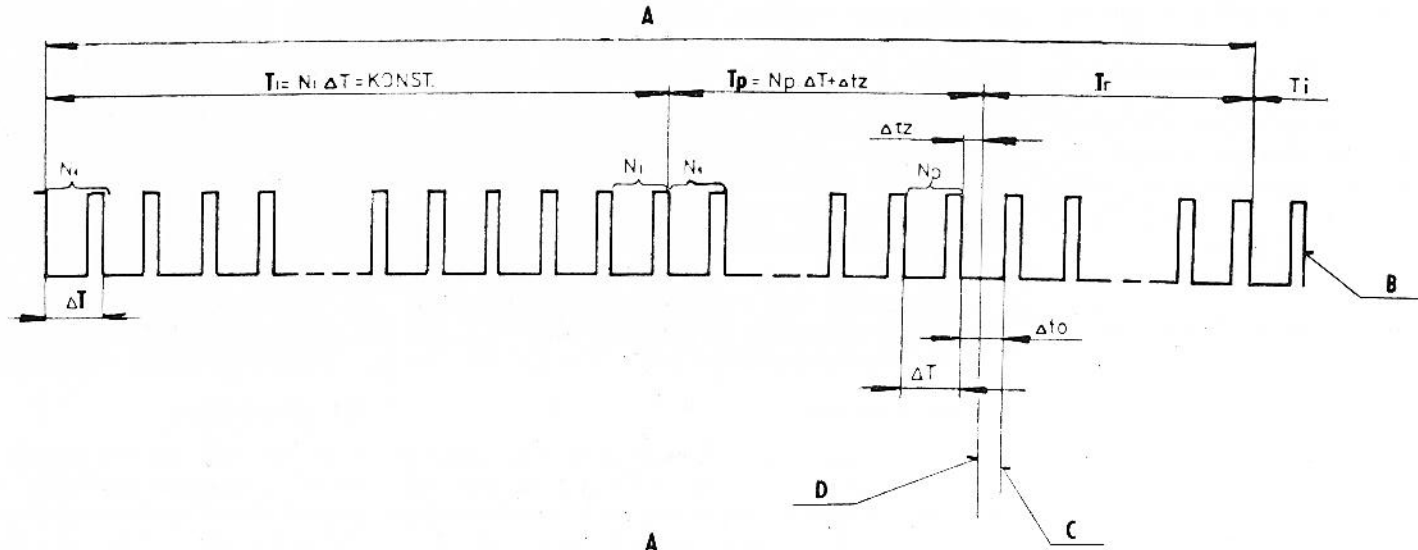
The output information from the buffer store is in the BCD code, thus direct connection to the converter of the 7-segment code is possible and simultaneously it is applicable also as an output for use in an automatic IMS system. The decoder actuates directly the 7 segment number indicators of the display (20). The positioning of the decimal point is accomplished via the decoder by means of the range and function selector switch (10). On the display are indicated also the polarity of the measured voltage and the duration of the measuring cycle. The control logic circuitry (15) is designed so that it enables unlimited storage of the measured value up to switching off of the instrument. Storage can be evoked by the application of log. 0 (shorting of the terminals marked STORE) and cancelled by a voltage of log. 1.

The control logic circuitry contains circuits which ensure co-operation with an interface IMS-1. On the back panel of the BM 545 instrument are switches S1, S2, S3 and S4 which by different combinations enable one-shot, cyclic, conditional recording and various steps of control coupling with the aid of B1, B2, M1, M2 signals.

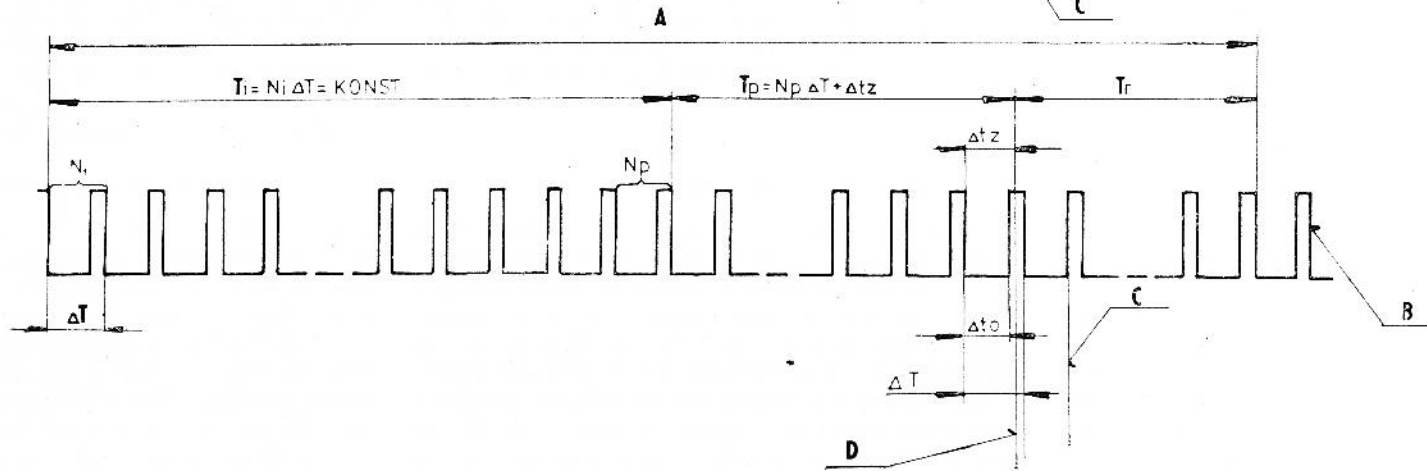
The range and function decoder (22) converts information about the set range, function of the instrument (voltage or current measurement) and about the polarity of the measured variable into information in the BCD code 8421 which is required for an IMS system.



Obr. 3a  
Рис. 3a  
Fig. 3a



Obr. 3b  
Рис. 3b  
Fig. 3b



A - úplný měřicí takt  
B - hodinové impulsy z taktovacího generátoru  
C - okamžik zápisu do vyrovnání paměti  
D - okamžik komparace

A - полный такт измерения  
B - тактовые импульсы от тактового генератора  
C - момент ввода в буферный накопитель  
D - момент сравнения

A - Complete measuring cycle  
B - Clock pulses from the cycling generator  
C - Instant of reading into the buffer store  
D - Instant of comparison

Pro napájení přístroje jsou použity stabilizátory napětí s dobrou filtrací. Všechny obvody jsou řešeny na plovoucí zemi s odpovídající izolací.

Při měření proudu zařazujeme na vstup přístroje odpory (2), voltmetrem měříme úbytek napětí vzniklý protékajícím proudem přes zařazený odpor.

## 5. POKYNY PRO VYBALENÍ A PŘÍPRAVU PŘÍSTROJE K PROVOZU

### 5.1. Vybalení

Přístroj postupně vybalíme a pokud byl skladován v takové teplotě, že by mohl přejít rosným bodem, je nutno jej ponechat aklimatizovat. Doporučujeme, abyste si balení, ve kterém Vám byl přístroj předán, uschovali pro případnou přepravu přístroje.

### 5.2. Příprava k provozu

Přístroj nevyžaduje žádných zásahů před uvedením do chodu a po vybalení je okamžitě schopen používání. Před připojením přístroje k síťovému napětí se přesvědčíme, zda je přístroj připojen na správné síťové napětí. Připojení se provádí voličem napětí, který je umístěn na zadní straně přístroje. Vyšroubujeme šroub uprostřed voliče napětí, kotouč povytáhneme a natočíme tak, aby číslo udávající správné síťové napětí bylo pod trojúhelníkovou značkou. Šroub opět zašroubujeme, a tím kotouček zajistíme. Z výrobního závodu je přístroj přepojen na síťové napětí 220 V.

Для питания прибора использованы стабилизаторы напряжения с хорошей фильтрацией. Все цепи выполнены с плавающей землей и соответствующей изоляцией.

При измерении тока на вход прибора включаются гасящие сопротивления, вольтметром измеряется падение напряжения, вызванное протекаемым током через включенное гасящее сопротивление.

## 5. УКАЗАНИЯ ПО РАСПАКОВКЕ, СБОРКЕ И ПОДГОТОВКЕ ПРИБОРА К ЭКСПЛУАТАЦИИ

### 5.1. Распаковка

Прибор следует распаковать, и если он хранился при температуре, при которой на нем могла образоваться роса, то его необходимо оставить для акклиматизирования. Рекомендуется сохранить тару, в которой прибор был поставлен, для возможной его последующей транспортировки.

### 5.2. Подготовка к эксплуатации

Прибор не нуждается ни в каких вмешательствах перед пуском в ход и после распаковки он готов для непосредственной эксплуатации. Перед подключением прибора к сети необходимо убедиться в том, что он переключен на правильное напряжение сети. Переключение осуществляется переключателем напряжения, установленным на задней стенке прибора. Вывинтить винт в центре переключателя напряжения, диск выдвинуть и повернуть его так, чтобы число, определяющее правильное напряжение сети, находилось против треугольной метки. Винт снова завинтить, в результате чего диск фиксируется. На заводе-изготовителе прибор переключен на напряжение сети 220 В.

For powering, the instrument employs voltage stabilizers with good filtering. All the circuits are designed for operation with floating earth and are insulated accordingly.

For current measurement, resistors (2) are employed and the voltage drop produced across them by the flowing current is measured by the voltmeter.

## 5. INSTRUCTIONS FOR UNPACKING THE INSTRUMENT AND FOR ITS PREPARATION FOR USE

### 5.1. Unpacking

The BM 545 microvoltmeter-picoammeter has to be unpacked carefully and, if it has been stored under such conditions that moisture precipitation on it can be expected, then it must be acclimatized before being put in use. It is advisable to save the packing in which the instrument was delivered, for possible reuse at a later date for transport or storage.

### 5.2. Preparation for application

The instrument does not require any adjustment at all before being put into use; it is ready for carrying out measurements immediately after being unpacked. However, before connecting the instrument to the mains, it is essential to ensure that it is set to the available mains voltage. Switching-over, if necessary, is carried out by means of the voltage selector on the back panel of the instrument, as follows: After removing the screw which retains the selector disc, the latter has to be pulled out partially and turned so that the number indicating the available mains voltage appears below the triangular mark. Then, the disc has to be pushed home again and the retaining screw replaced. Each instrument is set by the makers for 220 V powering.



Přístroj nepotřebuje zvláštní uzemnění, protože kovové části přístroje přístupné dotykem jsou spojeny s ochrannou zemnicí svorkou tvořenou pláštěm přívodky. Při připojení přístroje třížilovou síťovou šňůrou k síťovému rozvodu je zajištěno jeho připojení k ochrannému vodiči. Není dovoleno bez patřičného opatření odpojovat ochranný vodič. Zkontrolujeme, zda je stlačeno tlačítko S4 (21) umístěné na zadním panelu.

## 6. NÁVOD K OBSLUZE A POUŽÍVÁNÍ

### 6.1. Bezpečnostní opatření

Přístroj je konstruován v bezpečnostní třídě I dle ČSN 35 6501. Kovové části přístupné dotykem jsou určeny k připojení na ochranný vodič a izolace pod síťovým napětím vyhovuje uvedené normě.

### 6.2. Uspořádání ovládacích prvků

- 1 - Indikační panel  
Indikuje čtyřmístný údaj měření, polaritu, desetinnou tečku a délku měřicího taktu. Nejnižší řád je vpravo.
- 2 - Tlačítko „filtr“  
Stlačením tlačítka je zapojen na vstup filtr potlačující rušivé napětí síťové frekvence 50 Hz.
- 3 - Tlačítko vstupního odporu 100 kΩ/∞  
Při nestlačeném tlačítku je vstupní odpor mikrovoltmetru 100 kΩ. Při stlačeném tlačítku je vstupní odpor mikrovoltmetru uveden v technických údajích (kapitola 3.1.).

Прибор не нуждается в специальном заземлении, так как металлические части прибора, доступные прикосновению, соединены с защитным заземляющим зажимом, образованным внешней оболочкой сетевого гнезда. При подключении прибора с помощью трехжильного сетевого шнура к сети обеспечивается его соединение с защитным проводом. Не допускается без требуемого мероприятия отключить защитный провод. Необходимо убедиться в том, что нажата кнопка S4 (21) на задней панели.

## 6. ИНСТРУКЦИЯ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ ПРИБОРА

### 6.1. Правила техники безопасности

Прибор сконструирован по классу безопасности 1 по предписаниям МЭК. Металлические части, доступные прикосновению, предназначены для подключения к защитному проводу и изоляция частей, находящихся под напряжением сети, удовлетворяет указанный стандарт.

### 6.2. Расположение элементов управления

- 1 - панель индикации  
Служит для индикации четырехразрядного результата измерений, полярности, десятичного знака и длительности измерительного цикла. Младший разряд расположен направо.
- 2 - кнопка «Фильтр»  
Путем нажатия на кнопку включается на входе фильтр, подавляющий мешающее напряжение частоты 50 Гц.
- 3 - кнопка входного сопротивления 100 кОм/∞  
При ненажатой кнопке входное сопротивление микровольтметра равно 100 кОм. При нажатой кнопке имеет место входное сопротивление микровольтметра, указанное в технических данных (п. 3.1.).

The BM 545 microvoltmeter - picoammeter does not require earthing, as all its metal parts accessible to the touch are bonded and connected to the protective earth terminal formed by the screening of the mains connector. When the instrument is connected to the mains by means of the supplied 3-core cord, it is connected to the protective conductor which must not be interrupted unless the appropriate safety measures are taken. It is necessary to depress the push-button marked S4 (21) on the back panel.

## 6. INSTRUCTIONS FOR ATTENDANCE AND USE OF THE INSTRUMENT

### 6.1. Safety measures

The BM 545 microvoltmeter - picoammeter is designed to meet the stipulations for Class I. intrinsic safety according to the Czechoslovak Standard ČSN 35 6501, in conformity with the pertaining IEC Recommendation (Publication No. 348, 1971). All metal parts accessible to the touch are prepared for connection to the protective mains conductor and their insulation is in accordance with the conditions set forth in the quoted Standard.

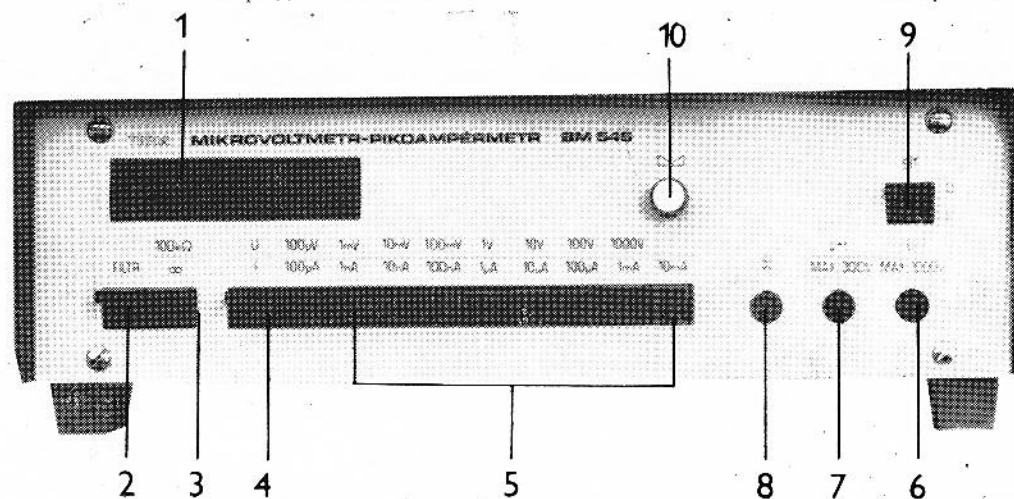
### 6.2. Layout of the controls

- 1 - Display  
Indicates 4-digit results of measurements, the polarity, decimal point and measuring cycle duration. The lowest order is at the right.
- 2 - Push-button switch FILTER  
When this push-button is depressed, the input filter for suppressing interfering voltages of the mains frequency of 50 Hz operates.
- 3 - Push-button change-over switch „100 kΩ/∞“  
When this push-button is not depressed, the input resistance of the microvoltmeter is 100 kΩ; when it is depressed, the resistance is as given in the Table in item 3.1.

Přední panel

Передняя панель

Front panel



Obr. 4    Рис. 4    Fig. 4

- 4 - Tlačítko funkce U I  
Při nestlačeném tlačítku je přístroj ve funkci voltmetru. Při stlačeném tlačítku je přístroj ve funkci ampérmetru.
- 5 - Tlačítka pro přepínání rozsahů  
Stlačením příslušného tlačítka se zařadí požadovaný rozsah.
- 6 - Vstupní svorka max. 1000 V  
Svorka pro připojení měřeného napětí, které je větší než 300 V.
- 7 - Vstupní svorka U I  
Svorka pro připojení měřeného napětí, které je menší než 300 V a měřeného proudu pro celý měřicí rozsah
- 8 - Svorka plovoucí země  $\perp$   
Svorka oddělená od kostry přístroje kapacitou 68 000 pF a odporem  $10^9 \Omega$ . Max. plovoucí napětí 250 V<sub>ss</sub>.
- 9 - Vypínač „SÍŤ“  
Stlačením je síť zapnutá.
- 10 - Nula „U“  
Tímto prvkem se nastavuje nula voltmetru na nejcitlivějších rozsazích.

- 4 - кнопка режима работы U, I  
При ненажатой кнопке прибор работает в качестве вольтметра. При нажатой кнопке прибора работает в качестве амперметра.
- 5 - кнопка для переключения пределов  
При нажатии на соответствующую кнопку включается требуемый предел.
- 6 - входной зажим макс. 1000 В  
Зажим для подключения измеряемого напряжения по вольтметру более 300 В.
- 7 - входной зажим U - I  
Зажим для подключения измеряемого напряжения на вход вольтметра менее 300 В и измеряемого тока для всего диапазона измерений.
- 8 - зажим плавающей земли  $\perp$   
Зажим, отделенный от корпуса прибора емкостью 68 000 пФ и сопротивлением  $10^9 \Omega$ . Макс. плавающее напряжение 250 В пост.
- 9 - выключатель «Сеть»  
При нажатии включено питание от сети
- 10 - ноль «U»  
Этим элементом устанавливается ноль вольтметра на самых чувствительных пределах.

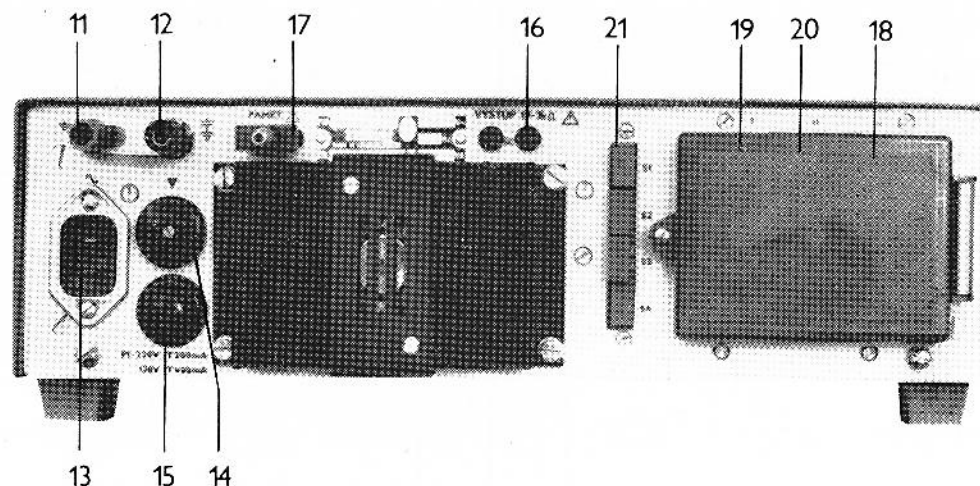
- 4 - Push-button change-over switch U I  
When this push-button is not depressed, the instrument operates as a voltmeter; when it is depressed, the instrument operates as an ammeter.
- 5 - Push buttons for range selection  
The required range is selected by depressing the appropriate push-button.
- 6 - Input terminal MAX. 1000 V  
Terminal for the connection of a voltage to be measured which is higher than 300 V.
- 7 - Input terminal U I  
Terminal for the connection of a voltage to be measured which is lower than 300 V, and of a current to be measured within the whole range.
- 8 - Floating earth terminal  $\perp$   
Terminal of 68,000 pF capacitance and  $10^9 \Omega$  insulation resistance, separated from the framework of the instrument. Maximum floating voltage 250 V DC.
- 9 - Master switch MAINS  
When this push-button is depressed, the instrument is powered by the mains.
- 10 - Zero setting U  
Serves for zero setting of the voltmeter when the most sensitive ranges are selected.



Zadní panel

Задняя панель

Back panel



Obr. 5    Рис. 5    Fig. 5

11 - Zemnicí svorka  
Svorka spojená s kostrou přístroje

12 - Svorka plovoucí země  
Svorka shodná se svorkou 8

13 - Síťová přívodka

14 - Volič síťového napětí

15 - Pojistka P1  
0,2 A pro napětí 220 V~ a 0,4 A pro napětí 120 V~

16 - Analogový výstup 0 až 2 V

17 - Paměť  
Zkratováním svorek nastane zapamatování měřené hodnoty na neomezenou dobu až do vypnutí přístroje nebo do odstranění zkratu

18 - Konektor III  
Zapojení konektoru v souladu s interfejsem IMS-1  
Zapojení jednotlivých kontaktů viz tabulka:

11 - заземляющий зажим  
Зажим, соединенный с корпусом прибора

12 - зажим плавающей земли  
Зажим, аналогичный зажиму 8

13 - сетевое гнездо

14 - переключатель напряжения сети

15 - предохранитель P1  
0,2 A для напряжения 220 В перем. и 0,4 A для напряжения 120 В перем.

16 - аналоговый выход 0 - 2 В

17 - запоминающая схема  
При закорачивании зажимов запоминается измеренное значение на неограниченное время, т. е. до выключения прибора или до устранения короткого замыкания.

18 - разъем III  
Схема разъема соответствует правилам Интерфейс ИИС-1.  
Назначение отдельных контактов дано в таблице:

11 - Earth terminal  
Terminal connected to the framework of the instrument.

12 - Floating earth terminal  
Terminal having the same properties as terminal 8.

13 - Mains connector




14 - Mains voltage selector

15 - Mains fuse P1  
Rating: 0.2 A for 220 V AC, or 0.4 A for 120 V AC

16 - Analog output 0 to 2 V

17 - STORE  
By short-circuiting these terminals, the measured value becomes stored for an unlimited length of time, until switching-off of the instrument or removal of the short circuit.

18 - Connector III.  
This connector is wired according to the interface IMS-1. The significance of the individual contacts is given in the following Table:

Kontakt	Význam	Symbol	Poznámka	
1 2 3 4	Povelové signály	(B0)/1 (B0)/2	log. 0	N <sub>in</sub> 1
		(B1) (B2)	log. 1  log. 0	N <sub>in</sub> 1
5 6	Kontrolní signály	(M1)	log. 1  log. 0	N <sub>out</sub> 10
		(M2)	 log. 1 log. 0	N <sub>out</sub> 10

19 - Konektor I

Digitální výstup  
Zapojení kontaktů viz tabulka:

Kontakt	Přiřazení	Pozn.	Kontakt	Přiřazení	Pozn.			
1 2 3 4	A B C D	1 1. Dekáda	17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28	Neobsazeno				
5 6 7 8	A B C D	1 2. Dekáda						
9 10 11 12	A B C D	1 3. Dekáda						
13 14 15 16	A } } }	1 4. Dekáda Kostra přístroje				29 30 31 32	Kostra přístroje	

Nejnižší řád je první dekáda. 4. dekáda je neúplná a má stavy 0 a 1.

20 - Konektor II

Výstupní informační signály v souladu s interfejsem IMS-1. Zapojení kontaktů viz tabulka:

20

Контaкт	Назначение	Сим-вол	Примечание	
1 2 3 4	Командные сигналы	(B0)/1 (B0)/2	лог. 0	N <sub>in</sub> 1
		(B1) (B2)	лог. 1  лог. 0	N <sub>in</sub> 1
5 6	Контрольные сигналы	(M1)	лог. 1  лог. 0	N <sub>out</sub> 10
		(M2)	 лог. 1 лог. 0	N <sub>out</sub> 10

19 - разъем I




Цифровой выход  
Схема контактов - см. таблица:

Контaкт	Соответствие	Примечание	Контaкт	Соответствие	Примечание			
1 2 3 4	A B C D	11-я декада	17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28	не занято				
5 6 7 8	A B C D	12-я декада						
9 10 11 12	A B C D	13-я декада						
13 14 15 16	A } } }	14-я декада корпус прибора				29 30 31 32	корпус прибора	

Младший разряд - это первая декада, 4-я декада является неполной и имеет состояния 0 и 1.

20 - разъем II

Выходные информационные сигналы в соответствии с Интерфейс ИИС-1. Назначение контактов дано в таблице:

Contact	Significance	Symbol	Notes	
1 2 3 4	Command signals	(B0)/1 (B0)/2	log. 0	N <sub>in</sub> 1
		(B1) (B2)	log. 1  log. 0	N <sub>in</sub> 1
5 6	Control signals	(M1)	log. 1  log. 0	N <sub>out</sub> 10
		(M2)	 log. 1 log. 0	N <sub>out</sub> 10

19 - Connector I.

Digital output.  
The significance of the individual contacts is given in the following Table:

Contact	Allotment	Notes	Contact	Allotment	Notes			
1 2 3 4	A B C D	1 Decade 1.	17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28	Not used				
5 6 7 8	A B C D	1 Decade 2.						
9 10 11 12	A B C D	1 Decade 3.						
13 14 15 16	A } } }	1 Decade 4. Framework of the instrument				29 30 31 32	Framework of the instrument	

The lowest order is the first decade. The 4th decade is incomplete and its states are 0 and 1.

20 - Connector II.

Output information signals according to the interface IMS-1. The significance of the individual contacts is given in the following Table:



Kontakt	Přiřazení	Vyjádření v BCD kódu 8421				
		1 A	2 B	4 C	8 D	
1 2 3 4	Neobsazeno					
5 6 7 8	A   Znaménko údaje Kostra přístroje	0 1	0 0	0 0	0 0	pro kladnou polaritu pro zápornou polaritu
9 10 11 12	Neobsazeno					
13 14 15 16	A   Charakte- ristika (řád) B C D	0 1 0 1	0 0 1 1	0 0 0 0	0 0 0 0	Odpovídá řádu $10^0$ Odpovídá řádu $10^{-1}$ Odpovídá řádu $10^{-2}$ Odpovídá řádu $10^{-3}$
17 18 19 20	A   Multipli- kační koeficient měrné jednotky B C D	1 0 1 0	0 0 1 0	1 1 0 0	0 0 0 0	l mili mikro nano piko
21 22 23 24	A   Základní měrná jednotka B C D	1 0	0 1	0 0	0 0	volty ampéry
25 26 27 28	A   Znaménko charakte- ristiky B C D	1	0	0	0	znak „ - ”
29 30 31 32	Kostra přístroje					

Контакт	Назначение	Выражение в виде кода				
		1 A	2 B	4 C	8 D	
1 2 3 4	не занято					
5 6 7 8	A   знак показа- ния корпус прибора	0 1	0 0	0 0	0 0	для положительной полярности для отрицательной полярности
9 10 11 12	не занято					
13 14 15 16	A   характе- ристика (разряд) B C D	0 1 0 1	0 0 1 1	0 0 0 0	0 0 0 0	соответствует разряду $10^0$ соответствует разряду $10^{-1}$ соответствует разряду $10^{-2}$ соответствует разряду $10^{-3}$
17 18 19 20	A   коэф- фициент умноже- ния единицы измерения B C D	1 0 1 0	0 0 1 0	1 1 0 0	0 0 0 0	l милли микро нано пико
21 22 23 24	A   основная единица измерения B C D	1 0	0 1	0 0	0 0	вольты амперы
25 26 27 28	A   знак харак- теристики B C D	1	0	0	0	знак « - »
29 30 31 32	корпус прибора					

Contact	Allotment	Notation in the BCD code 8421				
		1 A	2 B	4 C	8 D	
1 2 3 4	Not used					
5 6 7 8	A   Sign of the readout Framework of the instrument	0 1	0 0	0 0	0 0	For positive polarity For negative polarity
9 10 11 12	Not used					
13 14 15 16	A   Characte- ristic (order) B C D	0 1 0 1	0 0 1 1	0 0 0 0	0 0 0 0	Corresponds to order $10^0$ Corresponds to order $10^{-1}$ Corresponds to order $10^{-2}$ Corresponds to order $10^{-3}$
17 18 19 20	A   Multiplica- tion coeffi- cient of the measuring unit B C D	1 0 1 0	0 0 1 0	1 1 0 0	0 0 0 0	l milli micro nano pico
21 22 23 24	A   Basic measuring unit B C D	1 0	0 1	0 0	0 0	Volts Amperes
25 26 27 28	A   Sign of the characte- ristic B C D	1	0	0	0	Sign „ - ”
29 30 31 32	Framework of the instrument					

Tvar slova informace pro IMS

Znaménko údaje	Číselný údaj				Znaménko charakteristiky	Charakteristika	Multiplikační koeficient	Základní měrná jednotka
	4. dekáda	3. dekáda	2. dekáda	1. dekáda				

21 - Ovládací prvky IMS  
Tvoří přepínače S1, S4 a tlačítka S2, S3

**Přepínač S1** - v nestlačené poloze nejsou B1 a B2 vnitřně propojeny, řídicí signály se při provozu v systému musí přivádět na oba vstupy B1, B2. Ve stlačené poloze jsou vstupy B1 a B2 vnitřně propojeny. Funkce může být vyvolána přes kterýkoliv vstup (B1 či B2).

**Tlačítko S2** - stlačením se vyvolá jednorázové vybavení přístroje.

**Tlačítko S3** - jeho stlačení má stejný účinek jako přivedení signálu B0 - vynulování obvodů registrace B1 a B2, příprava pro přivedení signálů B1, B2.

**Přepínač S4** - v nestlačené poloze je pro funkci přístroje nutné přivádět na vstupy B1 a B2 taktovací impulsy, které musí vyhovět podmínkám IMS-1.

Ve stlačené poloze se připojuje taktovací generátor z mikrovoltmetru - pikoampérmetru BM 545.

Vstupy B1 a B2 jsou zablockovány. Není-li mikrovoltmetr - pikoampérmetr zapojen do měřicího systému, musí být tlačítko ve stlačené poloze.

Форма слова информации для ИИС:

Знак показания	Цифровая информация				Знак характеристики	Характеристика	Коэфф. умножения	Основная единица измерения
	4. декада	3. декада	2. декада	1. декада				

21 - элементы управления ИИС - образованы переключателями S1, S4 и кнопками S2, S3

**Переключатель S1** - в ненажатом положении B1 и B2 внутри не соединены, управляющие сигналы при работе в рамках системы должны подаваться на оба входа B1, B2. В нажатом положении входы B1 и B2 соединены друг с другом. Установка функции может осуществляться через любой вход (B1 или B2).

**Кнопка S2** - при нажатии на кнопку осуществляется однократное срабатывание прибора.

**Кнопка S3** - при ее нажатии происходит то же самое, как и при подаче сигнала B0 - установка нуля цепей регистрации B1 и B2, подготовка для подачи сигналов B1, B2.

**Переключатель S4** - в ненажатом положении для работы прибора следует на входы B1 и B2 подавать тактовые импульсы, которые должны удовлетворять условиям ИИС-1.

В нажатом положении включается тактовый генератор от микровольтметра - пикоамперметра BM 545.

Входы B1 и B2 заблокированы. Если микровольтметр - пикоамперметр не включен в измерительную систему, то кнопка должна быть в нажатом положении.

Format of the information word for an IMS system:

Sign of the readout	Numeric data				Sign of the characteristic	Characteristic	Multipl. coefficient	Basic measuring unit
	Decade 4.	Decade 3.	Decade 2.	Decade 1.				

21 - Controls for use in an automatic IMS system  
Formed by the change-over switches S1, S4 and the push-button switches S2, S3.

**Change-over switch S1** - When this switch is not depressed, B1 and B2 are not interconnected mutually; the control signals must be applied during operation to the two inputs B1, B2. When the switch is depressed, the two inputs B1, B2 are interconnected internally; the required function can be evoked via either input (B1 or B2).

**Push-button switch S2** - By depressing this switch, one-shot operation is evoked.

**Push-button switch S3** - Depressing of this push-button has the same effect as the application of the B0 signal - it causes clearing of the registering circuits B1 and B2, i. e. preparation is made for the application of the signals B1, B2.

**Change-over switch S4** - When not depressed, it is necessary to apply to the inputs B1 and B2, for the operation of the instrument, cycling pulses which are in accordance with the conditions for application in an IMS-1 system. When depressed, the cycling generator of the BM 545 microvoltmeter - picoammeter is connected.

The inputs B1 and B2 are blocked. When the BM 545 microvoltmeter - picoammeter is not inserted in an IMS automatic information measuring system, then this push-button must be depressed.



**Poznámka:** Při použití mikrovoltmetru - picoampérmetru v systému není možno použít plovoucí zem.

### 6.3. Pokyny k přípravě pro měření

#### 6.3.1. Měření napětí

Přístroj nepřipojíme na měřený objekt. Připojením mikrovoltmetru do sítě a zapnutím síťového spínače uvedeme přístroj do chodu, což je indikováno rozsvícením segmentovek na indikačním panelu. Nejsou-li zapnuty nejcitlivější napěťové rozsahy a tlačítko 3 není stlačeno, musí být na všech segmentovkách indikačního panelu nula. Vyčkáme dobu náběhu (asi 15 min.) a provedeme nastavení nuly přístroje.

Tlačítka 2, 3 a 4 jsou nestlačená.

Stlačíme tlačítko rozsahů 1 mV. Sledujeme údaj na indikačním panelu. Má-li údaj např. zápornou hodnotu, otáčíme knoflíkem (10) ve vyznačeném kladném směru. Protože správný údaj je vždy na tomto rozsahu asi jednou za 5 s, po každém pootočení knoflíkem pro nastavení nuly vyčkáme na zobrazený údaj na indikačním panelu. Proběhnuté měření je indikováno tečkou v levém horním rohu indikačního panelu. Obdobně se nastavuje nula podle potřeby na ostatních rozsazích. Napěťové rozsahy nastavujeme tlačítky pro přepínání rozsahů (5), při měření předem neznámých velikostí napětí postupujeme od nejvyšších rozsahů. Vstupní odpor mikrovoltmetru při nestlačeném tlačítku 3 je 100 k $\Omega$ . Stlačení tlačítka je tento odpor odpojen a hodnota odporu je uvedena v tabulce v technických údajích (kapitola 3).

**Внимание:** При использовании микровольтметра - пикоамперметра в рамках системы нельзя пользоваться плавающей землей.

### 6.3. Указания по подготовке к измерениям

#### 6.3.1. Измерение напряжения

Прибор не подключается к измеряемому объекту. Путем подключения микровольтметра к сети и включения сетевого выключателя прибор включается, что сопровождается зажиганием индикаторов дисплея на панели индикации. Если не включены самые чувствительные пределы напряжения и кнопка 3 не нажата, то на всех разрядах дисплея панели индикации должны быть нули. Подождать в течение времени установления (прибл. 15 минут) и осуществить установку нуля прибора. Кнопки 2, 3 и 4 не нажаты. Нажать на кнопку пределов 1 мВ. Следить за показанием индикатора. Если показание имеет, например, отрицательное значение, то необходимо вращать ручку (10) в указанном положительном направлении. Ввиду того, что правильное показание всегда имеет место на этом пределе один раз в течение 5 с, после каждого поворота ручки и установки нуля следует ждать появления изображенной информации на панели индикации. Осуществленный процесс измерения сопровождается индикацией в виде точки в верхнем левом углу панели индикации. Аналогично устанавливается ноль по необходимости на остальных пределах. Пределы напряжения устанавливаются кнопками переключателя пределов (5), при измерении ранее неизвестных значений напряжения начинают с высшего предела. Входное сопротивление микровольтметра при ненажатой кнопке 3 составляет 100 кОм. При нажатии на кнопку сопротивление отключено и имеющееся входное сопротивление указано в табли-

**Note:** When the BM 545 instrument is employed in a system, floating earth cannot be utilized.

### 6.3. Instructions for preparing for a measurement

#### 6.3.1. Voltage measurement

The instrument has not to be connected to the object to be measured, but is set in operation by connecting it to AC mains and by depressing the push-button of its master switch. The 7-segment number indicators of the display light up. Except when the most sensitive ranges are set, when the push-button 3 is not depressed, all the indicators of the display must present 0. After the elapse of the warming-up period (15 minutes), the zero of the instrument must be adjusted. The push-buttons 2, 3 and 4 must not be depressed. The range push-button 1 mV must be depressed and the readout on the display followed. If a negative value is shown, then control 10 has to be turned clockwise, as indicated on the panel. As within this range the correct value is shown repeatedly at intervals of 5 seconds, after each adjustment of the control it is necessary to wait for indication on the display. Termination of the measuring cycle is signalled by a dot in the top left-hand corner of the display. The zero can be set, if necessary, in a similar manner also for all the other ranges. The required voltage range has to be selected by depressing the appropriate push-button of the range selector (5); when a voltage of quite unknown value has to be measured, then the ranges must be altered, starting with the highest ones. The resistance of the microvoltmeter, with push-button 3 not depressed, is 100 k $\Omega$ . When this push-button is depressed, this resistance is disconnected and the data given in the Table in item 3.1. apply.

Takto připravený přístroj připojíme k měřicímu objektu. Přepínání polaritы měřeného napětí se děje automaticky, na indikačním panelu je indikována záporná polarita.

Při běžných měřeních je svorka 11 spojena pomocí uzemňovací pásky se svorkou 12. V případě využití přístroje s plovoucí zemí je nutno rozpojit svorky 11 a 12 na zadní stěně přístroje. Měření provádíme shodným způsobem jako při spojených svorkách. Pouze podle velikosti plovoucího napětí dodržujeme příslušná bezpečnostní opatření.

Vadí-li při měření pronikající síťové napětí, zmenšíme jeho vliv zařazením vstupního filtru stlačením tlačítka (2). Při zařazení filtru je nutno znovu nastavit nulu přístroje na nejcitlivějších rozsazích. Možnost zapojení do měřicího informačního systému umožňuje digitální výstup a informace o funkci přístroje v BCD kódu 8421, které jsou vyvedeny na konektorech, umístěných na zadní stěně přístroje. Zapojení konektorů viz kapitola 6.2.

Analogově číslicový převodník mikrovoltmetru - pikoampérmetru je řešen především s ohledem na optimální filtraci signálu z bílého šumu. Z těchto důvodů je upravená rychlost měření na nejcitlivějších rozsazích 1 mV, 1 nA a 100  $\mu$ V, 100 pA asi na 5 s. Požadavek rychlých měření i na uvedených rozsazích splňuje analogový výstup viz obr. 5, který je vyveden na dvojzdíčku (16) na zadním panelu. Zařazením filtru na analogový výstup si určíme vhodnou šířku pásma měření.

це в технических данных (раздел 3). После такой подготовки прибор подключается к измерительному объекту. Переключение полярности измеряемого напряжения осуществляется автоматически, на панели индикации показана отрицательная полярность. При нормальных измерениях зажим 11 соединен с помощью заземляющей полосы с зажимом 12. В случае использования прибора с плавающей землей необходимо разомкнуть 11 и 12 на задней стенке прибора. Измерение осуществляется аналогично, как и в случае соединенных зажимов. Только в зависимости от величины плавающего напряжения необходимо соблюдать соответствующие правила техники безопасности.

Если при измерении мешает просачивание напряжения от сети, то его влияние можно уменьшить путем ввода входного фильтра, для чего следует нажать на кнопку (2). При включении фильтра необходимо снова установить ноль прибора на самых чувствительных пределах. Возможность включения в измерительную информационную систему обеспечивается благодаря цифровому выходу и информации о работе прибора в коде BCD 8421, которые выведены на разъемы, расположенные на задней стенке прибора. Назначение контактов разъемов дано в разделе 6.2.

Аналого-цифровой преобразователь микро-вольтметра - пикоамперметра выполнен с целью обеспечения оптимальной фильтрации сигнала при наличии белого шума. Поэтому установлена скорость измерения на самых чувствительных пределах 1 мВ, 1 нА и 100 мкВ, 100 пА, равная 5 с. Требование быстрых измерений и на указанных пределах обеспечивается с помощью аналогового выхода (см. рис. 5), который соединен с двойным зажимом (16) на задней панели. Путем установки фильтра в цепь аналогового выхода можно установить требуемую ширину полосы пропускания при измерении.

After being prepared in the described manner, the BM 545 instrument is ready for the connection of the object to be measured. Polarity switching of the measured voltage proceeds automatically and the negative polarity is indicated on the display. During routine measurements, terminal 11 is interconnected with terminal 12 by means of a shorting link. When the instrument is applied with floating earth, then these two terminals on the back panel must be separated, but the measuring procedure remains the same as when they are interconnected. However, the safety precautions depending on the floating voltage magnitude must not be ignored.

If the measurement is interfered with by the mains voltage, its influence can be reduced by applying the input filter - push-button 2 has to be depressed. Whenever the filter is inserted, the zero of the instrument must be adjusted anew for the most sensitive ranges. The digital output of the BM 545 instrument, together with the information in the BCD 8421 code about the function brought out to connectors on the back panel, render it applicable in an automatic IMS system. The wiring of the connectors is described in item 6.2.

The A/D converter of the BM 545 microvoltmeter - picoammeter has been designed with due regard to optimum filtering of the signal in order to reject white noise. For this reason, the measuring rate is 5 seconds within the most sensitive ranges 1 mV, 1 nA and 100  $\mu$ V, 100 pA. The requirement of fast measurement also within these ranges is met by the analog output brought out to a pair of sockets (16) on the back of the instrument (Fig. 5). By applying a filter to this analog output, the measuring bandwidth can be determined.



Upozorňujeme, že vyvedené země na konektorech a zdírkách jsou spojeny s plovoucí zemí přístroje. Nemáme-li k dispozici připojená zařízení s plovoucí zemí, nemůže být přístroje využito při měření s plovoucí zemí.

### 6.3.2. Měření proudu

Pokyny k přípravě pro měření proudu jsou shodné s pokyny k přípravě pro měření napětí viz bod 6.3.1. Rozdíl je pouze v tom, že při měření proudu tlačítko funkce UI (4) je stlačeno. Na poloze tlačítka (3) nezáleží, stlačením tlačítka (4) je funkce tlačítka vyřazena.

## 6.4. Pokyny pro měření

### 6.4.1. Pokyny pro měření na rozsahu 100 $\mu$ V a 100 pA

Před měřením na uvedených rozsazích vyčkáme dobu ustálení přístroje. Při měření na uvedených rozsazích je nutno dodržet zásady pro měření velmi malých napětí a proudů. Nevhodné připojení měřeného napětí nebo proudu může značně ovlivnit údaj mikrovoltmetru - pikoampérmetru. Pro spojení mikrovoltmetru s měřicím objektem lze doporučit měděné příводы. Při měření na uvedených rozsazích je před každým měřením nutno nastavit nulu přístroje. Je-li to možné, nulu přístroje nastavujeme při zapojeném měřeném objektu s nulovou úrovní napětí nebo proudu.

Jelikož se jedná o velký dynamický rozsah přístroje na jednom rozsahu, nastavení nuly na

Необходимо обратить внимание на то, что выведенные зажимы земли на разъемах и фишках соединены с плавающей землей прибора. Если нет в распоряжении устройства соединения с плавающей землей, то прибор не может быть использован для измерений с плавающей землей.

### 6.3.2. Измерение тока

Указания по подготовке для измерения тока такие же, как и указания по подготовке для измерения напряжений - см. п. 6.3.1. Разница заключается только в том, что при измерении тока нажата кнопка режима работы UI (4). Положение кнопки (3) может быть любое, при нажатии на кнопку (4) первая кнопка не работает.

## 6.4. Указания по измерениям

### 6.4.1. Указания по измерениям в диапазоне 100 мкВ и 100 пА

Перед измерением на указанных пределах необходимо выждать установления прибора. При измерении на указанных пределах необходимо соблюдать правила измерения очень малых напряжений и токов. Неправильный способ подключения измеряемого напряжения и тока может значительно повлиять на показание микровольтметра - пикоамперметра. Рекомендуется соединить микровольтметр с измеряемым объектом с помощью медных проводов. При измерении на указанных пределах перед каждым измерением следует установить ноль прибора. Если это возможно, то ноль прибора устанавливается при включенном измеряемом объекте с нулевым уровнем напряжения или тока.

Ввиду того, что динамический диапазон прибора большой на одном пределе, установка

It must be pointed out that the earth contacts of the connectors and the earthed sockets are bonded to the floating earth of the instrument. If connecting equipment with floating earth is not available, then the floating earth feature of the BM 545 instrument cannot be utilized in measurements.

### 6.3.2. Current measurement

The instructions for preparing for a current measurement are the same as those for a voltage measurement as described in item 6.3.1., the only difference being that in a current measurement the push-button UI (4) has to be depressed. The setting of push-button 3 is irrelevant, as its function is cancelled by the depressing of push-button 4.

## 6.4. Instructions for carrying out measurements

### 6.4.1. Measurements carried out within the ranges 100 $\mu$ V and 100 pA

Before commencing a measurement within these ranges, the time required for stabilization of the instrument must elapse. When carrying out the measurement proper, the known principles which must be adhered to during the measurement of very low voltages and currents must be applied, as unsuitable connection of the source of the measured voltage or current can greatly impair the correctness of the read-out of the microvoltmeter-picoammeter. It is advisable to employ copper conductors. During a measurement within the given ranges, the zero of the instrument must be adjusted. Whenever possible, this adjustment has to be carried out at zero level of the voltage or current supplied by the object which is already connected.

As the dynamic range of the instrument within each measuring range is wide, and zero setting

segmentovkách displeje by bylo zdlouhavé; stačí nastavit hodnotu blízkou nule. Při vyhodnocování měřené veličiny je nutno počítat s touto hodnotou. Postup nastavení nuly je obdobný s postupem uvedeným v bodě 6.3.1. Protože přístroj umožňuje provádět velmi citlivá a přesná měření malých napětí a proudu, doporučujeme zachovat určenou zásadu při vyhodnocování měřené veličiny. Provedeme několik měření jedné hodnoty napětí nebo proudu. Výslednou hodnotu určíme jako aritmetický průměr z naměřených hodnot. Použije-li se při měření vstupní filtr, nastavujeme nulu přístroje při zařazeném filtru. Při delším měření na uvedených rozsazích je vhodné občas kontrolovat nulu přístroje.

#### 6.4.2. Pokyny pro měření na rozsahu 1000 V

Provádíme-li měření napětí vyššího než 300 V, připojujeme měřený objekt pouze na svorku označenou 1000 V, která je speciálně konstruována na vyšší napětí. Dále dbáme, aby měřená napětí nepřekročilo 1000 V.

#### 6.5. Kontrola přesnosti

Součásti a díly přístroje jsou pečlivě zvoleny a kontrolovány. Může však dojít ke změnám jejich vlastností, které mohou mít na dodržení chyby měření vliv. Doporučujeme proto provádět kontrolu chyb v údobí 6 měsíců a provádět dostavení podle statě pokyny pro opravy (kapitola 10).

нуля на дисплее была бы длительной. Поэтому достаточно установить значение, близкое к нулю. При обработке результата измерения необходимо принять во внимание это значение. Способ установки нуля аналогичен способу, описанному в пункте 6.3.1. Ввиду того, что прибор дает возможность производить очень чувствительные и точные измерения малых напряжений и токов, рекомендуется соблюдать определенный способ обработки измеряемой величины. Осуществить несколько измерений одного значения напряжения или тока. Результирующее значение определить в качестве арифметического среднего от измеренных значений. Если при измерении использован входной фильтр, то необходимо установить ноль прибора при включенном фильтре. При дальнейшем измерении на указанных пределах целесообразно время от времени проконтролировать ноль прибора.

#### 6.4.2. Указания по измерению на пределе 1000 В

Если измеряется напряжение выше 300 В, то измеряемый объект подключается только к зажиму, обозначенному 1000 В, который специально сконструирован для повышенного напряжения. Необходимо следить за тем, чтобы измеряемое напряжение не превысило 1000 В.

#### 6.5. Контроль точности

Детали и узлы прибора тщательно рассчитаны и проконтролированы. Однако, в течение времени могут измениться их параметры, которые могут оказать влияние на погрешность измерения. Поэтому рекомендуется контролировать величину погрешности один раз через 6 месяцев и осуществить регулировку в соответствии с разделом 10. «Указания по ремонту».

according to the number indicators would be tedious, it is sufficient to set a value close to zero. However, in the evaluation of the readout, this initial value must be reckoned with. The zero setting procedure is similar to the one described in item 6.3.1. As the BM 545 instrument enables the very accurate and sensitive measurement of low voltages and currents, it is recommended to adhere to the following rule in the evaluation of the measured quantities: Several measurements of the same voltage or current value have to be carried out and the definite result ascertained as the arithmetic mean of the individual readouts. If the input filter has to be used, the zero of the instrument must be adjusted with the filter inserted. If several measurements have to be carried out within the most sensitive ranges, it is advisable to check the zero setting from time to time.

#### 6.4.2. Instructions for carrying out measurements within the voltage range 1000 V

If a voltage higher than 300 V has to be measured, its source must be connected only to the terminal marked 1000 V which is designed for high voltages. It is essential to ensure that the measured voltage does not exceed 1000 V.

#### 6.5. Checking the accuracy

The components and parts of the BM 545 instrument have been selected with the utmost care and checked to high standards. However, it can happen that the properties of some which have an influence on the measuring error suffer a change. Therefore, it is recommended to check the measuring errors at 6-month intervals and, if necessary, to adjust the instrument according to the advice offered in Section 10. - „Instructions for repairs“.



## 7. POPIS MECHANICKÉ KONSTRUKCE

Přístroj je vestavěn do jednoúčelové skříně, jejíž stavba je odvozená z typizované řady. Pře-  
vážná většina dílů je vyrobena z hliníkové sli-  
tiny. Pro usnadnění obsluhy a čtení je skřínka  
opatřena sklopnou podpěrou, přepínače a sí-  
ťový vypínač jsou tlačítkové, ovládané kláve-  
sami. Vnitřní zástavba byla zvolena na třech  
deskách s plošnými spoji, které jsou vzájemně  
propojeny běžnou kabeláží. Regulační tranzis-  
tor stabilizátoru byl z důvodů intenzivnějšího  
chlazení umístěn i s chladičem vně na zadním  
panelu. Zásuvky INTERFACE jsou zakryty od-  
klopným víčkem. Obě zemnicí svorky propojuje  
„neztratitelná spojka“.

## 8. PODROBNÝ POPIS ZAPOJENÍ

### 8.1. Popis funkce analogové části (1X1 834 35)

#### 8.1.1. Měření napětí

Tlačítko funkce (4) označené UI je nestlačené.  
Měřená napětí do 300 V se přivádějí na svorku  
označenou „max. 300 V“. Pro rozsahy 100  $\mu$ V -  
- 1 V jsou odpory R4, R96, R5 zkratovány a  
měřené napětí se přivádí přes vypínatelný filtr  
(nastavený na maximální potlačení 50 Hz od-  
porem R10) na moduliátor tvořený R11, R6, R7,  
R8 a E1. Pro rozsahy 10 V, 100 V, 1000 V se  
spojením tlačítka bodu 4 s bodem 2 vytvoří  
z odporu R4, R96, R5 a R3 dělič napětí a mů-  
žeme na této svorce měřit napětí do 300 V max.  
Vyšší napětí musíme připojit na svorku ozna-  
čenou „U<sub>max</sub> 1000 V“, kde je zapojen dělič z od-

## 7. ОПИСАНИЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ КОНСТРУКЦИИ ПРИБОРА

Прибор установлен в специальном ящике,  
конструкция которого соответствует типовой  
конструкции прибора. Подавляющее большин-  
ство деталей ящика изготовлено из алюминия-  
вого сплава. Для облегчения обслуживания и  
отсчета ящик оснащен откидной опорой, пе-  
реключателем и сетевые выключатели являют-  
ся кнопочными и управляются клавишами. Вну-  
тренняя компоновка выполнена на трех пла-  
тах печатного монтажа, соединенных друг  
с другом с помощью обычной кабельной про-  
водки. Регулировочный транзистор стабилиза-  
тора с целью надежного охлаждения установ-  
лен вместе с радиатором вне прибора на зад-  
ней панели. Розетки «Интерфейс» закрыты от-  
кидной крышкой. Оба заземляющих зажима  
соединяются «невыпадающей перемычкой».

## 8. ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ СХЕМЫ

### 8.1. Описание принципа действия аналоговой части (1X1 834 35)

#### 8.1.1. Измерение напряжения

Кнопка режима работы 4, обозначенная U, I  
не нажата.  
Измеренное напряжение до 300 В подается на  
зажим, обозначенный «UI макс 300 В». Для  
пределов 100 мкВ - 1 В сопротивления R4,  
R96, R5 закорочены и измеренное напряжение  
через выключаемый фильтр (настроенный на  
максимальное подавление сигнала 50 Гц со-  
противлением R10) подается на модулятор,  
образованный R11, R6, R7, R8 и E1. На преде-  
лах 10, 100, 1000 В в результате соединения  
кнопками точки 4 и точки 2 образуется дели-  
тель напряжения на сопротивлениях R4, R96,

## 7. DESCRIPTION OF THE MECHANICAL DESIGN

The BM 545 microvoltmeter - picoammeter is  
built into a single-purpose cabinet, the design  
of which is based on the standard line of TES-  
LA cabinets. The great majority of the cabinet  
parts are aluminium-alloy castings. In order to  
facilitate servicing and reading of the results  
of measurements, the cabinet is provided with  
a support for tilting; the change-over switches  
and the master (mains) switch are of the  
push-button type, controlled by means of keys.  
The circuitry of the instrument is on three  
printed circuit boards which are mutually in-  
terconnected by means of classical cable  
forms. The control transistor of the power sup-  
ply stabilizer is mounted together with its heat  
sink on the back panel to ensure better cool-  
ing. The sockets for the connection of the in-  
terface unit are covered by a hinged lid. A  
captive link is provided for the interconnection  
of the two earth terminals.

## 8. DETAILED DESCRIPTION OF THE CIRCUITRY

### 8.1. Description of the operation of the analog section (1X1 834 35)

#### 8.1.1. Voltage measurement

The function selector push-button 4, marked  
UI, is not depressed.  
If a voltage up to 300 V has to be measured,  
it has to be applied to the terminal marked  
„Max. 300 V“. When the range 100  $\mu$ V to 1 V  
is set, the resistors R4, R96, R5 are short-cir-  
cued and the voltage to be measured is ap-  
plied to the modulator formed by R11, R6, R7,  
R8 and E1 via a switchable filter (which is set  
by means of the resistor R10 so as to suppress  
the frequency of 50 Hz). When the range 10 V,  
100 V or 1000 V is set, point 4 is interconnect-  
ed with point 2 by means of the appropriate

porů R1, R95, R2 a R3. Tento způsob je zaveden proto, aby napětí 1000 V nebylo rozvedeno po přístroji a konstrukční prvky nemusely být dimenzovány na toto napětí. Střídavé napětí vzniklé na modulátoru se přes kondenzátor C9 přivádí na nízkošumový hybridní integrovaný zesilovač E8. Zesílené střídavé napětí se synchronním detektorem tvořeným MOS-FETy E9, E10 usměrní a přivede na ss zesilovač tvořený dvěma integrátory. Každý z nich je realizován integrovaným operačním zesilovačem, první E11 MAA 725 a druhý E12 MAA 501. Přepínáním kondenzátorů C19 až C21 u prvního integrátoru a změnou časové konstanty obvodu C28, R92 připojením odporu R91 pro první měřící rozsah u druhého integrátoru upravujeme dynamickou stabilitu a optimální rychlost měření analogové části mikrovoltmetru. Obvod R86, R87, C26, C27 pomáhá filtrovat modulační produkt. Z výstupu integrátoru E12 přes ochranný odpor R93 se přivádí napětí do číslicové části (bod 11) a do zpětnovazebních děličů z odporů: pro rozsahy 100  $\mu$ V - R69 až R73, 1 mV - R74 až R77, 10 mV (10 V) - R61 až R64, 100 mV (100 V) - R65 až R68. Výstupy těchto děličů se připojují pomocí tlačítek na modulátor, pro rozsah 100  $\mu$ V a 1 mV na dělič R26, R25 (bod 13) a pro 10 mV (10 V), 100 mV (100 V) do bodu 46 (emitor E1 a R25). Pro rozsah 1 V (1000 V) je zpětná vazba bez děliče, takže zesílení analogové části je jedna.

R5 и R3 и на этом зажиме можно измерять напряжение макс. 300 В. Большое напряжение должно подаваться на зажимы, обозначенные «U макс. 1000 В», где включен делитель сопротивлений R1, R95, R2 и R3. Такое решение принято для того, чтобы напряжение 1000 В не распространялось внутри прибора и чтобы остальные элементы не нужно было рассчитывать на это напряжение. Переменное напряжение, возникающее в модуляторе, подается через конденсатор C9 на малощумящий гибридный интегральный усилитель E8. Усиленное переменное напряжение выпрямляется с помощью синхронного детектора, собранного на транзисторах MOSFET E9, E10, и подается на усилитель постоянного тока, состоящий из двух интеграторов. Каждый из них выполнен на интегральном операционном усилителе, первый - E11 MAA 725 и второй - E12 MAA 501. Путем переключения конденсаторов C19 - C21 первого интегратора и изменения постоянной времени цепи C28, R92 путем подключения сопротивления R91 для первого предела измерения второго интегратора, устанавливается динамическая стабильность и оптимальная скорость измерения аналоговой части микровольтметра. Схема R86, R87, C26, C27 помогает фильтровать продукт модуляции. С выхода интегратора E12 через гасящее сопротивление R93 подается напряжение в цифровую часть (точка 11) и в делители обратной связи, состоящие из сопротивлений R69 - R73 для предела 100 мкВ, R74 - R77 для предела 1 мВ, R61 - R64 для предела 10 мВ (10 В), R65 - R68 для предела 100 мВ (100 В).

Выходы этих делителей подключаются с помощью кнопок к модулятору для предела 100 мкВ и 1 мВ к делителю R26, R25 (точка 13) и для пределов 10 мВ (10 В), 100 мВ (100 В) к точке 46 (эмиттер E1 и R25). Для предела 1 В (1000 В) обратная связь работает без делителя, в результате чего коэффициент усиления аналоговой части равен 1.

push-button, and thus the resistors R4, R96, R5 and R3 form a voltage divider and voltages up to 300 V can be applied to this terminal. Higher voltages must be connected to the terminal marked „Max. 1000 V“, to which the divider formed by R1, R95, R2 and R3 is connected. This system was chosen by the designers of the instrument in order to prevent the distribution of 1000 V over the instrument and to avoid the necessity of using components rated for this high voltage. The AC produced by the modulator is applied to a low-noise hybrid integrated amplifier (E8) via the capacitor C9. The amplified AC voltage is rectified by a synchronous detector formed by the MOSFETs E9, E10 and then is applied to an amplifier which is composed of two integrators, each of which is formed by an integrated operational amplifier - the first by E11 (MAA 725), the second by E12 (MAA 501). By switching the capacitors C19 to C21 of the first integrator, and by altering the time constant of the circuit C28, R92 of the second one by connecting the resistor R91 for the 1st measuring range, the dynamic stability and the optimum measuring rate are adjusted for the analog section of the microvoltmeter. The circuit R86, R87, C26, C27 helps to filter the product of modulation. The voltage passes from the output of the integrator E12, via the protective resistor R93, into the digital section (point 11) and into the feedback dividers formed by the resistors R69 to R73 for the range 100  $\mu$ V, R74 to R77 for the range 1 mV, R61 to R64 for the range 10 mV (10 V) and R65 to R68 for the range 100 mV (100 V). The outputs of these dividers are connected to the modulator by means of push-buttons, as follows: To the divider R26, R25 (point 13) for the ranges 100  $\mu$ V and 1 mV, and to point 46 (emitter of E1 and R25) for the ranges 10 mV (10 V) and 100 mV (100 V). The feedback for the range 1 V (1000 V) is without a divider, thus the gain of the analog section is unity.



Výstup druhého integrátoru vede rovněž na výstupní svorky, kde je možné připojit analogový zapisovač. Maximální výstupní napětí na výstupu analogové části pro každý rozsah je asi 3 V. (Číslicová část při větším napětí než 1,999 V ukazuje stav přetížení). Vstup přístroje je chráněn proti přetížení tranzistory E3, E4 v zapojení jako diody a sériovými odpory R6, R7, R8, R11. Pro dosažení vysoké proudové citlivosti pracuje modulátor E1 ve zvláštním režimu. Z hlediska maximálního potlačení proudového offsetu je spínací napětí modulátoru sníženo na hodnotu asi 200 mV a současně doplněno vhodným ss předpětím tak, aby změna odporu spínače E1 byla maximální v dané oblasti odporové charakteristiky, zde v rozmezí asi 0,5 až 100 MΩ. Snížená hodnota spínacího napětí je nastavena děličem R143, R144 a přes kondenzátor C56 vedena na bázi E1. Stejněsměrné předpětí vhodné velikosti se nastavuje potenciometrem R146, R150. Teplotní závislost a nastavená hodnota předpětí je automaticky udržována pomocí MOS-FETu E45 a operačního zesilovače E44. Vzhledem k malému spínacímu napětí může modulátor zpracovat jen malá měřená napětí. Odstranění tohoto nedostatku je dosaženo zavedením výstupního napětí z analogové části (bod 42) buď přímo (rozsah 1 V) nebo přes dělič (R94, R158) do obvodu automatického udržování předpětí tak, že ss napětí mezi kolektorem a bází E1 je stále optimální z hlediska funkce modulátoru. Další zmenšení proudového offsetu se dosahuje kom-

Выход второго интегратора соединен также с выходными зажимами, к которым можно подключить аналоговый самописец. Максимальное выходное напряжение на выходе аналоговой части на любом пределе составляет прибл. 3 В. (При напряжении более 1,999 В цифровая часть сигнализирует состояние перегрузки). Вход прибора защищен от перегрузки транзисторами E3, E4, включенными по схеме диодов с последовательными сопротивлениями R6, R7, R8, R11. Для обеспечения высокой чувствительности по току модулятор E1 работает в специальном режиме. С точки зрения максимального подавления сдвига тока управляющее напряжение модулятора уменьшено до значения прибл. 200 мВ и одновременно оснащено подходящим напряжением смещения так, чтобы изменение сопротивления ключа E1 было максимальным в заданной области характеристики сопротивления, т. е. в пределах от 0,5 до 100 МОм. Уменьшенное значение управляющего напряжения устанавливается делителем R143 и R144 и через конденсатор C56 напряжение подается на базу E1. Напряжение смещения постоянного тока нужной величины устанавливается потенциометрами R146, R150. Температурная зависимость и установленное значение напряжения смещения автоматически поддерживается с помощью транзистора MOSFET E45 и операционного усилителя E44. Ввиду малого управляющего напряжения модулятор может обрабатывать только малые измеряемые напряжения. Этот недостаток устраняется путем подачи выходного напряжения из аналоговой части (точка 42) непосредственно (предел 1 В) или через делитель (R94, R158) в цепь автоматического поддержания напряжения смещения, в результате чего напряжение постоянного тока между коллектором и базой E1 является все время оптимальным с точки зрения работы модулятора. Дальнейшее уменьшение сдвига тока обеспечивается благодаря

The output of the second integrator passes also to the output terminals, to which an analog recorder can be connected. The maximum output voltage across the output of the analog section is approximately 3 V in every range. (The digital section indicates overloading as soon as the voltage exceeds 1.999 V). The input of the BM 545 instrument is protected against overloads by transistors E3, E4 which operate as diodes, and by series resistors R6, R7, R8, R11. In order to attain high current sensitivity, the modulator (E1) operates in a special mode. In order to suppress current offset in an optimum manner, the switching voltage of the modulator is reduced to approximately 200 mV and simultaneously is supplemented by a suitable DC bias so as to obtain maximum resistance change from the switch E1 within the given range of the resistance characteristic, i. e. within the range of approximately 0.5 to 100 MΩ. The reduced value of the switching voltage is set by means of a divider formed by R143, R144 and is applied to the base of E1 via capacitor C56. The DC bias is set as required with a potentiometer formed by R146, R150. The thermal dependence and the set bias value are automatically maintained by MOSFET E45 and an operational amplifier (E44). As the switching voltage is low, the modulator can process only low measured voltages. This drawback is eliminated by the application of the output voltage of the analog section (point 42) to the automatic bias voltage control circuit, either directly (range 1 V), or via a divider (R94, R158). Thus, the DC voltage between the collector and the base of E1 has always the optimum value as far as the working of the modulator is concerned. Further reduction of the current offset is achieved by compensating the modulating voltage which penetrates through the base-collector capacitance of E1. For this purpose also is utilized the capacitance between the base and the

penzací pronikajícího modulačního napětí přes kapacitu báze - kolektor E1. Ke kompenzaci se využívá rovněž kapacity báze - emitor MOS-FETu E2. Výhodou je stejná tepelná závislost. Optimální kompenzace (velikost kompenzačního napětí) se nastavuje potenciometrem R152. Potenciometrem R29, jehož hřídel je vyvedena na panel, lze nastavit nulu voltmetru v rozmezí větším než  $\pm 100 \mu\text{V}$ .

### 8.1.2. Měření proudu

Měření se provádí měřením úbytku napětí na odporech. Tyto bočníky jsou tvořeny odpory R12 až R18 a R97. Úbytky napětí jsou pro 1. rozsah  $100 \mu\text{V}$ , 2. rozsah  $1 \text{ mV}$  a pro ostatní rozsahy  $10 \text{ mV}$ . Přepnutí do funkce měření proudu zajišťuje tlačítko funkce UI (4) stlačené do polohy I. Provedou se tyto změny:

- odpojí se zpětnovazební děliče pro napětové rozsahy  $10 \text{ mV}$  (R61 až R64) a  $100 \text{ mV}$  (R65 až R68)
- zkratuje se trvale vstupní dělič R4, R5, R96
- uzemní se bočníky R12 až R18, R97 (přes tlačítka rozsahů)
- odpojí se výstup analogové části (bod 11) od obvodu pro automatickou regulaci ss předpětí modulátoru E1
- změní se informace pro IMS z měření napětí na měření proudu
- připojí se zpětnovazební dělič (R78 až R81) určující rozsah  $10 \text{ mV}$  pro měření proudu

компенсации просачивающего напряжения модуляции через емкость базы - коллектор E1. Для компенсации используется также емкость база-эмиттер MOSFET E2. Преимущество заключается в одинаковой температурной зависимости. Оптимальная компенсация (величина компенсирующего напряжения) устанавливается потенциометром R152. Потенциометром R29, вал которого соединен с панелью, можно установить ноль вольтметра в пределах  $> \pm 100 \text{ мкВ}$ .

### 8.1.2. Измерение тока

Измерение осуществляется путем измерения падения напряжения на сопротивлениях. Эти шунты образованы сопротивлениями R12 - R18 и E 97. Падение напряжений для 1-го диапазона  $100 \text{ мкВ}$ , 2-го диапазона -  $1 \text{ мВ}$  и для всех остальных диапазонов -  $10 \text{ мВ}$ . Переключение в режим измерения тока обеспечивается кнопкой режима работы, которую следует нажать в положение 1. При этом осуществляются следующие изменения:

- отключаются делители обратной связи для пределов напряжения  $10 \text{ мВ}$  (R61 - 64) и  $100 \text{ мВ}$  (R65 - R68)
- постоянно закорачивается входной делитель R4, R5, R96
- заземляются шунты R12 - R18, R97 (через кнопки пределов)
- отключается выход аналоговой части (точка 11) от цепи автоматической регулировки напряжения смещения постоянного тока модулятора E1
- изменяется информация для ИИС (переход от измерения напряжения на измерение тока)
- подключается делитель обратной связи R78 - R81), определяющий предел  $10 \text{ мВ}$  для измерения тока на пределах  $10 \text{ нА}$  -

emitter of the MOSFET E2. An advantage is the same thermal dependence. Optimum compensation (magnitude of the compensating voltage) is set by means of the potentiometer R152. The zero of the voltmeter can be adjusted within a range  $> \pm 100 \mu\text{V}$  by operating the potentiometer R29, the shaft of which is brought out to the panel of the instrument.

### 8.1.2. Current measurement

The measurement is carried out by measuring the voltage drop on resistors. The pertaining shunts are formed by resistors R12 to R18 and R97. The voltage drop is  $100 \mu\text{V}$  for the 1st current range,  $1 \text{ mV}$  for the second one, and  $10 \text{ mV}$  for all the other ranges. Push-button (4) - Fig. 4 - serves for altering the mode of operation from microvoltmeter to picoammeter. By depressing this push-button, the following changes are caused:

- The feedback dividers for the voltage ranges  $10 \text{ mV}$  (R61 to R64) and  $100 \text{ mV}$  (R65 to R68) become disconnected
- The input divider R4, R5, R96 becomes short-circuited
- The shunts R12 to R18 and R97 become earthed via the range selector push-buttons
- The output of the analog section (point 11) becomes disconnected from the circuit which automatically regulates the DC bias of modulator E1
- The information for the IMS system changes from „Voltage measurement“ to „Current measurement“
- The feedback divider R78 to R81, which makes the range  $10 \text{ mV}$  suitable for current measurements within the ranges  $10 \text{ nA}$  to  $10 \text{ mA}$ , becomes connected and the feed-



v rozsazích 10 nA až 10 mA a odpojí se zpětná vazba pro rozsah 1 V

- upraví se časová konstanta prvního integrátoru (E11) pro rozsahy 10 nA až 10 mA sériovým připojením kondenzátoru C2 k C20, C21.

Ostatní funkce zůstávají stejné jako při měření napětí.

### 8.1.3. Zdroj modulačního kmitočtu a napájecí zdroje

Budící napětí pro modulatory získáváme astabilním multivibrátorem tvořeným obvodem E43 a upravujeme na symetrické obdélníky klopným obvodem E42. Kmitočet je asi 175 Hz a je nastavitelný potenciometrem R149. Amplitudu a ss předpětí pro synchronní detektor E9, E10 upravují tranzistory E40, E41 a děliče napětí R135 až R138. Napájecí zdroje dodávají napětí  $\pm 15$  V a  $+5$  V. V zapojení zdroje  $+15$  V je použito integrovaného obvodu E26 s tranzistorem E22 pro zvýšení výkonu. Pro zdroj  $-15$  V je využit integrovaný obvod E25 s tranzistorem E27. Oba zdroje jsou jištěny proti zkratu (zdroj  $-15$  V tranzistorem E21). Ve zdroji  $+5$  V je rovněž použito integrovaného obvodu E34 s výkonovým tranzistorem E33. Zdroj je jištěn jak proti zkratu, tak proti zvýšenému napětí na výstupu. Zvýšené napětí otevře diodu E32, protékající proud sepne tyristor E35, který zkratuje usměrňovač a přeruší tavnou pojistku P2.

- 10 mA и отключается обратная связь для предела 1 В

- устанавливается постоянная времени первого интегратора (E11) для пределов 10 нА - 10 мА путем последовательного подключения конденсатора C2 к C20, C21.

Остальные функции остаются без изменений, как и при измерении напряжения.

### 8.1.3. Источник модуляционной частоты и источники питания

Напряжение возбуждения для модуляторов вырабатывается мультивибратором, собранным на схеме E43 и оно формируется в симметричный прямоугольный сигнал триггером E42. Частота сигнала прибл. 175 Гц устанавливается потенциометром R149. Амплитуда и напряжение смещения для синхронного детектора E9, E10 устанавливаются транзисторами E40, E41 и делителями напряжений R135 - R138.

Источник питания обеспечивает напряжение  $\pm 15$  В и  $+5$  В. В схеме источника  $+15$  В использована интегральная микросхема E26 с транзистором E22 для повышения мощности.

Для источника  $-15$  В использована интегральная микросхема E25 с транзистором E27. Оба источника защищены от короткого замыкания (источник  $-15$  В транзистором E21). В источнике  $+5$  В также использована интегральная микросхема E34 с мощным транзистором E33. Источник защищен от короткого замыкания, а также от повышенного напряжения на выходе. При повышенном напряжении отпирается диод E32, протекающий ток отпирает тиристор E35, который шунтирует выпрямитель и обрывает плавкий предохранитель P2.

back of the range 1 V becomes disconnected

- The time constant of the first integrator (E11) becomes adapted to the ranges 10 nA to 10 mA by series connection of capacitor C2 to the capacitor C20, C21.

All the other functions remain the same as when voltages are measured.

### 8.1.3. Source of the modulating frequency and the powering supplies

The driving voltage for the modulators is produced by an astable multivibrator formed by an IC E43 and adjusted to symmetrical rectangles by the IC flip-flop E42. The produced frequency is approximately 175 Hz and is adjustable with potentiometer R149. The amplitude and the DC bias voltage for the synchronous detector E9, E10 is processed by transistors E40, E41 and voltage divider R135 to R138.

The power supplies produce voltages of  $\pm 15$  V and  $+5$  V. In the supply of  $+15$  V (E26) is employed an IC of the type with a transistor E22 for power increase. The supply of  $-15$  V (E25) employs an IC together with transistor E27. These two power supplies are safeguarded against short circuits (the  $-15$  V supply by the transistor E21). Also in the  $+5$  V supply is employed an IC (E34) together with a power transistor (E33). This power supply is safeguarded against excessive voltage on the output, as well as against short circuits. An increased voltage opens diode E32, the current closes thyristor E35 which short-circuits the rectifier and blows the fuse P2.

## 8.2. Analogově-číslicový převodník (1X1 834 35)

### 8.2.1. Integrátor, spínače

Integrátor je tvořen operačním zesilovačem E9. Frekvenční korekce je provedena RC členy R5, C10 a C11. Ve zpětné vazbě zesilovače je zapojena integrační kapacita C1. Proud úměrný velikosti měřené veličiny je v 1. taktu měření připojován do sumačního bodu zesilovače pomocí vstupního spínače tvořeného MOSFET tranzistorem E2. Způsob spínání tranzistoru E2 bude popsán v popisu řídicí logiky (kapitola 8.2.4.). V prvním taktu je tranzistor E1 uzavřen. Napěťová nula integrátoru se nastavuje potenciometrem R19 přes dělič tvořený odpory R51, R50 a R49 a R18. Proudová nula integrátoru se nastavuje potenciometrem R17 přes napěťový dělič R16, R15 a R14. Pro dosažení účinné filtrace signálu z bílého šumu na nejcitlivějších rozsazích 100  $\mu$ V a 1 mV je paralelně k integračnímu kondenzátoru C1 přes ovládací tlačítka připojen kondenzátor C12 a C13.

### 8.2.2. Komparátor

Vstupní část komparátoru tvoří diferenciální zesilovač s tranzistory E10 a E11, v jehož emitorovém obvodu je zdroj konstantního proudu tvořený tranzistorem E12. Diferenciální zesilovač spolu s tranzistorem E13 zajišťují potřebné zesílení komparátoru. Tranzistor E24 je zapojen jako sledovač signálu.

Pro dosažení pravoúhlého průběhu výstupního napětí komparátoru je na výstupu komparátoru

## 8.2. Аналого-цифровой преобразователь (1X1 834 35)

### 8.2.1. Интегратор, ключи

Интегратор образован операционным усилителем E9. Частотная коррекция осуществляется цепочками RC - R5, C10 и C11. В цепи обратной связи усилителя включена интегрирующая емкость C1. Ток, пропорциональный значению измеряемой величины, в первом такте измерения подключается к точке сложения усилителя с помощью одного ключа, образованного транзистором MOSFET E2. Способ включения транзистора E2 будет описан в разделе, посвященном описанию логики управления (п. 8.2.4.). В первом такте транзистор E1 заперт. Ноль напряжения интегратора устанавливается потенциометром R19 через делитель сопротивлений R51, R50 и R49, R18. Ток нуля интегратора устанавливается потенциометром R17 через делитель напряжения R16, R15 и R14. Для обеспечения эффективной фильтрации сигнала в условиях действия белого шума на самых чувствительных пределах 100 мкВ и 1 мВ параллельно интегрирующему конденсатору C1 подключаются конденсаторы C12 и C13 посредством кнопок управления.

### 8.2.2. Компаратор

Входная часть компаратора образована дифференциальным усилителем на транзисторах E10 и E11, в цепи эмиттера которых имеется источник постоянного тока, выполненный на транзисторе E12. Дифференциальный усилитель вместе с транзистором E13 обеспечивает необходимый коэффициент усиления компаратора. Транзистор E24 включен по схеме повторителя.

Для обеспечения прямоугольной формы выходного напряжения компаратора на выходе

## 8.2. Analog-to-digital converter (1X1 834 35)

### 8.2.1. Integrator and switches

The integrator is formed by operational amplifier E9, the frequency correction of which is carried out by the RC elements R5, C10 and C11. An integration capacitor C1 is employed in the feedback loop. The current, which is proportional to the measured quantity, is connected in the first step of the measurement to the junction point of the amplifier with the aid of the input switch which is a MOSFET (E2). The switching of this transistor is described further in the description of the control logic circuitry (item 8.2.4.). During the first step (cycle) of the measurement, transistor E1 is closed. The voltage zero of the integrator is adjustable by means of the potentiometer R19 via a divider formed by the resistors R51, R50, R49 and R18. The current zero of the integrator is adjustable with the potentiometer R17 via a voltage divider formed by R16, R15 and R14. In order to ensure efficient filtering of the signal (elimination of the white noise) within the most sensitive ranges 100  $\mu$ V and 1 mV, capacitors (C12 and C13) are connected parallel to the integration capacitor C1 via the control push-buttons.

### 8.2.2. Comparator

The input part of the comparator is a differential amplifier formed by transistors E10 and E11; in the emitter circuit is a constant current supply employing transistor E12. This differential amplifier, together with transistor E13, ensures the necessary amplification of the comparator. Transistor E24 is connected as a signal follower.

In order to obtain a rectangular output waveform from the comparator, its output is pro-



zapojen Schmittův klopný obvod tvořený tranzistory E14 a E15.

Na výstupu klopného obvodu dostavíme úroveň napětí pro log. 0 a log. 1 odpovídající úrovním pro ovládání TTL logických obvodů.

### 8.2.3. Normálové zdroje a spínače

V druhém taktu měření je do sumačního obvodu integračního zesilovače zaveden proud z normálového zdroje E7 nebo E8 přes spínače E3 nebo E4 podle polarity měřeného napětí.

Normálové zdroje E7 a E8 jsou teplotně kompenzované Zenerovy diody s výstupním napětím 7,8 až 8,4 V. Proud tekoucí Zenerovou diodou E7 je určen odporem R2 a proud tekoucí Zenerovou diodou E8 je určen odporem R8.

Odpory R3, R4, R6 a R7 určují normálový proud pro kladnou polaritu měřeného napětí. Jemné dostavení se provádí potenciometrem R3.

Odpory R9, R10, R12 a R13 určují normálový proud pro zápornou polaritu měřeného napětí. Jemné dostavení se provádí potenciometrem R9.

### 8.2.4. Ovládání spínačů

Řídicí logika pracuje s kladnou úrovní napětí pro log. 0 0 až 0,8 V a pro log. 1 2,4 V až 5 V. Aby tranzistory E1 až E4 (MOS-FET) spolehlivě pracovaly jako spínače, potřebují budící napětí v rozmezí 0 V až - 4,5 V, což vylučuje přímé spojení hradel řídicí logiky s bází spínačích tranzistorů.

Převaděče úrovní napětí pro jednotlivé spínače jsou tvořeny tranzistory E20 až E23. Emitory

komparátora včleněn trigger, образованный транзисторами E14 и E15.

На выходе триггера получается сигнал, уровни напряжения которого для лог. 0 и лог. 1 соответствуют уровням логических микросхем TTL.

### 8.2.3. Эталонные источники и ключи

Во втором такте измерения в схему сложения интегрирующего усилителя подается ток из эталонного источника E7 или E8 через ключи E3 или E4 в зависимости от полярности измеряемого напряжения.

Эталонные источники E7 - E8 - это стабилизаторы с температурной компенсацией, обеспечивающие выходное напряжение 7,8 - 8,4 В. Ток, протекающий через стабилитрон E7, определяется сопротивлением R2 и ток, протекающий через стабилитрон E8, определяется сопротивлением R8.

Сопротивления R3, R4, R6 и R7 определяют эталонный ток для положительной полярности измеряемого напряжения. Точная установка осуществляется потенциометром R3.

Сопротивления R9, R10, R12 и R13 определяют эталонный ток для отрицательной полярности измеряемого напряжения. Точная установка осуществляется потенциометром R9.

### 8.2.4. Управление ключами

Управляющая логика работает при положительном уровне напряжения для лог. 0 0 ÷ 0,8 В и для лог. 1 2,4 ÷ 5 В. Для того, чтобы транзисторы E1 - E4 (MOSFET) надежно работали в качестве ключей, они возбуждаются напряжением в пределах 0 В ÷ - 4,5 В, что исключает возможность прямого соединения вентилей управляющей логики с базами включаемых транзисторов.

Преобразователи уровней напряжения для отдельных ключей выполнены на транзисторах

vided with a Schmitt flip-flop by transistors E14, E15.

The voltage levels for log. 0 and log. 1, corresponding to the levels necessary for controlling TTL logic circuits, have to be adjusted at the output of this flip-flop.

### 8.2.3. Standard supplies and switches

During the second cycle of a measurement, the junction point of the integrating amplifier obtains a current from the standard supply E7 or E8 via switch E3 or E4, depending on the polarity of the measured voltage.

The standard supplies E7 and E8 are temperature-compensated Zener diodes of 7.8 to 8.4 V output voltage. The current flowing through diode E7 is determined by resistor R2 and that flowing through E8 by the resistor R8.

The resistors R3, R4, R6 and R7 determine the standard current for the positive polarity of the measured voltage. Fine adjustment is enabled with the potentiometer R3.

The resistors R9, R10, R12 and R13 determine the standard current for the negative polarity of the measured voltage. Fine adjustment is enabled with the potentiometer R9.

### 8.2.4. Control of the switches

The control logic of the BM 545 instrument operates at positive voltage level - log. 0 is 0 to 0.8 V, log. 1 is 2.4 to 5 V.

In order to ensure reliable operation of the switching transistors E1 to E4 (which are MOSFETs) they must obtain a driving voltage within the range 0 V to - 4.5 V; consequently, direct connection of their bases to the gates of the control logic is not feasible.

The voltage level converters for the individual switches are formed by transistors E20 to E23.

tranzistorů E20 až E23 jsou přímo zapojeny na výstupy řídicí logiky. Předpětí tranzistorů E20 až E23 dané odporem R32 a diodami E17, E18 a E19 zajišťuje, že změna úrovně napětí převaděče nastane, je-li výstupní napětí z řídicí logiky menší nebo větší než 2,4 V. Je-li na výstupu řídicí logiky úroveň log. 0 (0,8 V), je emitor tranzistoru E20 (nebo E21, E22, E23) spojen přes výstup hradla na zem. Tranzistor je otevřen. Budicí napětí spínače E2, které je dáno odporovým děličem R37, R35, snížené o saturační napětí tranzistoru a o úroveň log. 0 (0,8 V), je asi - 4,8 V. Tímto napětím je spínač uzavřen.

Je-li na výstupu řídicí logiky úroveň log. 1 (> 2,4 V), je tranzistor E20 (nebo E21, E22, E23) uzavřen a budicí napětí spínače je dáno součtem napětí na kolektoru E20 (nebo E21, E22, E23) a napětím zdroje - 15 V (v našem případě je toto napětí - 1,5 V) a tímto napětím je spínač otevřen.

#### 8.2.5. Logické obvody

Funkci logických obvodů lze popsat souhrnně vzhledem k její těsné logické souvislosti. Taktovací generátor hodinových impulsů je tvořen třemi hradly E25 1.2.4. Předpokládejme, že na vstupech 1, 2 hradla E25.1 je log. 0, na výstupu 11 hradla E25.4 log. 1. Kondenzátor C75 se nabíjí přes odpor R53. Dosáhne-li napětí na kondenzátoru úrovně log. 1, nastane překlopení hradel a změna úrovně na vstupech a výstupech jednotlivých hradel. Kondenzátor C75 se začne vybíjet přes paralelní kombinaci odporů R52 a R53 a diodu E42 do úrovně log. 0, čímž opět nastane změna napětí úrovní

E20 - E23. Эмиттеры транзисторов E20 - E23 непосредственно подключены к выходам управляющей логики. Напряжение смещения транзисторов E20 - E23, определенное сопротивлением R32 и диодами E17, E18 и E19, обеспечивает изменение уровня напряжения преобразователя в том случае, если выходное напряжение, снимаемое с управляющей логики, меньше или больше напряжения 2,4 В. Если на выходе управляющей логики уровень лог. «0» (0,8 В), то эмиттер транзистора E20 (или E21, E22, E23) соединен через выход вентиля на землю. Транзистор открыт и напряжение возбуждения E2 определяется делителем сопротивления R37, R35, уменьшенное на напряжение насыщения транзистора и на уровень лог. 0 (0,8 В) до прибл. - 4,8 В. Этим напряжением ключ заперт.

Если на выходе управляющей логики уровень лог. 1 (более 2,4 В), то транзистор E20 (или E21, E22, E23) заперт и напряжение возбуждения ключа определяется суммой напряжения на коллекторе E20 (или E21, E22, E23) и напряжением источника - 15 В в нашем случае это напряжение составляет - 1,5 В и этим напряжением ключ открыт.

#### 8.2.5. Логические схемы

Функцию логических схем можно описать вместе, ввиду их узкой логической связи друг с другом. Тактовый генератор управляющих импульсов образован тремя вентилями E25 1.2.4. Предположим, что на входах 1, 2 вентиля E25.1 имеется лог. 0, на выходе 11 вентиля E25.4 имеется лог. 1. Конденсатор C75 заряжается через сопротивление R53. Как только напряжение на конденсаторе достигает уровня лог. 1, имеет место опрокидывание вентиля и изменение уровней на входах и выходах отдельных вентилях. Конденсатор C75 начинает разряжаться через параллельную комбинацию сопротивлений R52 и R53 и диод E42 до уровня лог. 0, в результате чего опять

The emitters of these transistors are connected directly to the outputs of the control logic. The bias voltage for the transistors E20 to E23, produced by the resistor R32 and the diodes E17, E18, E19, ensures that level conversion takes place when the output voltage of the control logic is either lower or higher than 2.4 V.

When the level of log. 0 (0 V to 0.8 V) is on the output of the control logic, then the emitter of transistor E20 (or of E21, E22, E23) is connected to earth via the gate output. The transistor is open; the driving voltage for the switch E2, given by the voltage of the resistive divider R37, R35, reduced by the saturation voltage of the transistor and by the level of log. 0 (0.8 V) is approximately - 4.8 V; this voltage blocks the switch.

If log. 1 (> 2.4 V) is on the output of the control logic, transistor E20 (or E21, E22, E23) is closed and the driving voltage of the switch is given by the sum of the voltage on the collector of E20 (or of E21, E22, E23) and the voltage of the - 15 V supply, i. e. in this case this voltage is - 1.5 V which opens the switch.

#### 8.2.5. Logic circuits

As the operation of the logic circuits is based on close logic co-operation, it can be described on the whole as follows:

The cycling generator of clock pulses is formed by three gates (E25.1.2.4.). Supposing that log. 0 is on the inputs 1, 2 of the gate E25.1 and log. 1 is on the output 11 of the gate E25.4, then capacitor C75 is charged via resistor R53. When the voltage across this capacitor reaches the level of log. 1, the gates reverse and the levels on the inputs and outputs of the gates alter. The capacitor C75 starts to be discharged through the parallel combination of the resistors R52, R53 and the diode E42, until log. 0 is reached; thus a change of the



na jednotlivých hradlech. Hradlem E25.3 se dosahuje větší ostrost náběžných a týlových hran impulsů. Kmitočet generátoru je asi 10 kHz.

Signál z generátoru je veden do asynchronního čítače, který je tvořen čtyřmi dvojkově desítkovými čítači E26, E28, E30, E32. Jejich výstupy v BCD kódu 8421 jsou napojeny na vyrovnávací paměti E27, E29, E31, E33. Z výstupu 08 čítače E32 je odvozený úplný měřicí takt (viz obr. 2), který pozůstává z integračního taktu  $T_i$ , referenčního taktu  $T_p$ , z prázdného taktu  $T_r$  a z taktu indikace přetížení.

Vydeme ze stavu ukončení jednoho úplného měřicího taktu. Čítač počítá impulsy z taktovacího generátoru od 0 do 6000. Po tuto dobu probíhá integrační takt  $T_i$ . Stav log. úrovně jednotlivých obvodů řídicí logiky je uveden v grafu – obr. 2.

Po uvedené dobu je na výstupu 08 čítače E32 log. 0. To způsobuje prostřednictvím hradel E36.1, 2, 3 a E37.3, 4 a tranzistorů E20 až E23 (viz kapitola 8.2.4.), že je otevřen pouze spínač E2. Proudem, uměrným napětí  $\frac{+U_x}{R1}$ , je nabíjen kondenzátor C1, nebo paralelní kombinace C1, C12 a C13. Log. 0 na asynchronním vstupu 13 bistabilního klopného obvodu E34.2 způsobuje nastavení výstupu 08 na log. 1 a výstup 09 na log. 0. Hodinovými impulsy H (z taktovacího generátoru) je logická nula přenášena i na výstup 05 bistabilního klopného obvodu E39.1. Prostřednictvím hradel E38.3, E38.4 a E43.1 se objeví logická nula na vstupu 03 hradla E41.2, což způsobí, že na výstup 06 je log. 1. Logická 1 je rovněž na výstupu 08 hradla E41.3. (Vstup 09 hradla E41.3 má log. 0, úroveň uchovaná na výstupu E33.2 po předchozím měřicím tak-

имеет место изменение уровней напряжения на отдельных вентилях. Вентиль E25.3 обеспечивает большую крутизну передних и задних фронтов импульсов. Частота генератора составляет порядка 10 кГц.

Сигнал с выхода генератора подается в асинхронный счетчик, собранный на четырех двоично-десятичных счетчиках E26, E28, E30, E32. Выходы счетчиков в виде кода BCD 8421 подключены к буферным накопителям E27, E29, E31, E33. С выхода 08 счетчика E32 создается сигнал измерительного такта (см. рис. 2), который состоит из такта интегрирования  $T_i$ , такта сравнения  $T_p$  и свободного такта  $T_r$ . С выхода 09 снимается сигнал индикации перегрузки.

Начнем описания, исходя из состояния окончания одного полного измерительного такта. Счетчик считает импульсы тактового генератора от 0 до 6000. В течение этого времени происходит такт интегрирования  $T_i$ . Состояние лог. уровней отдельных цепей управляющей логики указано в графике на рис. 2. По истечении этого времени на выходе 08 счетчика E32 имеется лог. 0. В результате этого благодаря вентилям E36, 1, 2, 3 и E37.3, 4 и транзисторам E20 – E23 (см. раздел 8.2.4.) стперт только ключ E2. Током, пропорциональным напряжению  $\frac{+U_x}{R1}$ , заряжается конденсатор C1 или параллельная комбинация C1, C12 и C13. Лог. 0 на асинхронном входе 13 двоичного триггера E34.2 способствует установке выхода 08 до уровня лог. 1 и выхода 09 до уровня лог. 0. Управляющими импульсами H (ст тактового генератора) лог. ноль передается и на выход 05 триггера E39.1. Посредством вентилей E38.3, E38.4 и E43.1 логический ноль передается на вход 03 вентиля E41.2, в результате чего на выходе 06 имеется лог. 1. Логическая 1 имеется также на выходе 08 вентиля E41.3. (Вход 09 вентиля E41.3 имеет лог. 0, уровень сохраненный на выходе E33.2 после

voltage level on the individual gates takes place again. The gate E25.3 ensures increased steepness of the rising and trailing edges of the produced pulses. The frequency of the cycling generator is approximately 10 kHz.

The signal passes from the generator into the asynchronous counter which is formed by four binary decimal counters (made up from E26, E28, E30, E32), the outputs of which are applied in the BCD 8421 code to the buffer store E27, E29, E31 and E33. The complete measuring cycle is derived from the output 08 of counter E32 (see Fig. 2); it consists of the integration cycle  $T_i$ , the reference cycle  $T_p$ , the idle cycle  $T_r$  and the overload cycle. Starting from the state of the termination of a previous complete measuring cycle, the counter records pulses from 0 up to 6000 arriving from the cycling generator. During this period of time the integration cycle  $T_i$  takes place. The state of the logic levels of the individual circuits of the control logic is given in Table of Fig. 2. During this period of time, the level of output 08 of the counter E32 is log. 0 which, via the gates E36.1.2.3 and E37.3.4 and the transistors E20 to E23 (see item 8.2.4.), causes that only switch E2 is open. A current which is proportional to  $\frac{+U_x}{R1}$  charges capacitor C1, or the parallel combination C1, C12 and C13. Log. 0 on the asynchronous input 13 of the bistable flip-flop E34.2 causes log. 1 to be on the output 08 and log. 0 on the output 09. By means of the clock pulses H (from the cycling generator), log. 0 is passed also to the output 05 of the bistable flip-flop of E39.1. By means of the gates E38.3, E38.4 and E43.1, log. 0 appears on the input 03 of the gate E41.2, causing log. 1 to be on the output 06. Log. 1 is also on the output 08 of the gate E41.3 (the level of input 09 of the gate E41.3 is log. 0, which is the level on the output of E33.2 from the previous measuring cycle). Log. 1 on the inputs of gate

tu.) Logická 1 на входе вентиля E43.2 způsobuje на выходе 08 логickou 0, což brání přepisu stavu čítače na výstupy vyrovnávací paměti E27, E29, E31 a E33.

Integrace končí naplněním čítače stavem 6000. Týlovou hranou posledního hodinového impulsu H se změni výstup 08 čítače E32 z log. 0 na log. 1. Nástupní hranou impulsu na vstupu 03 je log. 1 ze vstupu 02 přenesena na výstup 05 bistabilního klopného obvodu E34.1, na výstupu 06 je log. 0; tím je zapamatována polarita měřeného napětí. Stav bistabilního klopného obvodu E34.2 zůstává na výstupech zachován. Na všech vstupech hradla E36.2 je log. 1, na výstupu 06 je logická nula a tím je na výstupu E37.4 log. 1 a spínač E4 je otevřen. Rovněž je otevřen spínač E1, ostatní spínače jsou uzavřeny. Probíhá referenční takt. Do součtového obvodu integrátoru teče proud úměrný  $\frac{+U_R}{R}$  a způsobuje vybíjení integračního kondenzátoru C1 nebo C12, C13 až do okamžiku, kdy napětí na výstupu integračního zesilovače dosáhne nulového napětí, to odpovídá době  $T_x$ . Na výstupu komparátoru se změni úroveň z log. 1 na log. 0. Při naměření napětí 1999 V včetně musí  $T_x$  nastat dříve, než čítač napočítá 8000, stav jednotlivých logických obvodů je v grafu - obr. 2. Logická nula se objeví na vstupech hradla E35.3, na výstupu 08 je log. 1, která je rovněž na vstupech 05 hradla E35.2. Stav bistabilního klopného obvodu E34.1 zůstává na výstupu 05 a 06 zachován. Logická 1 je rovněž

предшествующего измерительного такта). Логическая 1 на входах вентиля E43.2 способствует появлению на выходе 08 логического нуля, что препятствует записи информации о состоянии счетчика в буферный накопитель E27, E29, E31 и E33.

Интегрирование завершается заполнением счетчика, достигающим состояния 6000. Задним фронтом последнего управляющего импульса H изменяется выходной сигнал 08 счетчика E32, переходя из лог. 0 в лог. 1. Передним фронтом импульса на входе 03 передается лог. 1 на входе 02 к выходу 05 триггера E34.1, на выходе 06 имеется лог. 0. В результате этого запоминается полярность измеряемого напряжения. Состояние триггера с двумя устойчивыми состояниями E34.2 сохраняется на его выходах. На всех входах вентиля E36.2 имеется лог. 1, на выходах 06 имеется логический ноль и в результате этого на выходе E37.4 имеется лог. 1 и ключ E4 отперт. Также отперт ключ E1, остальные ключи заперты. Осуществляется такт сравнения. В схеме сложения интегратора протекает ток, пропорциональный  $\frac{+U_R}{R}$ , что способствует разрядке интегрирующего конденсатора C1 или (C12, C13) до момента, когда напряжение на выходе интегрирующего усилителя достигает нулевого значения, что соответствует времени  $T_x$ . На выходе компаратора изменяется уровень из лог. 1 до лог. 0. При измерении напряжения 1999 включительно момент  $T_x$  должен иметь место ранее момента, когда счетчик считает 8000. Состояние отдельных логических схем приведено в графике на рис. 2. Логический ноль появляется на входах вентиля E35.3, на выходе 08 имеется лог. 1, которая имеется также на входах 05 вентиля E35.2. Состояние триггера с двумя устойчивыми состояниями E34.1 остается на выходе 05 и 06. Логическая 1 имеется также на входах 04 вентиля E35.2, на выходе 06 имеется лог. 0,

E43.2 causes log. 0 to be on the output 08; this prevents transcribing of the state of the counter to the outputs of the buffer store E27, E29, E31 and E33.

Integration terminates by filling the counter to the state 6000. The trailing edge of the last clock pulse H changes output 08 of counter E32 from log. 0 to log. 1. The rising edge at the input 03 transfers log. 1 from the input 02 to the output 05 of the bistable flip-flop E34.1; log. 0 is on the output 06 and thus the polarity of the measured voltage is stored. The state of the bistable flip-flop E34.2 on the outputs remains unchanged. All the inputs of gate E36.2 carry log. 1 and the outputs 06 log. 0; thus log. 1 is on the output of E37.4 and switch E4 is open. Switch E1 is also open, but all the other switches are closed. The reference cycle takes place. A current proportional to  $\frac{+U_R}{R}$  flows into the junction point of the integrator, causing discharging of the integration capacitor C1 or (C12, C13) up to the instant when the voltage on the output of the integrating amplifier reaches zero, i. e. in the time  $T_x$ . The level on the comparator output changes from log. 1 to log. 0. When the voltage 1999 V has been measured,  $T_x$  must take place before the counter can record 8000. The states of the individual logic circuits are given in Table of Fig. 2, log. 0 appears on the inputs of gate E35.3, log. 1 is on the output 08 and is also on the inputs 05 of the gate of E35.2. The state of the bistable flip-flop E34.1 remains without change at the outputs 05 and 06. Log. 1 is also on the inputs 04 of gate E35.2; log. 0 is on the output 06 and also appears on the input 01 of



na vstupech 04 hradla E35.2, na výstupu 06 je log. 0, která se rovněž objeví na vstupu 01 hradla E35.1, na výstupu 03 nastane změna logické 0 na log. 1. Náběžnou hranou impulsu nastane změna úrovně na výstupech bistabilního klopného obvodu E34.2. Na výstupu 08 je logická nula, která způsobí prostřednictvím hradel E35.2 a E37.4 uzavření spínače E4 a na výstupu 09 E34 se objeví log. 1, která signalizuje provedení asynchronní komparace. Náběžnou hranou následujícího hodinového impulsu H z taktovacího generátoru se přenese log. 1 na výstup 05 bistabilně klopného obvodu E39.1. Na výstupu 08 monostabilního klopného obvodu E38.3 a E38.4 se objeví impuls  $\square$ , jehož šířka je dána časovou konstantou 0,5 . R55 . C15. Na výstupu 06 hradla E43.1 se objeví inverze impulsu  $\square$ , který prostřednictvím hradel E41.2 a E43.2 způsobí přepis obsahu čítače na výstup paměti E27, E29, E31 a E33.

Výstup z paměti čítače je vyveden v přímém BCD kódu 8421. Převod BCD kódu na sedmi-segmentový kód se provádí pomocí obvodů E44, E45, E46. Z výstupu dekodéru jsou přímo řízeny katody segmentovek displeje E49, E50, E51. Segmentovka displeje E52 má pouze stavy 0 a 1. Katody segmentu znázorňující jedničku jsou trvale připojené na zem přes odpor R62. Zbylé katody segmentů na doplnění nuly jsou spínané na zem přes tranzistor E47 přivedením log. 1 na bázi tranzistoru. Desetinné tečky na segmentovkách displeje jsou ovládané z přepínače rozsahu přes hradla E54.1, E54.2 a E54.3 a tranzistory E55, E56 a E57. Stlačením příslušného tlačítka rozsahu např. 100  $\mu$ V nastává změna úrovně z log. 1 na log. 0, na vstupu 01 hradla E54.1, na výstupu hradla 12 se objeví log. 1, která způsobí otevření tranzistoru E55 a tím

ktorýí появляется также на входе 01 вентиля E35.1, на выходе 03 имеет место изменение лог. 0 в лог. 1. Передний фронт импульса вызывает изменение уровня на выходах триггера с двумя устойчивыми состояниями E34.2. На выходе 08 имеется логический ноль, который посредством вентиля E35.2 и E37.4 вызывает запираание ключа E4 и на выходе 09 E34 появляется лог. 1, которая сигнализирует выполнение асинхронной компарации. Передним фронтом последующего управляющего импульса H, снимаемого с тактового генератора, передается лог. 1 на выход 05 триггера E39.1. На выходе 08 триггера с одним устойчивым состоянием E38.3 и E38.4 появляется импульс  $\square$ , длительность которого определяется постоянной времени 0,5 . R55 . C15. На выходе 06 вентиля E43.1 появляется инвертированный импульс  $\square$ , который с помощью вентиля E41.2 и E43.2 обеспечивает запись информации о содержании счетчика в накопителе E27, E29, E31 и E33.

Выход из накопителя счетчика выполнен в прямом коде BCD 8421. Преобразование кода BCD в код 1 из 7 осуществляется с помощью схем E44, E45, E46. С выхода деодирующего устройства осуществляется непосредственное управление катодами семисегментных индикаторов E49, E50, E51. Индикатор дисплея E52 имеет только состояния 0 и 1. Катоды сегмента, определяющие единицу, постоянно подключены к земле через сопротивление R62. Остальные катоды сегментов для дополнения в ноль замыкаются на землю через транзистор E47 путем подачи лог. 1 на базу транзистора. Десятичные знаки индикаторов управляются переключателем пределов через вентиля E54.1, E54.2 и E54.3 и транзисторы E55, E56 и E57. Путем нажатия на соответствующую кнопку в пределах 100 мкВ изменяется уровень от лог. 1 до лог. 0 на входе вентиля 01 E54.1, на выходе вентиля 12 появляется лог. 1, которая способствует отпирани-

the gate E35.1. On the output 03 log. 0 changes into log. 1. The rising edge of the pulse causes a level change on the outputs of the bistable flip-flop E34.2. On output 08 is log. 0 which causes closing of the switch E4 by the intermediary of the gates E35.2 and E37.4. On output 09 of E34 appears log. 1 which signals the carrying out of the asynchronous comparison. The rising edge of the next clock pulse H, supplied by the cycling generator, transfers log. 1 to output 05 of the bistable flip-flop E39.1. On output 08 of the monostable flip-flop E38.3 and E38.4 appears a rectangular pulse of the shape  $\square$ , the duration of which is determined by the time constant 0.5 . R55 . C15. On output 06 of the gate E43.1 appears the inverse shape of the rectangular pulse, i. e.  $\square$ , which causes the transcription of the counter contents to the output of the store E27, E29, E31 and E33 via the gates E41.2 and E43.2.

The output of the counter store is brought out in direct BCD 8421 code form. Conversion of this code into the 7-segment code is carried out by means of the circuits E44, E45, E46. The cathodes of the 7-segment display elements E49, E50, E51 are controlled directly by the output of this decoder; the element marked E52 has only two states, i. e. 0 and 1, and its cathodes which indicate „1” are earthed permanently via resistor R62; the other cathodes for completing the indication of „0” are switched to earth via the transistor E47 by applying log. 1 to its base. The decimal points of the display elements are controlled from the range selector switch via the gates E54.1, E54.2 and E54.3 and the transistors E55, E56, E57. When the appropriate push-button of the range selector is depressed, e. g. the one marked 100  $\mu$ V, the level of log. 1 changes to log. 0 on input 01 of the gate E54.1; log. 1 appears on the output 12 of the gate and causes the

připojení katody desetinné tečky segmentovky E49 na zem.

### 8.2.6. Indikace polarity

Na segmentovce displeje E53 je indikována pouze záporná polarita měřeného napětí nebo proudu rozsvícením středního segmentu. Předpokládejme měřené napětí kladné polarity.

Integrační takt končí naplněním čítače stavem 6000. Týlovou hranou posledního impulsu se změně výstup 08 čítače E32 z log. 0 na log. 1. Nástupní hranou impulsu na vstupu 03 je log. 1 na vstupu 02 přenesená na výstup 05 bistabilního klopného obvodu E34.1, na výstupu 06 je log. 0 (viz obr. 2). Stav bistabilního obvodu zůstává zachován až do příštího ukončení integračního taktu. Log. 0 z výstupu 06 E34.1 je přivedena na vstup 03 vyrovnávací paměti E33. Impulsem při přepisu obsahu čítače na výstup paměti se přenesou log. 0 na výstup 15 paměti E33. Transistor E48 je uzavřen a segment displeje E53 se nerozsvítí.

Při měření napětí záporné polarity na vstupu 06 E34.1 je log. 1, která se přenesou i na výstup 15 paměti E33. Transistor E48 se otevře a spojí katodu segmentu na zem, což se projeví rozsvícením segmentu.

### 8.2.7. Indikace přetížení

Uvažujeme případ, že komparace nenastala do napočítání čítače 8000 – stav jednotlivých log. obvodů je na obr. 2. Stavem čítače 8001 a více jsou na výstupech 08 a 09 čítače E32 log. 1. Log. 1 jsou i na vstupech E38.1 01 a 02, na výstupu 03 nastane změna na log. 0. Tato změna vyvolá

нию транзистора E55 и, следовательно, замыканию катода десятичного знака индикатора E49 на землю.

### 8.2.6. Индикация полярности

На индикаторе дисплея E53 показывается только отрицательная полярность измеряемого напряжения или тока путем зажигания центрального сегмента. Предположим наличие измеряемого напряжения положительной полярности. Такт интегрирования завершается заполнением счетчика, достигшего состояния 6000. В результате прохождения заднего фронта последнего импульса изменяется выходной сигнал 08 счетчика E32 от лог. 0 до лог. 1. Передним фронтом импульса на входе 03 передается лог. 1 со входа 02 к выходу 05 триггера с двумя устойчивыми состояниями E34.1. На выходе 06 имеется лог. 0 (см. рисунок 2). Состояние триггера с двумя устойчивыми состояниями сохраняется вплоть до окончания такта интегрирования. Лог. 0 с выхода 06 E34.1 подается на вход 03 буферного накопителя E33. С помощью импульса при записи содержания счетчика в накопитель передается лог. 0 на выход 15 накопителя E33. Транзистор E48 заперт и сегмент дисплея E53 не зажигается.

При измерении напряжения отрицательной полярности на входе 06 E34.1 имеется лог. 1, которая передается и на выход 15 накопителя E33. Транзистор E48 отпирается и замыкает катод сегмента на землю, в результате чего сегмент зажигается.

### 8.2.7. Индикация перегрузки

Предположим случай, что сравнение не осуществилось до момента подсчета 8000 – состояние отдельных логических схем приведено на рис. 2. При появлении состояния счетчика 8001 и более на выходах 08 и 09 счетчика E32 имеет место лог. 1. Лог. 1 имеется и на

transistor E55 to open. Thus, the cathode of the decimal point of the indicating element E49 becomes connected to earth.

### 8.2.6. Polarity indication

Only the negative polarity of the measured voltage or current is indicated by the centre segment of E53 (LQ 400) on the display of the instrument lighting up.

Supposing a positive voltage is being measured and the integration cycle terminates by the counter state of 6000, then the trailing edge of the last pulse changes the state of output 08 of the counter E32 from log. 0 to log. 1. By the rising edge of the pulse on input 03, the level of log. 1 is transferred from input 02 to output 05 of the bistable flip-flop E34.1; log. 0 is on output 06 (see Fig. 2). The state of the bistable circuit remains maintained up to the next termination of the integration cycle. Log. 0 from output 06 of E34.1 is applied to input 03 of the buffer store E33. When the contents of the counter are transcribed to the output of the store, the pulse transfers log. 0 to output 15 of the store E33. Transistor E48 is closed and the segment of the display element E53 remains dark.

When a voltage of negative polarity is measured, then log. 1 is on input 06 of E34.1 and is transferred also to output 15 of the store E33. Transistor E48 opens and connects the cathode of the pertaining segment to earth, thus causing the negative sign to light up.

### 8.2.7. Overloading indication

Provided comparison has not taken place before the counter recorded 8000 (the states of the individual logic circuits are given in Table Fig. 2), the state 8001 or more of the counter causes the level log. 1 to be on the outputs 08 and 09 of the counter E32. The same level is



na výstupu 06 monostabilního klopného obvodu E37.1 a E37.2 impuls, jehož šířka je dána časovou konstantou R56 C14. Na výstupu 06 hradla E38.2 se objeví inverze impulsu, který způsobí přenos obsahu vstupu 06 paměti E33.2, v našem případě log. 1 na výstup 10. (Protože nenastala komparace, nezměnil se průběh na výstupu E34.2. Hodinovými impulsy H z taktovacího generátoru je na výstup E39.1 05 přenesena log. 0. Nula na vstupu 09 E38.4 způsobí na výstupu 06 E43.1, log. 0, která na výstupu 06 E41.2 způsobí log. 1, a ta je přivedena na vstup 09 a 10 E43.2.) Tato log. 1 se dostane i na vstup 09 hradla E41.3. Na vstupech 10 a 11 jsou log. 1. Na výstupu 08 nastane změna z log. 1 na log. 0. Tato log. 0 je přivedena na vstupy 12 a 13 hradla E43.2 a na výstupu 08 nastane změna úrovně z log. 0 na log. 1. Náběžnou hranou impulsu a po čas trvání log. 1 (přetlžení) je proveden přepis obsahu čítače na výstup paměti. Na segmentovkách displeje se objeví blikání všech číslic displeje v rytmu naplňování čítače.

### 8.2.8. Obvody IMS

Budeme uvažovat, že tlačítka S1, S2, S3, S4 nejsou stlačena. Přepojením záznamového zařízení k mikrovoltmetru - picoampérmětru BM 545 na vstupu 01 hradla E65.1 nastala změna úrovně z log. 1 na log. 0. (Povelový signál B1, funkční jednotka je připravena pro spouštění signálem B2). Na výstupu 03 hradla E65.1 je změna z log. 0 na log. 1. Integrovaný člen R119 a C21 zaručuje potlačení rušivých signálů. Následující Schmittův klopný obvod tvořený hrad-

выходах E38.1 01 и 02, на выходе 03 осуществляется изменение сигнала в лог. 0. Это изменение вызывает на выходе 06 триггера с одним устойчивым состоянием E37.1 и E37.2 появление импульса, длительность которого определяется постоянной времени R56, C14. На выходе 06 вентиля E38.2 появляется инвертированный импульс, который обеспечивает передачу содержания входа 06 в накопитель E33.2, в нашем случае речь идет о лог. 1, передаваемой к выходу 10 (ввиду того, что не осуществлено сравнение, не имеет место изменение сигнала на выходе E34.2. С помощью управляющих импульсов H тактового генератора на выходе E39.1 05 передается лог. 0. Ноль на входе 09 E38.4 вызывает появление лог. 0 на выходе 06 E43.1, который способствует появлению лог. 1 на выходе 06 E41.2. Этот сигнал лог. 1 подается на вход 09 и 10 E43.2). Этот сигнал лог. 1 поступает и на вход 09 вентиля E41.3. На входах 10 и 11 имеется лог. 1. На выходе 08 имеет место изменение от лог. 1 до лог. 0. Этот лог. 0 подается на входы 12 и 13 вентиля E43.2 и на выходе 08 имеет место изменение уровня от лог. 0 до лог. 1. С помощью переднего фронта импульса во время существования лог. 1 (перегрузки) осуществляется запись содержания счетчика в накопитель. На индикаторах дисплея появляется мигание всех цифр дисплея с частотой заполнения счетчика.

### 8.2.8. Схемы ИИС

Предположим, что кнопки S1, S2, S3, S4 не нажаты. Путем подключения устройства записи к микровольтметру - picoамперметру BM 545 на входе 01 вентиля E65.1 имело место изменение уровня от лог. 1 до лог. 0 (командный сигнал «B1» - функциональный блок подготовлен для запуска сигналом «B2»). На выходе 03 вентиля E65.1 имеет место изменение сигнала от лог. 0 до лог. 1. Интегрирующее звено R119 и C21 обеспечивает по-

also on the inputs 01 and 02 of E38.1, and the level on output 03 changes to log. 0. This change evokes on output 06 of the monostable flip-flop E37.1 and E37.2 a pulse, the duration of which is determined by the time constant R56, C14. On output 06 of the gate E38.2 appears the inverted pulse which causes the transfer of the contents of input 06 of the store E33.2, in this case log. 1, to output 10. (The comparison has not caused a change on the output of E34.2. The clock pulses H, supplied by the cycling generator, transfer log. 0 to output 05 of E39.1. Zero on input 09 of E38.4 causes log. 0 to be on output 06 of E43.1, which in turn causes log. 1 to be on output 06 of E41.2 which passes also to inputs 09 and 10 of gate E43.2). This log. 1 reaches also input 09 of gate E41.3. The level on inputs 10 and 11 is log. 1. On output 08, the level log. 1 changes to log. 0. Inputs 12 and 13 of gate E43.2 obtain this log. 0 and the level on output 08 changes from log. 0 to log. 1. During the state log. 1 (overload), the rising edge of the pulse carries out the transcription of the counter contents to the output of the store. All the number indicators of the display flicker in the rhythm of the counter operation.

### 8.2.8. IMS circuits

It is supposed that the push-buttons S1 to S4 are not depressed. The connection of a recording equipment to the BM 545 microvoltmeter - picoammeter has caused a change from log. 1 to log. 0 at the input 01 of the gate E65.1. (The command signal B1 has caused the unit to be ready for starting by means of the signal B2). On output 03 of the gate E65.1, log. 0 has changed to log. 1. The integrating element formed by R119 and C21 suppresses interfer-

ly E65.2 a E65.3 regeneruje signály deformované integračním členem. Na výstupech hradla E65.3 nastane změna úrovně z log. 0 na log. 1.

Pomocí hradel E65.4, E67.3 nastane na výstupu 06 hradla E67.2 změna úrovně log. 1 na log. 0. Derivační člen C22 R122 a R124 vytvoří záporné impulsy pro nastavení RS klopného obvodu sestaveného z hradel E68.2 a E71.3. Na výstupu 08 hradla E71.3 je úroveň log. 1. Informace zaregistrování povelového signálu B1 v RS klopném obvodě se přenesou prostřednictvím hradel E68.4 a E70.1 na výstup M2, kde bude log. 1, což signalizuje, že informační signály na výstupu voltmetru nejsou platné. Povelový signál B2 se zpracovává stejným způsobem jako povelový signál B1 (stejně zapojení logických obvodů E64.1 až 4 a E67.4 a E67.1).

Výstup 06 hradla E71.2, které tvoří spolu s hradlem E68.3 RS klopný obvod, bude po zaregistrování povelového signálu B2 log. 0. Zaregistrování B2 se projeví po inverzi hradlem E69.3 ještě na výstupu M1 (log. 1) hlášením, že informační signály na vstupu voltmetru se zpracovávají, nepřipouští-li se změna stavu těchto signálů. Zaregistrování obou signálů B1, B2 se přes hradlo E71.1 a invertor E68.1 přenesou na výstup 03 log. 1.

Po skončení komp. taktu na výstupu hradla E41.1 nastane změna z log. 1 na log. 0. Tato změna způsobí změnu stavu klopného obvodu E39.2. Na výstupu 08 nastane změna úrovně z log. 0 na log. 1. Tato změna způsobí na výstupu 08 monostabilního obvodu (hradlo E69.1 a 2) impuls  $\square$ , který způsobí změnu stavu RS klopného obvodu (hradla E71.2, E68.3 a E71.3,

давление сигналов помех. Последующий триггер, собранный на вентилях E65.2 и E65.3, восстанавливает сигналы, деформированные интегрирующей цепочкой. На выходах вентиля E65.3 имеет место изменение уровня от лог. 0 до лог. 1. С помощью вентиля E65.4, E67.3 на выходе 06 вентиля E67.2 изменяется уровень лог. 1 в уровень лог. 0. Дифференцирующая цепочка C22, R122 и R124 создает отрицательные импульсы для установки триггера типа RS, состоящего из вентиля E68.2 и E71.3. На выходе 08 вентиля E71.3 имеется уровень лог. 1. Информация регистрации командного сигнала B1 в триггере RS передается посредством вентиля E68.4 и E70.1 на выход M2, где имеется лог. 1, в результате чего сигнализируется неправильность информационных сигналов на выходе вольтметра. Командный сигнал B2 обрабатывается так же, как и командный сигнал B1 (одинаковая схема логических микросхем E64.1 - 4 и E67.4 и E67.1).

Выход 06 вентиля E71.2, который вместе с вентилем E68.3 образует триггер RS, будет после регистрации командного сигнала B2 находиться на уровне лог. 0. Регистрация (B2) проявляется после инвертирования (вентиль E69.3) также на выходе M1 (лог. 1) сигнализацией того, что информационные сигналы на входе вольтметра обрабатываются и не допускается изменение состояния этих сигналов. Регистрация обоих сигналов (B1), (B2) через вентиль E71.1 и инвертор E68.1 передается на выход 03 лог. 1.

После окончания такта сравнения на выходе вентиля E41.1 имеет место переход от лог. 1 на лог. 0. Это изменение вызывает изменение триггера E39.2. На выходе 08 имеет место изменение уровня от лог. 0 в лог. 1. Это изменение вызывает на выходе 08 триггера с одним устойчивым состоянием (вентиль E69.1 и 2) появление импульса  $\square$ , который вызывает изменение состояния триггера RS (венти-

ing signals. The Schmitt flip-flop which follows is formed by the gates E65.2 and E65.3; it regenerates the signals distorted by the integrating element. The level on the outputs of the gate E65.3 changes from log. 0 to log. 1. With the aid of the gates E65.4, E67.3, the level on output 06 of the gate E67.2 is changed from log. 1 to log. 0. The differentiating network C22, R122 and R124 produces negative pulses for setting the RS flip-flop which is formed by the gates E68.2 and E71.3. The level on output 08 of the gate E71.3 is log. 1. The information about the registering of the command signal B1 by the RS flip-flop is transferred to the output M2, via the gates E68.4 and E70.1, where the level is now log. 1; this indicates that the information signals on the voltmeter output are not valid.

The command signal B2 is processed in the same manner as the signal B1 (the logic circuits E64.1 to 4 and E67.4, E67.1 are wired in the same manner).

Output 06 of the gate E71.2 which, together with the gate E68.3, forms an RS flip-flop, will carry log. 0 after the registering of the command signal B2. This registering of B2 exhibits itself after inversion (by gate E69.3) on the output M1 (log. 1) by announcing that the information signals on the input of the voltmeter are being processed and that any change in these signals is not permissible. The registering of both signals B1 and B2 is transferred to output 03 as log. 1 via the gate E71.1 and the inverter E68.1.

When the comparison cycle has terminated, the level on the output of gate E41.1 changes from log. 1 to log. 0. This change causes the state of the flip-flop E39.2 to alter. The level on output 08 changes from log. 0 to log. 1, produces on output 08 of the monostable circuit (gate E69.1 and 2) a pulse  $\square$  which alters the state of the RS flip-flop (gates E71.2, E68.3 and E71.3, E68.2). Thus, the signal M1 changes



E68.2). Tím se změní signál M1 z log. 1 na log. 0.

Tento signál dává informaci, že informační signály na výstupu mikrovoltmetru - picoampérometru BM 545 jsou platné, změna signálu je nepřipustná. Toto je zajištěno tím, že změna výstupu RS klopného obvodu se přenese přes hradla E71.1 a E68.1 jako logická nula.

#### Tlačítka S1 a S2

Hradla E63.1 a E63.4 tvoří RS klopný obvod. Stlačením tlačítka S1 nastane změna úrovně z log. 1 na log. 0, na vstupu 01 hradla E63.1, na výstupu 03 bude změna úrovně z log. 0 na log. 1. Tím jsou uvolněna hradla E63.2 a E63.3 a nastane vnitřní propojení vstupů B1 a B2, přičemž lze spouštět přes kterýkoliv vstup. Rovněž na výstupu 11 hradla E63.4 nastane změna úrovně z log. 1 na log. 0, na derivačním členu C17, R101 a R103 vznikne impuls, který způsobí jednorázové spuštění záznamového zařízení. Jednorázového spuštění dosáhneme stlačením tlačítka S2.

#### Tlačítko S3

Stejnou funkci jako signál B0 plní tlačítko S3. Na vstupu 01, 02 hradla E65.1 nastane změna úrovně log. 1 na log. 0, na výstupu 03 bude změna log. 0 na log. 1. Na výstupu 11 hradla E65.4 nastane změna z log. 1 na log. 0. To způsobí vynulování RS klopných obvodů pro registraci signálu B1 a B2.

#### Tlačítko S4

Stlačením tlačítka S4 nastane zablokování signálu B1 a B2. Na vstupu hradla E64.1 a E65.1 nastane změna log. 1 na log. 0. Úplný měřicí takt je přiváděn na vstupy hradel E67.1 a E67.2.

li E71.2, E68.3 a E71.3, E68.2). В результате этого изменяется сигнал M1, переходя из лог. 1 в лог. 0.

Этот сигнал дает информацию о том, что информационные сигналы на выходе микровольтметра - пикоамперметра BM 545 действительны, изменение сигнала не допускается. Последнее обеспечивается путем передачи выходного уровня триггера RS через вентили E71.1 и E68.1 в качестве логического нуля.

#### Кнопки S1 и S2:

Вентили E63.1 и E63.4 образуют триггер RS. При нажатии на кнопку S1 происходит изменение уровня из лог. 1 в лог. 0, на входе 01 вентиля E63.1, на выходе 03 имеет место изменение уровня от лог. 0 до лог. 1. В результате этого освобождаются вентили E63.2 и E63.3 и имеет место внутреннее проключение входов B1 и B2, причем запуск можно осуществлять через любой вход. Также на выходе 11 вентиля E63.4 имеет место изменение уровня из лог. 1 в лог. 0, на дифференцирующей цепочке C17, R101 и R103 возникает импульс, вызывающий однократный запуск устройства записи. Однократный запуск осуществляется нажатием на кнопку S2.

#### Кнопка S3:

Кнопка S3 играет такую же роль, как и сигнал (B0). На входе 01, 02 вентиля E65.1 имеет место изменение логического уровня из лог. 1 в лог. 0, на выходе 03 имеет место изменение лог. 0 в лог. 1. На выходе 11 вентиля E65.4 происходит изменение от лог. 1 в лог. 0. Это вызывает сброс триггеров RS для регистрации сигнала (B1 и B2).

#### Кнопка S4:

При нажатии на кнопку S4 имеет место блокировка сигнала B1 и B2. На входе вентиля E64.1 и E65.1 имеет место изменение лог. 1 в лог. 0. Полный измерительный такт подает на входы вентиля E67.1 и E67.2.

from log. 1 to log. 0. This signal offers information that the information signals on the output of the BM 545 microvoltmeter - picoammeter are valid and that alteration of the signal is not permissible; this is ensured so that the change of the output of the RS flip-flop circuit is transferred as logic zero via the gates E71.1 and E68.1.

#### Push-buttons S1 and S2

The gates E63.1 and E63.4 form an RS flip-flop. By depressing push-button S1, the level on input 01 of the gate E63.1 changes from log. 1 to log. 0; the level on output 03 changes from log. 0 to log. 1. Thus the gates E63.2 and E63.3 are freed and the inputs B1 and B2 are interconnected internally, so that triggering can be accomplished via either input. A change takes place also on the output 11 of the gate E63.4 (from log. 1 to log. 0); on the differentiating element C17, R101 and R103 a pulse is created which in the one-shot mode triggers the recording equipment. One-shot triggering can be evoked also by depressing the push-button marked S2.

#### Push-button S3

This push-button has the same function as the signal B0. The level on the inputs 01, 02 of the gate E65.1 changes from log. 1 to log. 0; on output 03, the change will be from log. 0 to log. 1. The output 11 of the gate E65.4 changes from log. 1 to log. 0 and causes zeroizing (clearing) of the RS flip-flop for the registering signals B1 and B2.

#### Push-button S4

When this push-button is depressed, the signals B1 and B2 are blocked. The level on the inputs of the gates E64.1 and E65.1 changes from log. 1 to log. 0. The complete measuring cycle is applied to the inputs of the gates E67.1 and E67.2.

### 8.2.9. Dekodér

Dává informaci o znaménku údaje, o zařazeném rozsahu a druhu měřené veličiny. Je tvořený hradly E58 až E62. Jednotlivé vstupy hradel jsou ovládány z přepínače rozsahu a funkce. Stlačením tlačítka (rozsahu nebo funkce) nastává změna úrovně na vstupu příslušných hradel z log. 1 na log. 0.

## 9. POKYNY PRO ÚDRŽBU

Mikrovoltmetr - pikoampérmetr neobsahuje náročné mechanické díly, které by vyžadovaly zvláštní údržbu.

Při kontrole přesnosti, nebo při opravách náhodných poruch jednotlivých obvodů provedeme vyčištění vnitřku přístroje od prachu a nečistot.

## 10. POKYNY PRO OPRAVY

Při opravách, kdy je nutno přístroj odkrytovat, je třeba dodržet zásady bezpečnosti práce na obvodech pod nebezpečným napětím. Při výměně polovodičových součástí je nutno postupovat opatrně, aby se vlivem zahřátí tyto nepoškodily. Při hledání závady nikdy neotáčejte nastavovací prvky. Ty se nastavují jen při celkovém nastavení mikrovoltmetru - pikoampérmetru BM 545. Dále jsou uvedeny případy závad, jejich příčiny a způsob oprav.

### 8.2.9. Декодирующее устройство

Оно дает информацию о знаке величины, о включенном пределе и о виде измеряемой величины. Оно образовано вентилями E58 - E62. Отдельные входы вентилях управляются переключателем пределов и режима работы. При нажатии на кнопку (предела или режима работы) осуществляется изменение уровня на входе соответствующих вентилях от лог. 1 до лог. 0.

## 9. УКАЗАНИЯ ПО УХОДУ ЗА ПРИБОРОМ

Микровольтметр - пикоамперметр не содержит требовательных механических частей, которые нуждались бы в специальном уходе. При контроле точности или при ремонте случайных неисправностей отдельных схем необходимо очистить внутреннюю часть прибора от пыли и загрязнений.

## 10. УКАЗАНИЯ ПО РЕМОНТУ

При ремонте в случае необходимости снятия крышек прибора следует соблюдать правила техники безопасности при работе с цепями, находящимися под опасным напряжением. При замене полупроводниковых деталей необходимо работать осторожно, чтобы их не вывести из строя в результате нагрева. При отыскании неисправности не следует вращать подстроечными элементами. Они устанавливаются только при общей регулировке микровольтметра - пикоамперметра BM 545. Далее приводятся неисправности, их причины и способ устранения.

### 8.2.9. Decoder

This circuit offers information about the polarity sign, the selected range and the character of the measured variable. The decoder is formed by the gates E58 to E62. The individual gate inputs are controlled with the range and function selectors. When either of these push-buttons (range or function) is depressed, a level change from log. 1 to log. 0 takes place on the input of the appropriate gates.

## 9. INSTRUCTIONS FOR MAINTENANCE

The BM 545 microvoltmeter - picoammeter does not contain any sensitive mechanical parts which would require special maintenance measures.

When the accuracy is being checked, or during the repair of an accidental defect of a circuit, it is advisable to clean dust and other impurities from the interior of the instrument.

## 10. INSTRUCTIONS FOR REPAIRS

During repairs, for the carrying out of which the covers of the BM 545 microvoltmeter - picoammeter have to be removed, the safety regulations concerning instruments operating with electricity must be adhered to. Whenever a semiconductor device is being exchanged, great care must be taken so as to preclude damage through overheating during soldering. When the cause of a failure is being sought, the settings of the internal controls of the instrument must not be altered, as they have been adjusted correctly during production and must be reset only when the BM 545 microvoltmeter - picoammeter is being overhauled. A description of possible defects and advice for their remedy follow for operator convenience.



## 10.1. Analogová část

### 10.1.1. Výstupní napětí v bodě 11 (analogový výstup)

při zkratovaných vstupních svorkách není nulové (na všech rozsazích).

Pravděpodobnost závady je v zesilovačích včetně modulátorů a jejich buzení.

Kontrola.

Zkratujeme vstupní svorky. Rozpojíme spojku S23. Na měřicí bod 10 připojíme osciloskop, na osciloskopu má být tvar napětí podle obr. 6 (stlačeno tlačítko rozsahu 1 mV).

## 10.1. Аналоговая часть

### 10.1.1. Выходное напряжение в точке 11 (аналоговый выход)

при закороченных входных зажимах не равно нулю (на всех пределах).

Возникшая неисправность может быть в усилителях, включая модуляторы и их возбуждение.

Контроль:

закоротить входные зажимы, разомкнуть перемычку S23. К измерительной точке 10 подключить осциллоскоп. На нем должно быть напряжение по рис. 6 (нажата кнопка предела 1 мВ).

## 10.1. Analog section

### 10.1.1. If the analog voltage on point 11 (analog output)

is not zero when the input terminals are short-circuited, and has a certain value regardless to the selected range, then the defect is probably in the amplifiers, including the modulators and their drive.

In order to locate the defect, the following procedure has to be carried out:

With the input terminals short-circuited, the link S23 has to be disconnected and an oscilloscope connected to point 10. The displayed waveform should be as shown in Fig. 6 when the range selector push-button 1 mV is depressed.

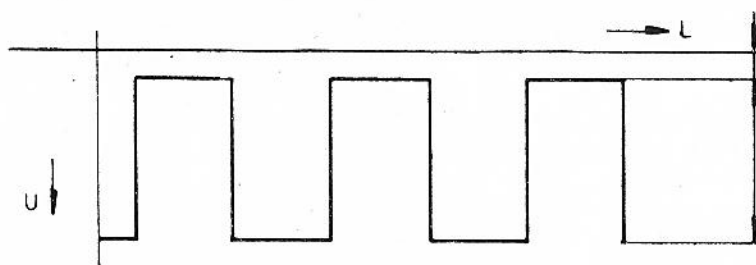


Obr. 6  
Рис. 6  
Fig. 6

Není-li, kontrolujeme obvod zdroje modulačního napětí, měřicí body 4, 6, kde je napětí podle obr. 7

В противном случае проконтролировать схему источника напряжения модуляции, измерительные точки 4, 6, где должно быть напряжение по рис. 7

If this is not the case, the source of the modulating voltage must be checked. The voltage on the test points 4, 6 should be as shown in Fig. 7.



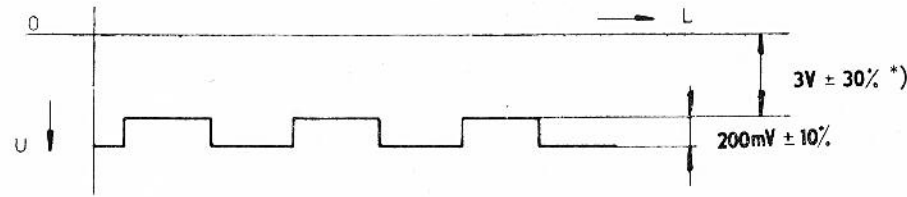
0,3 V ± 50 %	0,3 B ± 50 %	0,3 V ± 50 %
3,5 V ± 1 V	3,5 B ± 1 B	3,5 V ± 1 V
= 175 Hz ± 10 %	= 175 Гц ± 10 %	= 175 Hz ± 10 %

Obr. 7    Рис. 7    Fig. 7

a na měřicím bodě 5 (měřeno osciloskopem se vstupním odporem 1 MΩ) - obr. 8.

и в измерительной точке 5 (измеряется осциллографом с входным сопротивлением 1 МОм) на рис. 8.

The voltage on test point 5, measured with an oscilloscope of 1 MΩ input impedance, should have the shape shown in Fig. 8.



Obr. 8 Рис. 8 Fig. 8

Hodnota značená hvězdičkou se liší podle použitého MOS-FETu E1.

Значение, обозначенное звездочкой, зависит от используемого транзистора MOSFET E1.

\*) This value depends on the MOSFET E1 employed and, therefore, can vary.

Neodpovídají-li průběhy požadovaným, kontrolujeme MOS-FET E1, případně E2 a E9, E10. Jsou-li tyto polovodiče v pořádku, zkontrolujeme:

Если сигналы не соответствуют требуемым, то необходимо проконтролировать MOSFET E1 или E2 и E9, E10. Если эти полупроводники исправны, то следует проверить:

If the results obtained from these measurements do not tally with the required waveforms, then the MOSFET E1 and/or E2 and E9, E10 must be checked. If these semiconductor devices are in order, then the following tests have to be carried out:

- je-li správné ss předpětí pro modulátor E1 (obr. 8), obvod automatického předpětí tvořený E44, E45;
- je-li správné ss předpětí pro synchronní detektor (obr. 7), tranzistory E40, E41 a odpory R135 - R138;
- není-li napětí obdélníkového průběhu, zkontrolujeme integrované obvody E42, E43.

- наличие правильного напряжения смещения модулятора E1 (рис. 8), схему автоматического смещения напряжения, собранную на E44, E45
- наличие правильного напряжения смещения постоянного тока синхронного детектора (рис. 7), транзисторы E40, E41 и сопротивления R135 - R138
- при отсутствии напряжения прямоугольной формы проконтролировать интегральные микросхемы E42, E43.

- If the DC bias voltage (Fig. 8) for the modulator E1 is incorrect, then the circuit of the automatic bias, formed by E44 and E45, must be checked.
- If the DC bias voltage (Fig. 7) for the synchronous detector is incorrect, then the transistors E40, E41 and the resistors R135 to R138 must be tested.
- If the voltage has not the correct rectangular shape, then the integrated circuits E42 and E43 must be checked.

#### 10.1.2. Kontrola celého zesilovače analogové části

#### 10.1.2. Контроль общего усилителя аналоговой части

#### 10.1.2. When the whole analog section of the instrument

Spojka S23 rozpojena. Přemostíme kondenzátor C18 odporem  $R_a = 220 \text{ k}\Omega/\text{B}$  (zesilovač E11) a kondenzátor C30 odporem  $R_f = 1 \text{ M}\Omega$  (zesilovač E12), stlačíme tlačítko 1 mV. Na

Перемычка S23 разомкнута. Шунтировать конденсатор C18 сопротивлением  $R_a = 220 \text{ k}\Omega/\text{B}$  (усилитель E11) и конденсатор C30 сопротивлением  $R_f = 1 \text{ M}\Omega$  (усилитель

has to be checked for correctness, then the link S23 has to be disconnected and the capacitor C18 shunted by a resistor  $R_a = 220 \text{ k}\Omega/\text{B}$  (amplifier E11) and the capacitor C30 by a re-



vstup připojíme zdroj ss napětí (svorka U1 „300 U<sub>max</sub>“) s napětím U<sub>1</sub> = +1 mV (-1 mV). Na analogovém výstupu musí být napětí U<sub>2</sub> = 1 V ± 20 %.

10.1.3. Zesilovací větve bez závady (podle bodu 1, 2) při spojené spojce S23 a vstupních svorkách zkratovaných:

a) na analogovém výstupu není nulové napětí. Pro citlivé rozsahy musíme nulu nastavit potenciometrem R29

b) výstupní napětí na analogovém výstupu se periodicky mění.

Pravděpodobná závada:

ad a) závada je v přerušení zpětné vazby (nepřináá tlačítková souprava, přerušená zpětnovazební dělič)

ad b) poškozené nebo nepřipojené kondenzátory C18 - C21, C28 nebo odpor R91 (R92).

## 10.2. Analogově číslicový převodník

Je-li vstupní část v pořádku, zkontrolujeme analogově-číslcový převodník.

Především zkontrolujeme napájecí napětí, na kontaktu 7 operačního zesilovače E9 musí být +15 V a na kontaktu 4 musí být -15 V. Rovněž zkontrolujeme napětí ve vyznačených bodech komparátoru, musí odpovídat údajům napětí, vyznačeným na schémate. Jsou-li napájecí napětí v pořádku, připravíme mikrovoltmetr-pikoampérmetr pro měření napětí na rozsahu

E12). Нажать на кнопку 1 мВ. На вход подключить источник постоянного напряжения (зажим U1 «300 U макс.») с напряжением U<sub>1</sub> = +1 мВ (-1 мВ). На аналоговом выходе должно быть напряжение U<sub>2</sub> = 1 В ± 20 %.

10.1.3. Усилительный тракт исправен (по пункту 1, 2)

при соединенной перемычке S23 и закороченных входных зажимах:

a) на аналоговом выходе нет нулевого напряжения. На самых чувствительных пределах необходимо установить ноль потенциометром R29

б) выходное напряжение на аналоговом выходе периодически изменяется.

Вероятная причина:

к пункту а) неисправность заключается в обрыве цепи обратной связи (не включает кнопку, обрыв делителя обратной связи)

к пункту б): поврежденные или неподключенные конденсаторы C18 - C21, C28 или сопротивление R91 (R92).

## 10.2. Аналого-цифровой преобразователь

Если входная часть исправна, то проконтролировать аналого-цифровой преобразователь.

Прежде всего, проконтролировать напряжение питания, на контакте 7 операционного усилителя E9 должно быть +15 В и на контакте 4 должно быть -15 В. Также проконтролировать напряжение на указанных точках компаратора, которое должно соответствовать данным, приведенным на схеме. Если напряжения питания правильны, то перевести микровольтметр-пикоамперметр в режим изме-

sistor Rf = 1 MΩ (amplifier E12). The push-button 1 mV must be depressed. A DC voltage supply has to be connected to the terminals (U1, 300 V max.) and the input set to U<sub>1</sub> = +1 mV (-1 mV). The analog output must carry a voltage U<sub>2</sub> = 1 V ± 20 %.

10.1.3. The above tests have proved that the amplifier chain

is in order, however when the link S23 is applied and the input terminals are short-circuited, the following faults are noticeable:

a) The voltage on the analog output is not zero. The potentiometer R29 must be adjusted in order to set zero voltage with the most sensitive ranges selected.

b) The voltage on the analog output changes periodically.

In the case a), the defect is caused probably by interruption of the feedback (the push-button set does not make contact, or the feedback divider is defective).

In the case b), one of the capacitors C18 to C21, C28, or the resistor R91 (R92) is either defective or disconnected.

## 10.2. Analog-to-digital converter

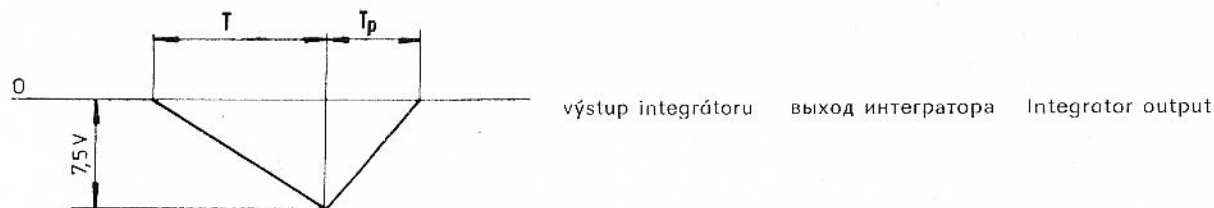
If the input section of the instrument has been found to be in order, then the A/D converter will have to be checked.

First of all, the powering voltage must be checked for correctness; contact 7 of the operational amplifier E9 must carry +15 V and -15 V must be on the contact 4. It is essential to check the voltages on the points marked on the wiring diagram. If they are in order, the BM 545 instrument has to be prepared for a voltage measurement within the 1 V range. A DC supply of 1.5 V has to be connected to

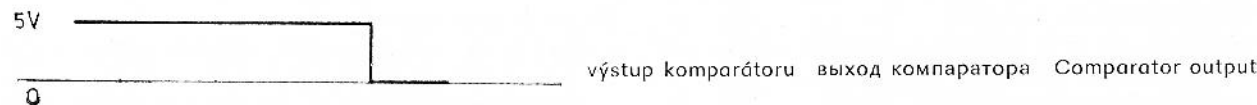
1 V. Na měřicí svorky připojíme stejnosměrný zdroj o napětí 1,5 V. Na měřicí bod 3 a zem se připojí pomaloběžný osciloskop s napětovou citlivostí 1 V/cm a s časovou základnou 0,5 až 5 Hz. Je-li osciloskop vícecestový, připojíme druhou stopu na kolektor tranzistoru E15 (výstup komparátoru). Na stínítku obrazovky se musí objevit signál podle obr. 9.

рения напряжения на пределе 1 В. К измерительным зажимам подключить источник постоянного тока напряжением 1,5 В. К измерительным точкам 3 и земле подключить осциллоскоп медленных явлений с чувствительностью 1 В/см и с частотой развертки 0,5 - 5 Гц. Если осциллоскоп многоканальный, то второй канал подключить к коллектору транзистора E15 (выход компаратора). На экране трубки должен иметь место сигнал по рис. 9.

the measuring terminals and an oscilloscope of 1 V/cm sensitivity and with a time base range of 0.5 to 5 Hz applied between the test point 3 and earth. If this oscilloscope is of double-beam design, then the second beam has to be connected to transistor E15 (comparator output). The signals displayed on the CRT screen should have the shape shown in Fig. 9.



Obr. 9  
Рис. 9  
Fig. 9



Odpovídá-li signál na stínítku obr. 9, je závada v řídicí logice. Podle statě 8 „Logické obvody“ zkontrolujeme funkci jednotlivých logických obvodů. Převážně se zaměříme na logické obvody E34, E39, E38.3, E38.4, E43.1, E41.2 a E43.2.

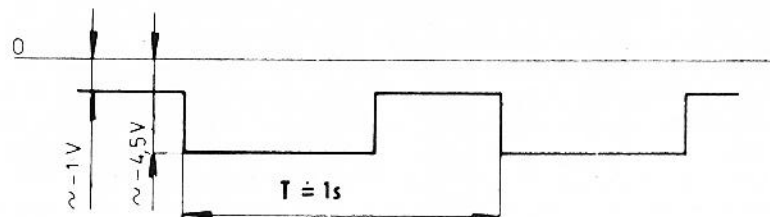
Если сигнал на экране соответствует рис. 9, то неисправна управляющая логика. По пункту 8 «Логические схемы» проконтролировать работу отдельных логических схем. Необходимо сосредоточить внимание на логические схемы E34, E39, E38.3, E38.4, E43.1, E41.2 и E43.2.

If the shapes of the signals on the CRT screen tally with those in Fig. 9, then the defect is in the control logic, the functions of the individual circuits of which must be checked according to the description given in Section 8. - „Logic circuits“. Special attention must be paid to the integrated circuits E34, E39, E38.3, E38.4, E43.1, E41.2 and 43.2.

Neodpovídá-li průběh na stínítku osciloskopu obr. 9, zkontrolujeme tranzistor E1 a E2. Na bá-

Если форма сигнала на экране осциллоскопа (рис. 9) не соответствует требуемой, то про-

If the images displayed on the CRT screen do not tally with those in Fig. 9, then the transistors E1 and E2 will have to be tested. The voltage



Obr. 10  
Рис. 10  
Fig. 10



zi tranzistoru E1 musí mít napětí průběh odpovídající obr. 10.

Na bázi tranzistoru E2 musí být inverze průběhu z obr. 10. Je-li buzení v pořádku, proměříme oba tranzistory, vadné tranzistory vyměníme.

Neodpovídá-li průběh signálu buzení tranzistorů E1 a E2, zkontrolujeme průběh signálu úplného měřicího taktu, na emitěru tranzistoru E23 musí být průběh podle obr. 11.

верить транзисторы E1 и E2. На базе транзистора должно быть напряжение по рис. 10.

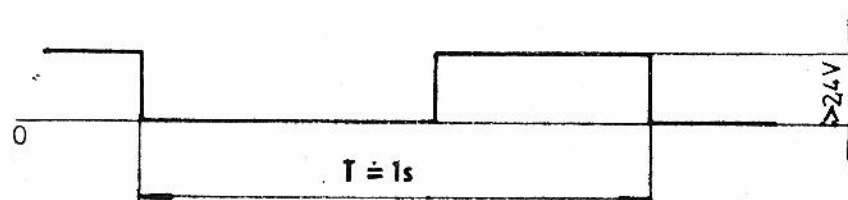
На базе транзистора E2 может быть инвертированный сигнал, показанный на рис. 10. Если возбуждение правильно, то измерить оба транзистора и негодный транзистор заменить.

Если сигнал возбуждения транзисторов E1, E2 не соответствует требуемому, то проконтролировать форму сигнала полного измерительного такта, на эмиттере транзистора E23 должен быть сигнал по рис. 11.

on the base of E1 must have the same shape as shown in Fig. 10.

The voltage on the base of E2 must be the inversion of that on E1 (Fig. 10). If the drive is in order, then both these transistors will have to be tested and, if found to be defective, exchanged.

If the signal for driving the transistors E1 and E2 does not meet the requirements, the shape of the whole signal of the measuring cycle must be checked; the voltage on the emitter of transistor E23 must be the same shape as shown in Fig. 11.

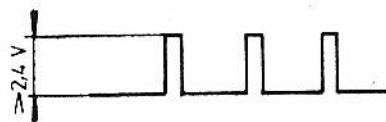


Obr. 11 Рис. 11 Fig. 11

Na emitěru E20 musí být inverze průběhu signálu z obr. 11. Neodpovídá-li, zkontrolujeme průběh a kmitočet signálu z taktovacího generátoru. Na kontaktu 08 E25 musí být průběh podle obr. 12. Kmitočet 10 kHz (2 kHz pro rozsahy 1 mV, 100  $\mu V$ ).

На эмиттере E20 должен быть инвертированный сигнал, показанный на рис. 11. В противном случае проконтролировать форму и частоту сигнала на выходе тактового генератора. На контакте 08 E25 должен быть сигнал по рис. 12. Частота 10 кГц (2 кГц для пределов 1 мВ, 100 мкВ).

On the emitter of E20 must be the inversion of the signal shown in Fig. 11. If this is not the case, the shape and frequency of the signal supplied by the cycling generator will have to be checked. On the contact 08 of E25, the signal must have the same shape as given in Fig. 12. The frequency must be 10 kHz (2 kHz for the ranges 1 mV, 100  $\mu V$ ).



Obr. 12 Рис. 12 Fig. 12

Je-li kmitočet i průběh signálu z taktovacího generátoru správný a přesto průběh úplného měřicího taktu neodpovídá průběhu vyznačenému na obr. 12, zkontrolujeme podle pravdivostní tabulky logického integrovaného obvodu vý-

Если частота и форма сигнала тактового генератора исправны и форма сигнала измерительного такта не соответствует сигналу на рис. 12, то необходимо проконтролировать в соответствии с таблицей логических состоя-

If the shape and frequency of the signal produced by the cycling generator are in order, but nevertheless the shape of the whole measuring cycle differs from that given in Fig. 12, then, based on the Truth Table of the logic in-

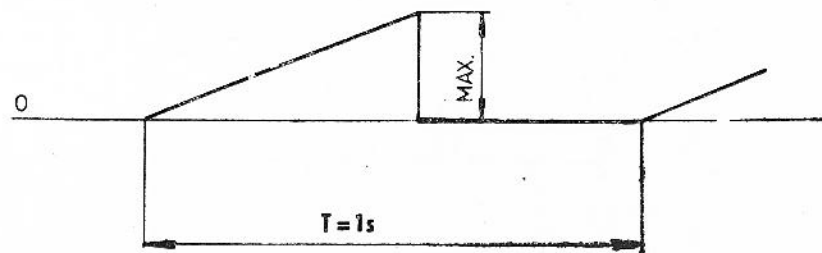
stupy desítkových čítačů E26, E28, E30 a E32. Vadný čítač vyměníme. I přesto, že průběhy signálu buzení spínačů E1 a E2 jsou v pořádku, ale průběh na osciloskopu v měřicím bodě 3 neodpovídá průběhu vyznačenému na obr. 9 nebo je nulový, zkontrolujeme operační zesilovač E9, rovněž zkontrolujeme integrační kondenzátor C1, zda není odpojen nebo přerušen. Vadné součástky vyměníme. Byl-li vyměňován operační zesilovač, musíme nastavit nulu integrátoru následujícím způsobem. Odpojíme přívod č. 11 od vstupní analogové části. Mezi měřicím bod č. 3 a zem připojíme pomaloběžný osciloskop s citlivostí 1 mV/cm. Stlačíme tlačítko 1 mV. Pootočíme střídavě potenciometrem R19 a R17. Signál na obrazovce osciloskopu se musí blížit průběhu vyznačenému na obr. 13.

Po několika nastaveních obou potenciometrů musí signál na stínítku obrazovky odpovídat obr. 13.

ний интегральной микросхемы выходы десятичных счетчиков E26, E28, E30 и E32. Негодный счетчик заменить. И в том случае, когда форма сигнала возбуждения ключей E1 и E2 является правильной, но форма сигнала на осциллоскопе в измерительной точке 3 не соответствует сигналу, приведенному на рис. 9, или является нулевым, то проконтролировать операционный усилитель E9, а также проконтролировать интегрирующий конденсатор C1, убедиться в том, что он не оборван или отключен. Негодные детали заменить. После замены операционного усилителя E9 необходимо установить ноль интегратора следующим образом. Отключить вывод № 11 от входной аналоговой части. К измерительной точке № 3 и земле подключить осциллоскоп медленных явлений с чувствительностью 1 мВ/см. Нажать на кнопку 1 мВ. Поворачивать постепенно потенциометры R19 и R17. Сигнал на экране осциллоскопа должен приближаться по форме к сигналу, приведенному на рис. 13.

После нескольких повторных установок обоих потенциометров сигнал на экране трубки должен соответствовать рис. 13.

tegrated circuit, the outputs of the decadic counters E26, E28, E30 and E32 must be checked. The defective counter must be exchanged. If the shapes of the driving voltages of the switches E1 and E2 are in order, and in spite of this the shape of the signal on test point 3 displayed on the CRT screen does not tally with the shape given in Fig. 9, or it is missing altogether, then the operational amplifier E9 must be tested; also the integration capacitor C1 must be tested as to whether it has broken down, or become disconnected. If it has been necessary to exchange the operational amplifier E9, the zero of the integrator will have to be readjusted in the following manner: The connection 11 has to be removed from the analog section. The oscilloscope has to be connected between point 3 and earth and its sensitivity set to 1 mV/cm. The push-button 1 mV must be depressed. The potentiometers R19 and R17 have to be turned alternately. The signal displayed on the CRT screen must have a shape close to the one shown in Fig. 13. The signal displayed on the CRT screen must be adjustable by means of the mentioned two potentiometers to take up the shape shown in Fig. 13.



Obr. 13  
Рис. 13  
Fig. 13

Je-li trvale v měřicím bodě č. 3 napětí větší než 10 V = (může být jak kladné tak záporné), může být vadný operační zesilovač E9. Při vý-

Если в измерительной точке № 3 напряжение все время более 10 В пост. (оно может быть положительным и отрицательным), то вероятно неисправен операционный усилитель E9.

If the voltage on test point 3 is constantly higher than 10 V (it can be positive or negative), then the operational amplifier E9 may be the cause. If it has had to be exchanged, the zero



měně operačního zesilovače se musí nastavit nula integrátoru podle předchozího odstavce. Je-li operační zesilovač v pořádku, překontrolujeme podle předchozí kapitoly tranzistory E1 a E2. Jsou-li v pořádku, překontrolujeme tranzistory E3 a E4, nejsou-li přerušené, nebo zda nemají zkrat emitor - kolektor. Rovněž zkontrolujeme buzení na bázích obou tranzistorů. Rozpojíme spojku S1 a na spoj směrem k řídicí logice přivedeme úroveň log. 1 ( $> 2,4$  V).

Odpovídá-li průběh signálů úplnému měřicímu taktu (obr. 11), musí se na emitoru E22 objevovat změna úrovně z log. 0 na log. 1 a na bázi tranzistoru E4 musí nastat změna napětí z  $-4,5$  V na  $-1,5$  V. Na spoji směrem k řídicí logice změníme úroveň z log. 1 na log. 0 ( $< 0,8$  V). Na emitoru E21 se musí objevovat změna úrovně z log. 0 na log. 1 a na bázi tranzistoru E3 musí nastat změna napětí z  $-4,5$  V na  $-1,5$  V. Rovněž překontrolujeme napětí referenčních zdrojů. Na svorkách referenčního zdroje E7 musí být napětí v rozmezí  $7,5$  až  $8,4$  V a na svorkách referenčního zdroje E8 musí být napětí o rozmezí  $-7,5$  V až  $-8,4$  V.

Jsou-li součástky integrátoru v pořádku, zkontrolujeme napětí v kontrolních bodech komparátoru (podle schématu) a spoj mezi komparátorem a řídicí logikou.

Odpovídá-li průběh signálu v kontrolním bodě č. 3 průběhu na obr. 9 a přesto voltmetr a pikoampérmetr vykazuje nesprávnou funkci, je chyba v řídicí logice. Zaměříme se na prověření funkce logických obvodů podle bodu 8.2.5. Především se zaměříme na obvody E38, E39, E40, E41, E43. Jsou-li obvody řídicí logiky

При замене операционного усилителя необходимо установить 0 интегратора по сказанному выше. Если операционный усилитель исправен, то по предшествующему пункту проконтролировать транзисторы E1 и E2. Если они исправны, то проконтролировать транзисторы E3 и E4, если они не имеют обрыва или короткого замыкания в цепи эмиттер-коллектор. Также проконтролировать возбуждение в цепях баз обоих транзисторов. Разомкнуть перемычку S1 и на соединение, идущее к управляющей логике, подать уровень лог. 1 (более  $2,4$  В). Если форма сигнала соответствует сигналу полного измерительного такта (рис. 11), то на эмиттере E22 должно появиться изменение уровня от лог. 0 до лог. 1 и на базе транзистора E4 должно иметь место изменение напряжения от  $-4,5$  В до  $-1,5$  В. На соединении, идущем к управляющей логике, изменить уровень лог. 1 на лог. 0 (менее  $0,8$  В). При этом на эмиттере E21 должно быть изменение уровня от лог. 0 до лог. 1 и на базе транзистора E3 должно измениться напряжение от  $-4,5$  В до  $-1,5$  В. Также проконтролировать напряжение опорных источников. На зажимах опорного источника E7 должно быть напряжение в пределах  $7,5 - 8,4$  В и на зажимах опорного источника E8 должно быть напряжение в пределах  $-7,5$  В ÷  $-8,4$  В.

Если детали интегратора исправны, то проконтролировать напряжение в контрольных точках компаратора по схеме и наличие сигнала на соединении между компаратором и управляющей логикой.

Если форма сигнала в контрольной точке № 3 соответствует сигналу на рис. 9 и вольтметр - пикоамперметр все же не работает правильно, то неисправна управляющая логика. Необходимо проверить работу логических схем по п. 8.2.5. При этом необходимо обратить внимание на микросхемы E38, E39, E40, E41, E43. Если цепи управляющей логики

of the integrator must be readjusted (see the description above). If the operational amplifier is in order, then the transistors E1 and E2 must be tested (as described above). If they are in order, then the transistors E3 and E4 must be tested as to whether they are interrupted or are short-circuited between emitter and collector; also the drive on their bases must be checked. The link S1 must be interrupted and log. 1 ( $> 2.4$  V) applied to the conductor leading to the control logic. If the shapes of the signals tally with that of the complete measuring cycle (Fig. 11), then on the emitter of E22 must appear the change of log. 0 into log. 1 and on the base of transistor E4 must take place a voltage change from  $-4.5$  V to  $-1.5$  V. On the conductor leading to the control logic, the level has to change from log. 1 to log. 0 ( $< 0.8$  V); on the emitter of E21 the level must change from log. 0 to log. 1 and on the base of transistor E3 the voltage must change from  $-4.5$  V to  $-1.5$  V. Also it is necessary to check the voltage of the reference supplies. The voltage across the terminals of the reference supply E7 must be within the range  $7.5$  to  $8.4$  V and that on the terminals of the reference supply E8 must be within the range  $-7.5$  to  $-8.4$  V.

If the components of the integrator are in order, the voltages on the test points of the comparator must be checked according to the wiring diagram, and the connecting link between the comparator and the control logic inspected.

If the signal on test point 3 tallies with the shape in Fig. 9, but the operation of the BM 545 microvoltmeter - picoammeter is still incorrect, then the defect must be in its control logic and it will be necessary to concentrate on testing the operation of the logic circuits according to item 8.2.5., where details of their operation are given. First of all, the function-

v pořádku, ověříme funkci logických obvodů jednotky IMS podle kapitoly 8.2.8.

### 10.3. Nastavení přístroje

#### 10.3.1. Kontrola nastavení zdrojů

##### 10.3.1.1. Zdroj $\pm 15$ V

Na desce 1AF 017 59 odpojíme spojky S20, S21, S22 a spoj z bodu č. 11 na desku 1AF 017 58. Síťový volič nastavíme na 220 V. Vyjmeme vložku P2 z pojistného držáku. Při napětí sítě 220 V  $\pm 2$  % v bodech 1 a  $\perp$  změříme napětí voltmetrem, např. DU 20  $\pm 15$  V  $\pm 3$  %. Je-li hodnota napětí menší než udávaná, zmenšíme hodnotu odporu R113. Po nastavení kladného zdroje změříme napětí, mezi body 2 a  $\perp$  musí být  $-15$  V  $\pm 3$  %.

Změníme síťové napětí 220 V o  $\pm 10$  %, změříme výstupní napětí obou zdrojů číslicovým voltmetrem MT 100. Při okrajových tolerancích síťového napětí může se měnit napětí číslicového voltmetru MT 100 max. o 10 mV.

Po ověření zdrojů  $\pm 15$  V připojíme spojky S21, S22.

##### 10.3.1.2. Zdroj 5 V

Nastavení přepětové ochrany  
Vložku P2 z pojistkového držáku necháme vyjmutou. Kontakty pojistkového držáku vložky P2 zapojíme podle obr. 14. Na odpor R130 přivedeme napětí asi +4 V z proměnného zdroje.

исправны, то проверить работу логических схем блока ИИС по разделу 8.2.8.

### 10.3. Установка прибора

#### 10.3.1. Контроль установки источников

##### 10.3.1.1. Источник $\pm 15$ В

На плате 1AF 017 59 отключить перемычки S20, 21, 22 и перемычку 11 на плате 1AF 017 58. Сетевой переключатель перевести в положение 220 В. Вынуть вставку P2 из предохранителя. При напряжении сети 220 В  $\pm 2$  % в точках 1 и  $\perp$  измерить напряжение вольтметром, например, DU 20  $\pm 15$  В  $\pm 3$  %. Если величина напряжения меньше сказанного, то уменьшить сопротивление R113. После установки источника положительного напряжения измерить напряжение между точками 2 и земли. Оно должно быть  $-15$  В  $\pm 3$  %. Изменить напряжение сети 220 В на  $\pm 10$  %, измерить выходное напряжение обоих источников цифровым вольтметром MT 100. При предельных значениях напряжения сети напряжение, измеряемое цифровым вольтметром, должно отличаться от номинального на макс. 10 мВ.

После проверки источников  $\pm 15$  В установить перемычки S21, S22.

##### 10.3.1.2. Источник 5 В

Установка защиты от перенапряжения:  
Вставку предохранитель P2 еще не вставлять. Контакты держателя предохранителя P2 включить по рис. 14.  
На сопротивление R130 подать напряжение прил. +4 В от источника регулируемого на-

ing of the circuits of E38, E39, E40, E41 and E43 must be checked. If the circuits of the control logic operate correctly, then the logic circuits of the IMS unit (item 8.2.8.) will have to be checked.

### 10.3. Adjustment of the instrument

#### 10.3.1. Checking the adjustment of the supplies

##### 10.3.1.1. Supply of $\pm 15$ V powering voltage

The links S20, 21, 22 and the connection 11 must be disconnected from the printed circuit boards 1AF 017 59 and 1AF 017 58 respectively. The mains voltage selector has to be set to 220 V and the fuse cartridge P2 removed from its holder. Provided the mains voltage is 220 V  $\pm 2$  %, the voltage between the points 1 and  $\perp$ , ascertained with a DC voltmeter (e. g. DU 20), must be  $\pm 15$  V  $\pm 3$  %. If the voltage is lower than this value, then the resistance of R113 will have to be reduced. After adjusting the voltage of the positive supply, the voltage between the points 2 and  $\perp$  must be  $-15$  V  $\pm 3$  %.

After altering the mains voltage of 220 V by  $\pm 10$  %, the output voltages of the two supplies have to be measured anew by applying a digital voltmeter (MT 100). At the limit tolerances of the mains voltage, the instrument readout of the digital voltmeter may alter by maximum 10 mV.

After testing the two voltage supplies, the links S21, S22 have to be replaced.

##### 10.3.1.2. Supply of 5 V powering voltage

The overvoltage protection has to be adjusted as follows: With the fuse cartridge P2 still removed, the contacts of its holder have to be connected as shown in Fig. 14.

A controllable supply of approximately 4 V has to be connected to the resistor R130 and its

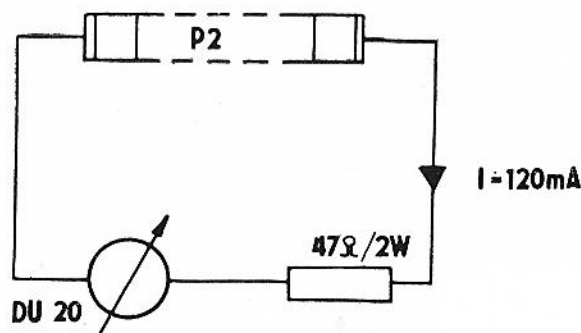


Postupně zvyšujeme uvedené napětí a zároveň pozorujeme výchylku ručky ampérmetru.

постепенно повышать указанное напряжение и одновременно наблюдать за отклонением стрелки амперметра.

voltage increased slowly, simultaneously following the readout of the ammeter (DU 20).

P2 - držák pojistky  
P2 - держатель предохранителя  
P2 - Fuse holder



Obr. 14  
Рис. 14  
Fig. 14

Nastane-li zvýšení proudu, nastalo sepnutí tyristoru E35 a na voltmetru proměnného zdroje odečteme napětí. Toto napětí musí být v toleranci 5,9 až 6,3 V. Není-li, snížíme napětí zdroje na 4 V a vypneme celý přístroj a opět zapneme, aby se tyristor opět uzavřel. Nastavení správného napětí provedeme potenciometrem R134. Po nastavení napětí vložíme do držáku pojistkovou vložku P2.

При повышении тока имело место срабатывание тиристора E35 и по вольтметру, подключенному к источнику регулируемого напряжения, отсчитать напряжение. Это напряжение должно быть в пределах 5,9 - 6,3 В. В противном случае необходимо уменьшить напряжение источника до 4 В, выключить прибор и снова его включить так, чтобы тиристор заперся. Установка правильного напряжения осуществляется потенциометром R134. После установки напряжения вставить в держатель предохранитель P2.

At the instant when a current increase is noticeable, i. e. when the thyristor E35 becomes operative, the voltage of the controllable supply must be read - it should be between 5.9 and 6.3 V. If this is not the case, the voltage will have to be reduced to 4 V and the procedure repeated to cause the thyristor striking anew. The correct instant of the thyristor striking is adjustable by means of the potentiometer R134. After correct adjustment, the P2 fuse cartridge has to be replaced in its holder.

#### Kontrola napětí 5 V

Při napětí sítě 220 V  $\pm 2\%$  v bodech 3 a  $\perp$  změříme napětí voltmetrem DU 20, musí být 5 V  $\pm 4\%$ .

Zatížíme zdroj odporem 4  $\Omega$ /10 W. Změníme síťové napětí 220 V o  $\pm 10\%$ , změříme výstupní napětí zdroje číslicovým voltmetrem např. MT 100. Při okrajových tolerancích síťového napětí může se měnit napětí číslicového voltmetru max. 15 mV.

Po ověření zdroje 5 V připojíme spojku S20.

#### Контроль напряжения 5 В:

При напряжении сети 220 В  $\pm 2\%$  в точках 3 и  $\perp$  измерить напряжение вольтметром DU 20, оно должно быть 5 В  $\pm 4\%$ . Установить нагрузку 4 Ома/10 Вт. Изменить напряжение сети 220 В на  $\pm 10\%$ , измерить выходное напряжение источника цифровым вольтметром, например, МТ 100. При предельных значениях напряжения сети напряжение, измеряемое цифровым вольтметром, должно отличаться от номинального не более 15 мВ. После проверки источника 5 В установить переключку S20.

The voltage of 5 V has to be checked as follows: With a mains voltage of 220 V  $\pm 2\%$  applied, the voltage between points 3 and  $\perp$  has to be measured with a suitable voltmeter (DU 20) - it should be 5 V  $\pm 4\%$ . Then, the supply has to be loaded by means of a resistor of 4  $\Omega$ /10 W and the 220 V mains voltage altered by  $\pm 10\%$ . The output voltage of the supply, measured with a digital voltmeter (e. g. MT 100) under the limit tolerance conditions of the mains voltage may alter by maximum 15 mV. After this test of the 5 V supply, the link S20 must be replaced.

### 10.3.2. Nastavení vstupního filtru

Na přístroji stlačíme tlačítko označené „FILTR“ a rozsah 1 V. Přístroj odpojíme od sítě. Na vstupní svorku označenou „UI“ přivedeme z generátoru, např. BM 524 sinusový signál o amplitudě  $3\text{ V} \pm 2\%$  a kmitočtu 50 Hz. Na výstup filtru do bodu 7 (kondenzátor C7) připojíme voltmetr, např. BM 494. Potenciometrem R10 nastavíme minimální výchylku (menší než 50 mV).

### 10.3.2. Установка входного фильтра

На вольтметре нажать на кнопку, обозначенную «фильтр» и предел 1 В. Прибор отключить от сети. Ко входному зажиму, обозначенному «U, I», подать синусоидальный сигнал частотой 50 Гц, амплитудой  $3\text{ В} \pm 2\%$  с выхода генератора, например, BM 524. К выходу фильтра - точка 7 - (конденсатор C7) подключить вольтметр например, BM 494. Потенциометром R10 установить минимальное отклонение (менее 50 мВ).

### 10.3.2. Adjustment of the input filter

The push-button marked FILTER of the instrument must be depressed and the measuring range 1 V selected. A sinusoidal voltage derived from a suitable generator, e. g. BM 524, the frequency of which is 50 Hz and the amplitude  $3\text{ V} \pm 2\%$ , has to be connected to the input terminal UI. An electronic voltmeter, e. g. BM 494, has to be connected to the output of the input filter, i. e. to point 7 (capacitor C7), and potentiometer R10 set so that minimum deflection (less than 50 mV) is obtained.

### 10.3.3. Nastavení přenosu modulátoru

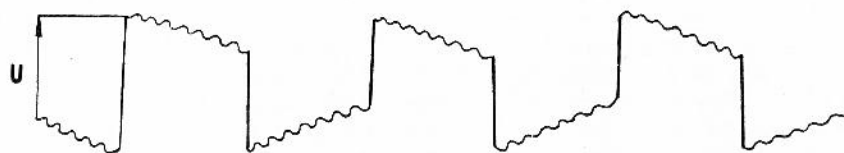
Přístroj připojíme na síť. Rozpojíme zpětnou vazbu, rozpojíme spojku S23. Na vstupní svorku označenou „UI“ voltmetru přivedeme napětí 10 mV. Tlačítko funkce „UI“ nestlačeno, tlačítko rozsahu 100 mV stlačeno. Do kontrolního bodu 10 připojíme osciloskop, např. BM 564 s nastavenou citlivostí 1 V/cm, na stínítku osciloskopu je signál podle obr. 15.

### 10.3.3. Установка передачи модулятора

Прибор подключить к сети. Разомкнуть обратную связь (разомкнуть переключку S23). К входному зажиму, обозначенному «U, I» вольтметра подать напряжение 10 мВ. Кнопка режима работы UI не нажата. Кнопка предела 100 мВ нажата. К контрольной точке 10 подключить осциллоскоп, например, BM 564 с чувствительностью 1 В/см и на экране осциллоскопа будет сигнал по рис. 15.

### 10.3.3. Adjustment of the modulator transfer function

The BM 545 microvoltmeter - picoammeter has to be connected to the mains and the feedback loop interrupted (link S23 disconnected). A voltage of 10 mV has to be applied to the input terminal UI. The push-button UI must remain undepressed and the range 100 mV selected. An oscilloscope, e. g. BM 564, with its sensitivity set to 1 V/cm, connected to test point 10 must display a signal as shown in Fig. 15.



Obr. 15    Рис. 15    Fig. 15

Potenciometrem R146 a R150 nastavíme max. úroveň signálu U.

Потенциометром R146 и R150 установить максимальный уровень сигнала U.

Maximum signal level has to be set by adjusting the potentiometers R146 and 150.



#### 10.3.4. Kompenzace napěťových špiček superponovaných na výstupní napětí modulátoru

Pracoviště ponecháváme zapojené jako v bodě 10.3.3. Pouze odpojíme napětí 10 mV.

Potenciometrem R152 podle osciloskopu nastavíme velikost špiček menší než 5 mV.

#### 10.3.5. Nastavení stejnosměrného zesilovače

Zapojíme zpětnou vazbu. Do zdíčky na zadním panelu označené „VÝSTUP 1 V“ připojíme stejnosměrný voltmetr, např. BM 518. Potenciometr R29 pro nastavení napěťové kompenzace „NULA“ vytočíme do středu. Na přepínači rozsahů stlačíme tlačítko označené 1 mV. Potenciometrem R56 nastavíme výchylku na voltmetru, např. BM 518 menší než 1 mV.

#### 10.3.6. Nastavení napěťové citlivosti mikrovoltmetru - pikoampérmetru

Nastavení provádíme při teplotě okolí  $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ .

##### 10.3.6.1. Nastavení rozsahu 1 V

Na měřicí svorky mikrovoltmetru připojíme kalibrační soupravu. Na mikrovoltmetru stlačíme tlačítko 1 V. Stlačíme tlačítko  $R/\infty$ . Tlačítko funkcí „UI“ nestlačeno. Na zdroji kalibrační soupravy pomocí číslicového voltmetru, např. MT 100 nastavíme napětí  $+999,3\text{ mV}$ . Potencio-

#### 10.3.4. Компенсация пиков напряжения, наложенных на выходном напряжении модулятора

Измерительную установку оставить такой же, как и в пункте 10.3.3. Только отключить напряжение 10 мВ.

Потенциометром R152 установить по осциллоскопу размах пиков менее 5 мВ.

#### 10.3.5. Установка усилителя постоянного тока

Включить обратную связь. К зажиму на задней панели, обозначенному «Выход 1 В», подключить вольтметр постоянного тока, например, BM 518. Потенциометр R29 для установки компенсации напряжения «Ноль» установить в среднее положение. На переключателе пределов нажать на кнопку, обозначенную 1 мВ. Потенциометром R56 установить отклонение по вольтметру, например, BM 518, менее 1 мВ.

#### 10.3.6. Установка чувствительности по напряжению микровольтметра - пикоамперметра

Установка осуществляется при температуре окружающего воздуха  $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ .

##### 10.3.6.1. Установка предела 1 В

К измерительным зажимам микровольтметра подключить комплект калибровки. На микровольтметре нажать на кнопку 1 В. Нажать на кнопку  $R/\infty$ . Кнопка режима работы U, I не нажата. На источнике комплекта калибровки установить напряжение  $+999,3\text{ мВ}$  с помощью цифрового вольтметра, например, MT 100. Потенциометром R9 на плате 1AF 017 58 установить по микровольтметру значение  $+0,999\text{ В}$

#### 10.3.4. Compensation of the voltage peaks superimposed on the modulator output voltage

The setup remains as described in item 10.3.3., except that the voltage of 10 mV has to be disconnected from the input.

The voltage peaks have to be reduced to less than 5 mV by means of the potentiometer R152.

#### 10.3.5. Adjustment of the DC amplifier

The feedback has to be reconnected. A DC voltmeter, e. g. BM 518, has to be connected to the sockets marked OUTPUT 1 V on the back panel of the instrument. Potentiometer R29 for voltage compensation, marked ZERO, has to be set to the centre of its track and the voltage measuring range selector 1 mV depressed. The deflection on the voltmeter (e. g. BM 518) has to be reduced to less than 1 mV with the potentiometer R56.

#### 10.3.6. Adjustment of the voltage sensitivity of the instrument

This adjustment has to be carried out at the reference ambient temperature of  $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ .

##### 10.3.6.1. Adjustment of the voltage range 1 V

A calibrating setup has to be connected to the input terminals of the BM 545 microvoltmeter-picoammeter, its range selector push-button 1 V and input resistance selector  $R/\infty$  must be depressed, whereas the function selector UI remains undepressed. The calibrating setup has to be set with the aid of a digital voltmeter (e. g. MT 100) to supply a voltage  $+999.3\text{ mV}$ . With the aid of the potentiometer

metrem R9 na desce 1AF 017 58 schéma 1X1 834 35 nastavíme na mikrovoltmetru hodnotu  $+0,999$  V tak, aby při změně napětí na kalibrační soupravě na  $+999,7$  mV nastávala změna hodnoty na mikrovoltmetru z  $0,999$  V na  $1,000$  V. Změníme polaritu napětí kalibrační soupravy.

Obdobným způsobem jako pro kladné napětí nastavíme potenciometrem R3 na téže desce citlivost pro záporné napětí. Při měření záporného napětí musí se rozsvítit na displeji před měřením napětí znaménko mínus. Na zdroji kalibrační soupravy pomocí číslicového voltmetru MT 100 nastavíme napětí  $500,0$  mV. Údaj na mikrovoltmetru se může lišit vůči nastavenému napětí o  $\pm 2$  mV. Na zdroji kalibrační soupravy pomocí číslicového voltmetru MT 100 nastavíme napětí  $100,0$  mV. Údaj na mikrovoltmetru se může vůči nastavenému napětí lišit o  $\pm 2$  mV.

#### 10.3.6.2. Nastavení rozsahu $100 \mu\text{V}$

Na měřicí svorky mikrovoltmetru připojíme kalibrační soupravu s přesným děličem  $1 : 1000$ . Výstupní odpor  $100 \Omega$ . Na mikrovoltmetru stlačíme tlačítky  $100 \mu\text{V}$ . Stlačíme tlačítko  $R/\infty$ . Tlačítko funkcí „UI“ nestlačeno. Potenciometrem R29 NULA nastavíme nuly na segmentovkách displeje při nulovém výstupním napětí z kalibrační soupravy. Nastavená nula může být v rozmezí  $\pm 30 \mu\text{V}$ . Na kalibrační soupravě nastavíme  $100$  mV, na mikrovoltmetru odečteme hodnotu napětí. Znovu zkontrolujeme nulu mikrovoltmetru; na kalibrační soupravě nastavíme  $100$  mV a odečteme hodnotu napětí na mikrovoltmetru. Toto opakujeme 5 krát.

так, чтобы при изменении напряжения на комплекте калибровки до значения  $+999,7$  В имело место изменение значения на микро-вольтметре от  $0,999$  В до  $1,000$  В. Изменить полярность напряжения комплекта калибровки.

Аналогичным образом установить потенциометр R3 той платы для достижения требуемой чувствительности по отрицательному напряжению. При измерении отрицательного напряжения должен на дисплее гореть знак минуса. На источнике комплекта калибровки установить напряжение  $500,0$  мВ с помощью цифрового вольтметра MT 100. Показание микро-вольтметра может отличаться от установленного напряжения на  $\pm 2$  мВ. С помощью цифрового вольтметра MT 100 установить напряжение  $100,0$  мВ источника комплекта калибровки. Показание микро-вольтметра может отличаться от установленного напряжения на  $\pm 2$  мВ.

#### 10.3.6.2. Установка предела $100 \text{ мкВ}$

К измерительным зажимам микровольтметра подключить комплект калибровки с точным делителем  $1 : 1000$ . Выходное сопротивление  $100 \text{ Ом}$ . Нажать на кнопку  $100 \text{ мкВ}$  микровольтметра. Нажать на кнопку  $R/\infty$ . Кнопка режима работы U, I не нажата. Потенциометром R29 «Ноль» установить ноль на дисплее при нулевом выходном напряжении комплекта калибровки. Установленный ноль должен находиться в пределах  $\pm 30 \text{ мкВ}$ . На комплекте калибровки установить  $100$  мВ, по микровольтметру отсчитать значение напряжения. Снова проконтролировать ноль микровольтметра. Установить  $100$  мВ комплекта калибровки и отсчитать значение напряжения по микровольтметру. Операцию повторить 5 раз.

R9 on the PCB 1AF 017 58 (diagram 1X1 834 35), the microvoltmeter readout has to be set to  $0.999$  V so that when the output of the calibrating setup is altered to  $+999.7$  mV, the readout of the BM 545 instrument changes from  $0.999$  V to  $1.000$  V. Then, the polarity of the calibrating voltage must be reversed.

Similarly as when the positive voltage was used the potentiometer R3 is set to obtain the same sensitivity at the negative input voltage. When the negative voltage is being measured, the minus sign on the display must glow. The voltage of the calibrating setup has to be re-adjusted to  $500.0$  mV with the aid of a digital voltmeter (MT 100). The readout of the BM 545 microvoltmeter-picoammeter may differ from the selected voltage by  $\pm 2$  mV. Then, the calibrating voltage of  $100.0$  mV has to be set on the calibrating setup with the aid of the digital voltmeter and the readout of the BM 545 instrument checked; it may differ from the selected value by  $\pm 2$  mV.

#### 10.3.6.2. Adjustment of the voltage range $100 \mu\text{V}$

The calibrating setup, provided with a precision divider  $1 : 1000$ , has to be connected to the BM 545 instrument. The output resistance is  $100 \Omega$ . The measuring range  $100 \mu\text{V}$  has to be selected and the push-button  $R/\infty$  depressed; the push-button UI remains undepressed. The potentiometer R29, marked ZERO, must be adjusted to obtain zero on all the display elements when the output voltage of the calibrating setup is zero. The zero of the instrument can be within the range of  $\pm 30 \mu\text{V}$ . Then the calibrating setup has to be adjusted to supply  $100$  mV and the indicated value read on the BM 545 display. Afterwards, the zero of the instrument must be checked once more, the calibrating setup adjusted to supply  $100$  mV and the displayed value read. This procedure has to be repeated five times.

Příklad:

Měření:	1	2	3	4	5
Odečtené napětí na BM 545:	$U_{11}$	$U_{12}$	$U_{13}$	$U_{14}$	$U_{15}$
Odečtená nula na BM 545:	$U_{01}$	$U_{02}$	$U_{03}$	$U_{04}$	$U_{05}$

Skutečná hodnota:

$$\begin{aligned}U_1 &= U_{11} - U_{01} \\U_2 &= U_{12} - U_{02} \\U_3 &= U_{13} - U_{03} \\U_4 &= U_{14} - U_{04} \\U_5 &= U_{15} - U_{05}\end{aligned}$$

$\sum_{n=1}^5 \frac{U_n}{5} = U$  - hodnota měřeného napětí; je-li tato hodnota v toleranci  $\pm 1,1\%$ , je kalibrace správná. Není-li, provedeme nastavení potenciometrem R70 na desce 1AF 017 59.

### 10.3.6.3. Nastavení rozsahu 1 mV a 10 mV

Na měřicí svorky mikrovoltmetru připojíme kalibrační soupravu s přesným děličem. Na mikrovoltmetru stlačíme tlačítko 1 mV. Stlačíme R/∞. Tlačítko funkcí „UI“ nestlačeno, potenciometrem R29 NULA nastavíme nuly na segmentových displeje při nulovém výstupním napětí z kalibrační soupravy.

Na zdroji kalibrační soupravy pomocí voltmetru MT 100 nastavíme napětí 1000,0 mV.

Potenciometrem R75 nastavíme na mikrovoltmetru hodnotu 1000 mV.

Na zdroji kalibrační soupravy pomocí voltmetru MT 100 nastavíme napětí 500,0 mV. Údaj na

Пример:

Измерение:	1	2	3	4	5
Отсчитанное напряжение по BM 545:	$U_{11}$	$U_{12}$	$U_{13}$	$U_{14}$	$U_{15}$
Отсчитанный ноль по BM 545:	$U_{01}$	$U_{02}$	$U_{03}$	$U_{04}$	$U_{05}$

Действительное значение:

$$\begin{aligned}U_1 &= U_{11} - U_{01} \\U_2 &= U_{12} - U_{02} \\U_3 &= U_{13} - U_{03} \\U_4 &= U_{14} - U_{04} \\U_5 &= U_{15} - U_{05}\end{aligned}$$

$\sum_{n=1}^5 \frac{U_n}{5} = U$  - значение измеряемого напряжения; если это значение находится в пределах  $\pm 1,1\%$ , то калибровка выполнена правильно. В противном случае необходимо произвести установку потенциометром R70 на плате 1AF 017 59.

### 10.3.6.3. Установка предела 1 мВ и 10 мВ

К измерительным зажимам микровольтметра подключить комплект калибровки с точным делителем. Нажать на кнопку 1 мВ микровольтметра. Нажать на кнопку R/∞. Кнопка режима U, I не нажата. Потенциометром R29 «Ноль» установить ноль на дисплее при нулевом выходном напряжении комплекта калибровки. Установить напряжение источника комплекта калибровки 1000,0 мВ с помощью вольтметра MT 100.

Потенциометром R75 установить значение 1000 мВ микровольтметра.

С помощью вольтметра MT 100 установить напряжение 500,0 мВ источника комплекта кали-

Example:

Measurement:	1st	2nd	3rd	4th	5th
Voltage readout of the BM 545 instrument:	$U_{11}$	$U_{12}$	$U_{13}$	$U_{14}$	$U_{15}$
Zero readout of the BM 545 instrument:	$U_{01}$	$U_{02}$	$U_{03}$	$U_{04}$	$U_{05}$

Actual values:

$$\begin{aligned}U_1 &= U_{11} - U_{01} \\U_2 &= U_{12} - U_{02} \\U_3 &= U_{13} - U_{03} \\U_4 &= U_{14} - U_{04} \\U_5 &= U_{15} - U_{05}\end{aligned}$$

$\sum_{n=1}^5 \frac{U_n}{5} = U$  - The value of the measured voltage; if this value is within the tolerance  $\pm 1.1\%$ , then the calibration is correct. If it is outside the tolerance, then the potentiometer R70 on the PCB 1AF 017 59 must be readjusted.

### 10.3.6.3. Adjustment of the voltage ranges 1 mV and 10 mV

The calibrating setup, provided, with a precision divider, has to be connected to the measuring terminals of the microvoltmeter. The voltage range 1 mV is selected and the push-button R/∞ depressed. The function selector UI remains undepressed. The display is set to indicate zero by means of the potentiometer R29, marked ZERO, when the calibrating setup does not apply an input voltage to the BM 545 instrument.

The calibrating setup has to be adjusted by means of the digital voltmeter to supply a voltage of 1000.0 mV. The potentiometer R75 has to be adjusted so that the BM 545 instrument indicates 1000 mV. With the aid of a digital voltmeter (MT 100), a voltage of 500.0 mV has to be adjusted on the calibrating setup. The re-



mikrovoltmetru musí být v rozmezí 498 až 502  $\mu\text{V}$ .

Na zdroji kalibrační soupravy pomocí voltmetru MT 100 nastavíme napětí 100,0 mV. Údaj na mikrovoltmetru musí být v rozmezí 98 až 102  $\mu\text{V}$ .

Shodným způsobem provedeme nastavení rozsahu 10 mV, pouze na zdroji kalibrační soupravy pomocí MT 100 nastavíme 10,000 V. Potenciometrem R62 nastavíme na mikrovoltmetru 10,00 mV.

#### 10.3.6.4. Nastavení rozsahů 100 mV, 10 V, 100 V a 1000 V

Na příslušné měřicí svorky mikrovoltmetru připojíme kalibrační soupravu bez děličů. Stlačíme tlačítko  $R/\infty$ . Potřebné údaje jsou uvedeny v tabulce.

Pro přehlednost jsou uvedeny údaje aj. pro rozsah 1 V.

Pořadí nastavení rozsahů dodržet podle pořadí v tabulce.

бровки. Показание микровольтметра должно быть в пределах 498 - 502 мкВ.

С помощью вольтметра МТ 100 установить напряжение источника комплекта калибровки 100,0 мВ. Показание микровольтметра должно быть в пределах 98 - 102 мкВ.

Подобным образом произвести установку предела 10 мВ, только с помощью МТ 100 установить напряжение источника комплекта калибровки 10,000 В. Потенциометром R62 установить показание микровольтметра 10,00 мВ.

#### 10.3.6.4. Установка пределов 100 мВ, 10 В, 100 В и 1000 В

К соответствующим измерительным зажимам микровольтметра подключается комплект калибровки без делителей. Нажать на кнопку  $R/\infty$ . Необходимые данные даны в таблице.

Для наглядности данные даны и для предела 1 В.

Порядок установки пределов сохраняется таким, как указано в таблице.

adout of the BM 545 instrument must be within the range 498 to 502  $\mu\text{V}$ .

Then the calibrating setup has to be adjusted to supply a voltage of 100.0 mV. The readout of the BM 545 instrument must be within the range 98 to 102  $\mu\text{V}$ .

The range 10 mV has to be calibrated in the same manner, except that the supply has to be set with the aid of the digital voltmeter MT 100 to supply 10.000 V and the BM 545 instrument set with the potentiometer R62 to indicate the value 10.00 mV on the display.

#### 10.3.6.4. Adjustment of the voltage ranges 100 mV, 10 V, 100 V and 1000 V

The calibrating setup has to be connected directly to the measuring terminals of the BM 545 microvoltmeter - picoammeter (without the divider). The push-button  $R/\infty$  must be depressed; push-button U1 remains undepressed. All the necessary data are given in the following Table, in which, for the sake of clarity, are also tabulated the data applying to the range 1 V.

The sequence for adjusting the ranges given in this Table has to be adhered to.

Nastavení rozsahů Установленный предел Range to be adjusted	Desetinná tečka na BM 545 Десятичный знак на BM 545 Decimal point on the BM 545 instrument	Údaj na MT 100 Показание MT 100 Readout of the digital voltmeter MT 100	Údaj na BM 545 Показание BM 545 Readout of the BM 545 instrument	Nastavovací prvek Элемент установки Adjusting element	Údaj na MT 100 Показание MT 100 Readout of the digital voltmeter MT 100	Rozdíl na BM 545 Разница BM 545 Difference on the BM 545 instrument	Údaj na MT 100 Показание MT 100 Readout of the digital voltmeter MT 100	Rozdíl na BM 545 Разница BM 545 Difference on the BM 545 instrument	Poznámka Примечания Notes
1 V	1,000	999,3 mV 999,7 mV	0,999 V 1,000 V	R9	500,0 mV	$\pm 2$ mV	100,0 mV	$\pm 2$ mV	
1В	1,000	999,3 мВ 999,7 мВ	0,999 В 1,000 В	R9	500,0 мВ	$\pm 2$ мВ	100,0 мВ	$\pm 2$ мВ	
1 V	1.000	999.3 mV 999.7 mV	0.999 V 1.000 V	R9	500.0 mV	$\pm 2$ mV	100.0 mV	$\pm 2$ mV	

Nastavení rozsahů Установленный предел Range to be adjusted	Desetinná tečka na BM 545 Десятичный знак на BM 545 Decimal point on the BM 545 instrument	Údaj na MT 100 Показание MT 100 Readout of the digital voltmeter MT 100	Údaj na BM 545 Показание BM 545 Readout of the BM 545 instrument	Nastavovací prvek Элемент установки Adjusting element	Údaj na MT 100 Показание MT 100 Readout of the digital voltmeter MT 100	Rozdíl na BM 545 Разница BM 545 Difference on the BM 545 instrument	Údaj na MT 100 Показание MT 100 Readout of the digital voltmeter MT 100	Rozdíl na BM 545 Разница BM 545 Difference on the BM 545 instrument	Poznámka Примечания Notes
100 mV	100,0	99,93 mV 99,97 mV	99,9 mV 100,0 mV	R65	50,00 mV	$\pm 200 \mu\text{V}$	10,00 mV	$\pm 200 \mu\text{V}$	
100 mB	100,0	99,93 mB 99,97 mB	99,9 mB 100,0 mB	R65	50,00 mB	$\pm 200 \text{ mB}$	10,00 mB	$\pm 200 \text{ mB}$	
100 mV	100,0	99,93 mV 99,97 mV	99,9 mV 100,0 mV	R65	50,00 mV	$\pm 200 \mu\text{V}$	10,00 mV	$\pm 200 \mu\text{V}$	
10 V	10,00	9,993 mV 9,997 mV	9,99 V 10,00 V	R5	5,000 V	$\pm 20 \text{ mV}$	1,000 V	$\pm 20 \text{ mV}$	
10 B	10,00	9,993 mB 9,997 mB	9,99 B 10,00 B	R5	5,000 B	$\pm 20 \text{ mB}$	1,000 B	$\pm 20 \text{ mB}$	
10 V	10,00	9,993 mV 9,997 mV	9,99 V 10,00 V	R5	5,000 V	$\pm 20 \text{ mV}$	1,000 V	$\pm 20 \text{ mV}$	
100 V	100,0	100,00 V	100,0 V	-	50,00 V	$\pm 200 \text{ mV}$	10,00 V	$\pm 200 \text{ mV}$	nenastavuje se не устанавливается Not adjustable
100 B	100,0	100,00 B	100,0 B	-	50,00 B	$\pm 200 \text{ mB}$	10,00 B	$\pm 200 \text{ mB}$	
100 V	100,0	100,00 V	100,0 V	-	50,00 V	$\pm 200 \text{ mV}$	10,00 V	$\pm 200 \text{ mV}$	
1000 V	1000	1000,0 V	1000 V	R2	500,0 V	$\pm 2 \text{ V}$	100,0 V	$\pm 2 \text{ V}$	
1000 B	1000	1000,0 B	1000 B	R2	500,0B	$\pm 2 \text{ B}$	100,0 B	$\pm 2 \text{ B}$	
1000 V	1000	1000,0 V	1000 V	R2	500,0 V	$\pm 2 \text{ V}$	100,0 V	$\pm 2 \text{ V}$	

#### 10.3.6.5. Kontrola napěťové kompenzace mikro-voltmetru - pikoampérmetru

Odpojíme kalibrační soupravu. Tlačítko R není stlačeno. Tlačítko funkcí „UI“ nestlačeno. Stlačíme tlačítko rozsahu 1 mV. Potenciometr R29 NULA vytočíme doprava. Údaj na mikro-voltmetru musí být větší než  $+100 \mu\text{V}$ . Pak poten-

#### 10.3.6.5. Контроль компенсации напряжения микровольтметра - пикоамперметра

Отключить комплект калибровки. Кнопка R не нажата. Кнопка режима работы U, I не нажата. Нажать на кнопку предела 1 мВ. Потенциометр R29 «Ноль» устанавливается в правое крайнее положение. Показание микровольтметра должно быть более  $+100 \text{ мкВ}$ . Затем потенциометр устанавливается в левое крайнее

#### 10.3.6.5. Checking the voltage compensation of the BM 545 instrument

The calibrating setup has to be disconnected. The push-buttons R/ $\infty$  and UI remain undepressed. The voltage range 1 mV has to be selected. Potentiometer R29, marked ZERO, has to be turned fully clockwise. The readout of the display must be higher than  $+100 \mu\text{V}$ .

ciometr vytočíme doleva. Údaj na mikrovoltmetru musí být větší než  $-100 \mu\text{V}$ .

### 10.3.7. Nastavení a ověření proudové citlivosti mikrovoltmetru - pikoampérmetru

Při nastavování a ověřování zachovat podmínky uvedené v bodě 10.3.6.

#### 10.3.7.1. Ověření rozsahu 100 pA

Tlačítko funkcí „UI“ stlačíme. Stlačíme tlačítko rozsahu 100 pA.

Na měřicí svorky mikrovoltmetru - pikoampérmetru připojíme kalibrační soupravu se sériovým odporem  $100 \text{ M}\Omega \pm 0,5 \%$ . Potenciometrem R29 NULA nastavíme nuly na segmentovkách displeje při nulovém výstupním napětí z kalibrační soupravy. Nastavená nula může být v rozmezí  $\pm 30 \text{ pA}$ . Na kalibrační soupravě nastavíme napětí 10,01 mV, na mikrovoltmetru odečteme hodnotu proudu. Znovu zkontrolujeme nulu mikrovoltmetru - pikoampérmetru, na kalibrační soupravě nastavíme znovu 10,01 mV a odečteme hodnotu proudu na mikrovoltmetru - pikoampérmetru. To se opakuje 5 krát.

Příklad:

Měření:	1	2	3	4	5
Odečtený proud na BM 545:	$I_{11}$	$I_{12}$	$I_{13}$	$I_{14}$	$I_{15}$
Odečtená nula na BM 545:	$I_{01}$	$I_{02}$	$I_{03}$	$I_{04}$	$I_{05}$

положение. Показание микровольтметра должно быть более  $-100 \text{ мкВ}$ .

### 10.3.7. Установка и проверка чувствительности вольтметра - пикоамперметра по току

При установке и проверке следует сохранить условия, указанные в пункте 10.3.6.

#### 10.3.7.1. Контроль предела 100 пА

Кнопка режима работы U, I нажата. Нажимается кнопка предела 100 пА.

К измерительным зажимам микровольтметра - пикоамперметра подключается комплект калибровки с последовательным сопротивлением  $100 \text{ МОм} \pm 0,5 \%$ . Потенциометром R29 «Ноль» устанавливается ноль дисплея при нулевом выходном напряжении комплекта калибровки. Установленный ноль может находиться в пределах  $\pm 30 \text{ пА}$ .

На комплекте калибровки устанавливается напряжение 10,01 мВ, по микровольтметру отсчитывается значение тока. Снова проконтролируется ноль микровольтметра - пикоамперметра, на комплекте калибровки снова устанавливается значение 10,01 мВ и снова отсчитывается значение тока по микровольтметру - пикоамперметру. Это повторяется 5 раз.

Пример:

Измерение:	1	2	3	4	5
Отсчитанное значение тока по BM 545:	$I_{11}$	$I_{12}$	$I_{13}$	$I_{14}$	$I_{15}$
Отсчитанный ноль по BM 545:	$I_{01}$	$I_{02}$	$I_{03}$	$I_{04}$	$I_{05}$

When the potentiometer is turned counterclockwise, the readout must not exceed  $-100 \mu\text{V}$ .

### 10.3.7. Adjustment and verifying of the current sensitivity of the instrument

During this procedure, the conditions given in item 10.3.6. must be adhered to.

#### 10.3.7.1. Verifying of the current range 100 pA

Push-button UI must be depressed and the range 100 pA selected.

The calibrating setup, provided with a series resistor of  $100 \text{ M}\Omega \pm 0.5 \%$ , has to be connected to the input terminals of the BM 545 microvoltmeter - picoammeter. Potentiometer R29, marked ZERO, has to be adjusted so that the 7-segment number indicators display zero throughout when the voltage supplied by the calibrating setup is zero. The set zero may be within the tolerance range of  $\pm 30 \text{ pA}$ . Then, the calibrating setup has to be adjusted to supply 10.01 mV and the current indicated by the BM 545 instrument has to be read. After which, the zero of the BM 545 microvoltmeter - picoammeter has to be checked anew, the calibrating setup adjusted to supply 10.01 mV, and the current value indicated by the display of the BM 545 instrument read. Then, the zero setting of the instrument must be checked, etc. This procedure has to be repeated five times.

Example:

Measurement:	1st	2nd	3rd	4th	5th
Current readout of the BM 545 instrument:	$I_{11}$	$I_{12}$	$I_{13}$	$I_{14}$	$I_{15}$
Zero readout of the BM 545 instrument:	$I_{01}$	$I_{02}$	$I_{03}$	$I_{04}$	$I_{05}$



Skutečná hodnota:

$$I_1 = I_{11} - I_{01}$$

$$I_2 = I_{12} - I_{02}$$

$$I_3 = I_{13} - I_{03}$$

$$I_4 = I_{14} - I_{04}$$

$$I_5 = I_{15} - I_{05}$$

$$\sum_{n=1}^5 \frac{I_n}{5} = I - \text{hodnota měřeného proudu,}$$

musí být v rozmezí 95 pA až 105 pA.

#### 10.3.7.2. Ověření rozsahu 1 nA

Tlačítko funkcí „UI“ stlačíme. Stlačíme tlačítko rozsahu 1 nA. Na měřicí svorky mikrovoltmetru-pikoampérmetru připojíme kalibrační soupravu se sériovým odporem  $100 \text{ M}\Omega \pm 0,5 \%$ . Potenciometrem R29 NULA nastavíme nuly na segmentovkách displeje při nulovém výstupním napětí z kalibrační soupravy. Na zdroji kalibrační soupravy nastavíme napětí 100,1 mV. Chyba na mikrovoltmetru-pikoampérmetru musí být menší než  $\pm 15 \text{ pA}$ .

#### 10.3.7.3. Nastavení rozsahu 10 nA

Tlačítko funkcí „UI“ stlačíme. Stlačíme tlačítko rozsahu 10 nA. Potenciometrem R29 NULA nastavíme nulu na segmentovkách displeje. Připojíme kalibrační soupravu se sériovým odporem  $100 \text{ M}\Omega \pm 0,5 \%$ .

Na zdroji kalibrační soupravy pomocí voltmetru MT 100 nastavíme napětí 1001,0 mV.

Potenciometrem R80 nastavíme na mikrovoltmetru hodnotu 10,00 nA.

Действительное значение:

$$I_1 = I_{11} - I_{01}$$

$$I_2 = I_{12} - I_{02}$$

$$I_3 = I_{13} - I_{03}$$

$$I_4 = I_{14} - I_{04}$$

$$I_5 = I_{15} - I_{05}$$

$$\sum_{n=1}^5 \frac{I_n}{5} = I - \text{значение измеряемого тока,}$$

оно должно быть в пределах 95 nA - 105 nA.

#### 10.3.7.2. Контроль предела 1 nA

Кнопка режима работы U, I нажата. Нажать на кнопку предела 1 nA. К измерительным зажимам микровольтметра-пикоамперметра подключить комплект калибровки с последовательным сопротивлением  $100 \text{ МОм} \pm 0,5 \%$ . Потенциометром R29 «Ноль» установить ноль дисплея при нулевом выходном напряжении комплекта калибровки. На источнике комплекта калибровки установить напряжение 100,1 мВ. Погрешность микровольтметра-пикоамперметра должна быть менее  $\pm 15 \text{ nA}$ .

#### 10.3.7.3. Контроль предела 10 nA

Кнопка режима работы UI нажата. Нажать на кнопку предела 10 nA. Потенциометром R29 «Ноль» установить ноль дисплея. Подключается комплект калибровки с последовательным сопротивлением  $100 \text{ МОм} \pm 0,5 \%$ .

С помощью вольтметра MT 100 устанавливается напряжение источника комплекта калибровки 1001,0 мВ.

Потенциометром R80 по микровольтметру устанавливается значение 10,00 nA.

Actual values:

$$I_1 = I_{11} - I_{01}$$

$$I_2 = I_{12} - I_{02}$$

$$I_3 = I_{13} - I_{03}$$

$$I_4 = I_{14} - I_{04}$$

$$I_5 = I_{15} - I_{05}$$

$$\sum_{n=1}^5 \frac{I_n}{5} = I - \text{The value of the measured}$$

current; if this value is within the range 95 to 105 pA, then the calibration is correct.

#### 10.3.7.2. Verifying of the current range 1 nA

The push-button UI must be depressed and the current range 1 nA selected by depressing the appropriate push-button. The calibrating setup, provided with a series resistor of  $100 \text{ M}\Omega \pm 0.5 \%$ , has to be connected to the measuring terminals of the BM 545 instrument. The potentiometer R29, marked ZERO, has to be adjusted to obtain zero display when the calibrating setup does not supply an output voltage to the measuring terminals. When the voltage of the calibrating setup is 100.1 mV, then the error indicated by the BM 545 instrument must not exceed  $\pm 15 \text{ pA}$ .

#### 10.3.7.3. Adjustment of the current range 10 nA

The function selector push-button UI must be depressed and the current measuring range 10 nA selected. By means of potentiometer R29, marked ZERO, the display of the BM 545 instrument has to be adjusted to indicate zero. Then, the calibrating setup, which is provided with a series resistor of  $100 \text{ M}\Omega \pm 0.5 \%$ , has to be connected.

With the aid of a digital voltmeter (e. g. MT 100), the output voltage of the calibrating setup has to be set to 1001.0 mV.

The potentiometer R80 of the BM 545 instrument has to be adjusted so that the readout is 10.00 nA.

10.3.7.4. Ověření rozsahů 100 nA, 1 μA, 10 μA, 100 μA, 1000 μA, 10 mA

Tlačítko funkcí „UI“ stlačíme. Potenciometrem R29 NULA nastavíme nuly na segmentovkách displeje pro každý rozsah při nulovém výstupním napětí z kalibrační soupravy. Potřebné údaje jsou uvedené v následující tabulce:

Ověřovaný rozsah	Sériový odpor	Nastavený údaj na MT 100	Údaj na BM 545	ε
100 nA	100 MΩ ± 0,1%	10,010 V	100,0 ± ε	≅ 1 nA
1 μA	10 MΩ ± 0,1%	10,010 V	1,000 ± ε	≅ 10 nA
10 μA	1 MΩ ± 0,1%	10,010 V	10,00 ± ε	≅ 100 nA
100 μA	100 kΩ ± 0,1%	10,010 V	100,0 ± ε	≅ 1 μA
1000 μA	10 kΩ ± 0,1%	10,010 V	1000 ± ε	≅ 10 μA
10 mA	1 kΩ ± 0,1%	10,010 V	10,00 ± ε	≅ 100 μA

#### 10.4. Složitější opravy

Přístroj je výrobcem podroben přísné kontrole kvality součástí a nastavení obvodů. Vývojevému a výrobnímu procesu je věnována velká péče a v řadě případů je používáno speciálních technologických procesů, které mají zajistit udržení vlastností přístroje a dosažení odpovídající přesnosti. Přesto však během provozu vlivem stárnutí součástí, působením klimatic-

10.3.7.4. Контроль пределов 100 нА, 1 мкА, 10 мкА, 100 мкА, 1000 мкА, 10 мА

Кнопка режима работы U, I нажата. Потенциометром R29 «Ноль» устанавливается ноль дисплея для каждого предела при нулевом выходном напряжении комплекта калибровки. Необходимые данные приведены в следующей таблице:

Контролируемый предел	Последовательное сопротивление	Показание MT 100	Показание BM 545	ε
100 нА	100 МОм ± 0,1%	10,010 В	100,0 ± ε	≅ 1 нА
1 мкА	10 МОм ± 0,1%	10,010 В	1,000 ± ε	≅ 10 нА
10 мкА	1 МОм ± 0,1%	10,010 В	10,00 ± ε	≅ 100 нА
100 мкА	100 кОм ± 0,1%	10,010 В	100,0 ± ε	≅ 1 мкА
1000 мкА	10 кОм ± 0,1%	10,010 В	1000 ± ε	≅ 10 мкА
10 мА	1 кОм ± 0,1%	10,010 В	10,00 ± ε	≅ 100 мкА

#### 10.4. Более сложный ремонт

Прибор на заводе-изготовителе подвергается строгому контролю качества составных частей и регулировки цепей. Процессу разработки и производства уделяется большое внимание и в ряде случаев используются специальные технологические процессы, которые должны обеспечить сохранение параметров прибора и достижение соответствующей точности.

Однако, несмотря на это в процессе эксплуатации под влиянием старения, под влиянием климатических условий и других факторов

10.3.7.4. Verifying of the current ranges 100 nA, 1 μA, 10 μA, 100 μA, 1000 μA and 10 mA

The push-button UI for function selection must be depressed and potentiometer R29, marked ZERO, set so that when the calibrating setup does not supply an output voltage to the measuring terminals, all the 7-segment number indicators display zero.

All the data necessary for carrying out this procedure are given in the following Table:

Checked range	Series resistor	Readout of the digital voltmeter (MT 100)	Readout of the BM 545 instrument	ε
100 nA	100 MΩ ± 0.1 %	10.010 V	100.0 ± ε	≅ 1 nA
1 μA	10 MΩ ± 0.1 %	10.010 V	1.000 ± ε	≅ 10 nA
10 μA	1 MΩ ± 0.1 %	10.010 V	10.00 ± ε	≅ 100 nA
100 μA	100 kΩ ± 0.1 %	10.010 V	100.0 ± ε	≅ 1 μA
1000 μA	10 kΩ ± 0.1 %	10.010 V	1000 ± ε	≅ 10 μA
10 mA	1 kΩ ± 0.1 %	10.010 V	10.00 ± ε	≅ 100 μA

#### 10.4. More involved repairs

The BM 545 microvoltmeter - picoammeter has been submitted by the makers to stringent tests of the quality of the components and the precision of circuit adjustment. The greatest possible care has been devoted to the development and production processes and in many cases special technology has been applied in order to ensure constant advantageous properties and the corresponding high accuracy. However, due to the natural ageing of the components, after lengthy operation and/or resulting from inclement climatic conditions or other adverse influences, a defect may occur

kých podmínek a jiných vlivů se může vyskytnout závada, jež poruší funkci přístroje.

Při výměně vadných součástí používejte pouze typy, které jsou uvedeny v rozpisu elektrických součástí. Přiložené schéma zapojení a nákresy desek s tištěnými spoji Vám usnadní pochopení principu a odstranění případných závad. V duchu dobré tradice má k. p. TESLA Brno zájem na tom, aby jeho měřicí přístroje sloužily s maximální přesností zákazníkům. Nemáte-li proto při opravě vhodné kontrolní zařízení nebo dostatek zkušeností, doporučujeme Vám obrátit se na výrobní podnik, který Vám přístroj opraví. Přístroj zašlete na adresu:

TESLA Brno, k. p., Purkyňova 99, 612 45 Brno  
Adresa servisu měřicích přístrojů (pro osobní styk):

TESLA Brno, k. p.,  
servis měřicích přístrojů, Mercova 8a,  
612 45 Brno  
tel. č. 558 18.

## 11. POKYNY PRO DOPRAVU A SKLADOVÁNÍ

### 11.1. Doprava

Konstrukce obalu je řešena s ohledem na snížení nepříznivých vlivů během dopravy. Přístroj však musí být chráněn proti přímému vlivu počasí a působení teplot v rozsahu vyšším než  $-25^{\circ}\text{C}$  až  $+55^{\circ}\text{C}$ . Krátkodobé zvýšení vlhkosti nemá na přístroj vliv.

### 11.2. Skladování

Přístroj lze skladovat v nezabaleném stavu

может возникнуть неисправность, которая нарушает работу прибора.

При замене вышедших из строя деталей используются только типы, которые указаны в спецификации электрических деталей. Прилагаемые схемы и чертежи плат с печатным монтажом облегчают понять принцип действия прибора и устранить возникшие неисправности. В духе хорошей традиции концерновое предприятие «Тесла» Брно заинтересовано в том, чтобы его измерительные приборы работали с максимальной точностью у заказчика. Поэтому, если у Вас нет для ремонта необходимых контрольных устройств или достаточного опыта, рекомендуется обратиться на: КОВО - внешнеторговое объединение, Прага - Чехословакия.

## 11. УКАЗАНИЯ ПО ТРАНСПОРТИРОВКЕ И ХРАНЕНИЮ

### 11.1. Транспортировка

Конструкция тары рассчитана на понижение неблагоприятных влияний в процессе транспортировки. Однако, прибор должен быть защищен от прямого воздействия погоды и температуры в пределах более  $-25^{\circ}\text{C}$   $\pm$   $+55^{\circ}\text{C}$ . Кратковременное повышение влажности не оказывает влияние на прибор.

### 11.2. Хранение

Прибор можно хранить в неупакованном виде в среде с температурой в пределах от  $-5^{\circ}\text{C}$

which can impair the correct functioning of the instrument.

When a defective component has to be exchanged, only such a spare part must be employed which is indicated in the List of Electrical Components. The enclosed wiring diagram and drawings of the printed circuit boards will serve as an aid in tracing and repairing possible defects.

In order to uphold their good tradition, TESLA BRNO, Nat. Corp., are greatly interested in ensuring that their electronic measuring instruments serve the users with maximum accuracy. Therefore, customers who have not the necessary test instrumentation or sufficient experience with sophisticated electronic equipment are requested to entrust more involved repairs to the makers or to their service organization.

Detailed information is available from:

KOVO, Foreign Trade Corporation,  
2 Jankovcova,  
170 88 Praha 7, Czechoslovakia.

## 11. INSTRUCTIONS FOR TRANSPORT AND STORAGE

### 11.1. Transport

The packing for the BM 545 microvoltmeter - picoammeter has been designed so as to reduce as far as possible adverse influences which could be encountered during transport. However, the instrument must be protected from the direct influence of inclement weather and of temperatures exceeding the range of  $-25^{\circ}\text{C}$  to  $+55^{\circ}\text{C}$ . Transitory increase of the relative humidity has no detrimental effect on the instrument.

### 11.2. Storage

When unpacked, the BM 545 instrument can be stored at temperatures within the range of



v prostředí s teplotou od  $-5^{\circ}\text{C}$  do  $+40^{\circ}\text{C}$  při maximální relativní vlhkosti 80 %.

Při dlouhodobém skladování lze přístroj v továrním obalu skladovat v rozmezí  $-25^{\circ}\text{C}$  až  $+55^{\circ}\text{C}$  při relativní vlhkosti do 95 %.

V obou případech je nutné skladované přístroje chránit proti povětrnostním vlivům uložením ve vhodných prostorách prostých prachu a výparů z chemikálií.

Na přístroje nesmí být ukládán žádný další materiál.

## 12. ÚDAJE O ZÁRUCE

Na správnou funkci přístroje poskytuje k. p. TESLA Brno záruku v délce stanovené hospodářským zákoníkem č. 109/1964 Sb. ve znění č. 37/1971 Sb. (§§ 198, 135). Podrobnější údaje o délce záruční doby jsou uvedeny v záručním listě.

до  $+40^{\circ}\text{C}$  и при максимальной относительной влажности 80 %.

При длительном хранении прибор можно хранить в заводской таре при температуре в пределах  $-25^{\circ}\text{C}$  +  $+55^{\circ}\text{C}$  при относительной влажности воздуха 95 %.

В обоих случаях прибор следует защищать от воздействия погоды путем расположения его в удовлетворительных пространствах без пыли и паров химикалий.

На прибор не следует класть никакой другой материал.

## 12. УСЛОВИЯ ГАРАНТИИ

Конц. пр. ТЕСЛА Брно гарантирует правильную работу своих изделий в течение гарантийного срока для заказчиков стран-членов СЭВ и им равных, установленного общими условиями СЭВ 1968 г. (§§ 28 - 30).

Более подробные данные указаны в гарантийном свидетельстве.

$-5^{\circ}\text{C}$  to  $+40^{\circ}\text{C}$  at a maximum relative humidity of 80 %.

When packed in its original packing, the BM 545 instrument can be stored for any length of time at temperatures within the range of  $-25^{\circ}\text{C}$  to  $+55^{\circ}\text{C}$  at a relative humidity of up to 95 %.

In either case, the instrument must be protected from adverse atmospheric influences, by keeping it in a suitable room which is free from dust and chemical fumes.

No other material must be stacked on the stored instrument.

## 12. GUARANTEE

With customers outside Czechoslovakia, the guarantee conditions are agreed upon individually in every case.

The guarantee does not cover defects caused by incorrect application of the BM 545 micro-voltmeter - picoammeter.

Details about the guarantee terms are given in the Guarantee Certificate.

## 13. ROZPIS ELEKTRICKÝCH SOUČÁSTÍ

СПЕЦИФИКАЦИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ  
ДЕТАЛЕЙ

## LIST OF ELECTRICAL COMPONENTS

1X1 834 35 - BM 545/4

## Resistors:

No.	Type	Value	Tolerance ± %	Max. load W	Standard ČSSR
R1	Film	100 MΩ	2	0.5	1AK 652 77
R2	Trimmer	4.7 MΩ	-	0.3	TP 112 4M7
R3	Film	104 kΩ	0.5	0.25	TR 162 104K ±0,5% <sub>0-1</sub>
R4	Film	100 MΩ	2	0.5	1AK 652 77
R5	Trimmer	4.7 MΩ	-	0.3	TP 112 4M7
R6	Film	100 kΩ	5	0.25	TR 191 100K/J
R7	Film	100 kΩ	5	0.25	TR 191 100K/J
R8	Film	100 kΩ	5	0.25	TR 191 100K/J
R9	Film	390 kΩ	10	0.25	TR 151 M39/A
R10	Trimmer	680 kΩ	-	0.5	TP 011 M68
R11	Film	680 kΩ	5	0.25	TR 191 680K/J
R12	Film	619 kΩ	0.5	0.5	TR 163 619K ±0,5% <sub>0-1</sub>
R13	Film	383 kΩ	0.5	0.25	TR 162 383K ±0,5% <sub>0-1</sub>
R14	Film	100 kΩ	0.5	1	TR 164 M1 ±0,5% <sub>0-1</sub>
R15	Film	10 kΩ	0.5	0.25	TR 162 10K ±0,5% <sub>0-1</sub>
R16	Film	1 kΩ	0.5	0.25	TR 162 1K ±0,5% <sub>0-1</sub>
R17	Film	100 Ω	0.5	0.25	TR 162 100 ±0,5% <sub>0-1</sub>
R18	Film	10 Ω	1	0.25	TR 162 10 ±1% <sub>0</sub>
R25	Film	898 Ω	0.5	0.25	TR 162 898 ±0,5% <sub>0-1</sub>
R26	Film	100 Ω	0.5	0.25	TR 162 100 ±0,5% <sub>0-1</sub>
R27	Film	1 MΩ	10	0,25	TR 151 1M/A
R29	Potentiometr	10 kΩ	-		1AN 691 28
R30	Film	100 kΩ	10	0.25	TR 151 M1/A
R31	Film	15 kΩ	10	0.25	TR 151 15K/A
R33	Film	1.5 MΩ	10	0.25	TR 151 1M5/A
R36	Film	10 kΩ	10	0.25	TR 151 10k/A
R37	Film	3.9 MΩ	5	0.5	TR 152 3M9/B
R55	Film	22 kΩ	10	0.25	TR 151 22K/A
R56	Trimmer	100 kΩ	-	0.5	TP 012 M1
R57	Film	150 kΩ	10	0.25	TR 151 M15/A
R58	Film	4.7 kΩ	10	0.25	TR 151 4K7/A
R59	Film	3.3 MΩ	5	0.5	TR 152 3M3/B
R60	Film	22 kΩ	10	0.25	TR 151 22K/A
R61	Film	220 kΩ	5	0.25	TR 191 220K/J

No.	Type	Value	Tolerance ± %	Max. load W	Standard ČSSR
R62	Trimmer	10 kΩ	-	0.5	TP 012 10k
R63	Film	100 kΩ	5	0.25	TR 191 100K/J
R64	Film	100 kΩ	0.5	0.25	TR 162 M1 ±0,5% <sub>0-1</sub>
R65	Trimmer	10 kΩ	-	0.5	TP 012 10k
R66	Film	22 kΩ	5	0.25	TR 191 22K/J
R67	Film	100 kΩ	5	0.25	TR 191 100K/J
R68	Film	8.98 kΩ	0.5	0.25	TR 162 8K98 ±0,5% <sub>0-1</sub>
R69	Film	510 kΩ	5	0.25	TR 191 510K/J
R70	Trimmer	100 Ω	-	0.5	TP 012 100
R71	Film	2.2 kΩ	5	0.25	TR 191 2K2/J
R72	Film	619 kΩ	0.5	0.5	TR 163 M619 ±0,5% <sub>0-1</sub>
R73	Film	383 kΩ	0.5	0.25	TR 162 M383 ±0,5% <sub>0-1</sub>
R74	Film	510 kΩ	5	0.25	TR 191 510K/J
R75	Trimmer	1 kΩ	-	0.5	TP 012 1K
R76	Film	5.6 kΩ	5	0.25	TR 191 5K6/J
R77	Film	100 kΩ	0.5	0.25	TR 162 M1 ±0,5% <sub>0-1</sub>
R78	Film	100 kΩ	5	0.25	TR 191 100K/J
R79	Film	220 kΩ	5	0.25	TR 191 220K/J
R80	Trimmer	10 kΩ	-	0.5	TP 012 10k
R81	Film	100 kΩ	0.5	0.25	TR 162 M1 ±0,5% <sub>0-1</sub>
R82	Film	47 kΩ	10	0.25	TR 151 47K/A
R83	Film	47 kΩ	10	0.25	TR 151 47K/A
R84	Film	560 Ω	10	0.25	TR 151 560/A
R85	Film	560 Ω	10	0.25	TR 151 560/A
R86	Film	68 kΩ	10	0.25	TR 151 68K/A
R87	Film	68 kΩ	10	0.25	TR 151 68K/A
R88	Film	220 kΩ	10	0.25	TR 151 M22/A
R89	Film	220 kΩ	10	0.25	TR 151 M22/A
R90	Film	1.5 kΩ	10	0.25	TR 151 1K5/A
R91	Film	22 kΩ	10	0.25	TR 151 22K/A
R92	Film	330 kΩ	10	0.25	TR 151 M33/A
R93	Film	100 Ω	10	0.25	TR 151 100/A
R94	Film	9.1 kΩ	5	0.25	TR 151 9K1/B
R95	Film	2.2 MΩ	5	0.25	TR 151 2M2/B

No.	Type	Value	Tolerance ± %	Max. load W	Standard CSSR
R96	Film	2.2 MΩ	5	0.25	TR 151 2M2/B
R97	Wire-wound	1 Ω	0.5	-	1AK 668 70
R98	Film	56 Ω	10	0.25	TR 151 56/A
R99	Film	56 Ω	10	0.25	TR 151 56/A
R100	Film	56 Ω	10	0.25	TR 151 56/A
R101	Film	56 Ω	10	0.25	TR 151 56/A
R102	Film	1 kΩ	5	0.25	TR 151 1K/B
R111	Film	10 kΩ	1	0.25	TR 191 10K/F
R112	Film	10 kΩ	1	0.25	TR 191 10K/F
R113	Film	715 Ω	1	0.25	TR 191 715/F
R114	Film	7.5 kΩ	5	0.25	TR 151 7K5/B
R115	Film	7.15 kΩ	0.5	0.125	TR 161 7K15 ±0.5%·1
R116	Film	15 kΩ	-	0.25	TR 151 15K
R117	Film	8.2 Ω	5	0.25	TR 191 8R2/J
R118	Film	8.2 Ω	5	0.25	TR 191 8R2/J
R119	Film	1 kΩ	-	0.25	TR 151 1K
R120	Film	15 kΩ	-	0.25	TR 151 15K
R121	Film	1 kΩ	-	0.25	TR 151 1K
R122	Film	1 kΩ	-	0.25	TR 151 1K
R123	Film	1.5 kΩ	-	0.25	TR 151 1K5
R124	Film	3.92 kΩ	1	0.25	TR 191 3K92/F
R125	Film	8.2 kΩ	10	0.25	TR 151 8K2/A
R126	Film	22 Ω	20	0.125	TR 212 22R/M
R127	Film	22 Ω	20	0.125	TR 212 22R/M
R128	Wire-wound	0.3 Ω	2	-	1AA 669 21
R129	Film	1 kΩ	-	0.25	TR 151 1K
R130	Film	56 Ω	5	0.25	TR 151 56/B
R131	Film	22 kΩ	5	0.25	TR 151 22K/B
R132	Film	2.15 kΩ	1	0.25	TR 191 2K15/F
R133	Film	4.99 kΩ	1	0.25	TR 191 4K99/F
R134	Trimmer	2.2 kΩ	-	0.5	TP 012 2K2
R135	Film	150 kΩ	-	0.25	TR 151 M15
R136	Film	150 kΩ	-	0.25	TR 151 M15
R137	Film	47 kΩ	-	0.25	TR 151 47K
R138	Film	47 kΩ	-	0.25	TR 151 47K
R139	Film	3.3 kΩ	5	0.25	TR 151 3k3/B
R140	Film	3.3 kΩ	5	0.25	TR 151 3k3/B
R141	Film	5.6 kΩ	10	0.25	TR 151 5K6/A
R142	Film	5.6 kΩ	10	0.25	TR 151 5K6/A
R143	Film	1 kΩ	5	0.25	TR 151 1K/B

No.	Type	Value	Tolerance ± %	Max. load W	Standard CSSR
R144	Film	47 Ω	5	0.25	TR 151 47/B
R145	Film	1 MΩ	-	0.25	TR 151 1M
R146	Trimmer	33 kΩ	-	0.5	TP 011 33K
R147	Film	150 kΩ	-	0.25	TR 151 M15
R148	Film	820 Ω	10	0.25	TR 151 820/A
R149	Trimmer	1 kΩ	-	0.5	TP 012 1K
R150	Trimmer	33 kΩ	-	0.5	TP 011 33K
R151	Film	100 kΩ	-	0.25	TR 151 M1
R152	Trimmer	680 Ω	-	0.5	TP 012 680
R153	Film	150 kΩ	-	0.25	TR 151 M15
R154	Film	1.5 kΩ	-	0.25	TR 151 1K5
R155	Film	10 MΩ	-	1	TR 153 10M
R156	Film	10 MΩ	-	1	TR 153 10M
R157	Film	1 MΩ	-	0.25	TR 151 1M
R158	Film	1 kΩ	-	0.25	TR 151 1K
R164	Film	100 kΩ	5	0.125	TR 161 100n ±5%
R165	Film	12 kΩ	5	0.125	TR 161 12n ±5%

### Capacitors:

No.	Type	Value	Tolerance ± %	Max. DC voltage V	Standard CSSR
C1	Tubular	68 000 pF	-	1000	TC 185 68k
C2	Polystyrene	10 000 pF	-	100	TC 281 10k
C3	Polystyrene	470 pF	10	100	TC 281 470/A
C4	Polystyrene	2200 pF	10	100	TC 281 2k2/A
C5	P.E.T.	0.1 μF	5	400	TC 276 M1/B
C6	P.E.T.	0.1 μF	5	400	TC 276 M1/B
C7	P.E.T.	0.1 μF	5	400	TC 276 M1/B
C9	P.E.T.	6800 pF	-	400	TC 276 6k8
C10	Polystyrene	22 pF	-	100	TC 281 22
C11	Electrolytic	1 μF	-	40	TE 125 1M
C12	Electrolytic	1 μF	-	40	TE 125 1M
C16	P.E.T.	10 000 pF	10	160	TC 279 10k/A
C17	P.E.T.	0.1 μF	5	160	TC 279 M1/B
C18	Polystyrene	1800 pF	10	100	TC 281 1k8/A
C19	Polystyrene	10 000 pF	10	100	TC 281 10k/A



No.	Type	Value	Tolerance ± %	Max. DC voltage V	Standard CSSR
C20	P.E.T.	0.15 μF	10	160	TC 279 M15/A
C21	Tubular	2 μF	-	100	TC 180 2M
C22	Ceramic	0.1 μF	+80 - 20	32	TK 783 100n/Z
C23	Ceramic	0.1 μF	+80 - 20	32	TK 783 100n/Z
C24	Ceramic	1000 pF	+50 - 20	40	TK 744 1n/S
C25	Ceramic	1000 pF	+50 - 20	40	TK 744 1n/S
C26	Ceramic	0.1 μF	+80 - 20	32	TK 783 100n/Z
C27	Ceramic	0.1 μF	+80 - 20	32	TK 783 100n/Z
C28	Tubular	1 μF	-	100	TC 180 1M
C29	Ceramic	4700 pF	+50 - 20	40	TK 744 4n7/S
C30	P.E.T.	10 000 pF	5	160	TC 279 10k/B
C31	Ceramic	0.1 μF	+80 - 20	32	TK 783 100n/Z
C32	Ceramic	0.1 μF	+80 - 20	32	TK 783 100n/Z
C33	Ceramic	220 pF	10	40	TK 794 220p/K
C41	Electrolytic	200 μF	-	35	TE 986 200M
C42	Electrolytic	200 μF	-	35	TE 986 200M
C43	Ceramic	100 pF	10	40	TK 794 100p/K
C44	Ceramic	4700 pF	+50 - 20	250	TK 745 4n7/S
C45	Ceramic	220 pF	10	40	TK 794 220p/K
C46	Electrolytic	50 μF	-	15	TE 004 50M
C47	Ceramic	22 000 pF	+80 - 20	32	TK 783 22n/Z
C48	Ceramic	22 000 pF	+80 - 20	32	TK 783 22n/Z
C49	Electrolytic	200 μF	-	35	TE 986 200M
C50	Electrolytic	200 μF	-	35	TE 986 200M
C51	Electrolytic	1000 μF	-	15	TE 984 1000M · PVC
C52	Ceramic	470 pF	5	40	TK 774 470p/J
C53	Ceramic	22 000 pF	+80 - 20	12.5	TK 782 22n/Z

No.	Type	Value	Tolerance ± %	Max. DC voltage V	Standard CSSR
C54	Electrolytic	500 μF	-	35	TE 986 500M
C55	Electrolytic	500 μF	-	35	TE 986 500M
C56	Ceramic	10 000 pF	+80 - 20	32	TK 783 10n/Z
C57	Tubular	1 μ	-	100	TC 180 1M
C58	Ceramic	0.1 μ	+80 - 20	32	TK 783 100n/Z
C59	Ceramic	220 pF	10	40	TK 794 220p/K
C60	Ceramic	0.1 μF	+80 - 20	32	TK 783 100n/Z
C61	Polystyrene	100 pF	10	100	TC 281 100/A
C62	Ceramic	4700 pF	+50 - 20	250	TK 745 4n7/S

#### Transformers and coils:

Component	Marking	Drawing	No. of tap	No. of turns	Wire Ø in mm
Transformer	TR1	1AN 664 02			
Coil		1AK 625 62	1 - 2	layer	0.236
			3 - 4	880	0.236
			5 - 6	880	0.236
			7 - 8	80	0.355
			9 - 10	layer	0.236
Coil		1AK 625 63	1 - 2	layer	0.250
			3 - 4	175	0.160
			5 - 6	175	0.160
			7 - 8	105	1.00
			9 - 10	layer	0.250

#### Further electrical components:

Component	Type - Value	Drawing No.
Pair of transistor E1, E45	KF521	1AN 115 02
Transistor E2, E9, E10	KF521	

Component	Type - Value	Drawing No.
Transistor E3, E4, E40, E41	KC509	
Transistor E8	WSH218	
Integrated circuit E11	MAA725	
Integrated circuit E12, E25, E44	MAA501	
Diode E13, E14	KZ141	
Transistor E21, E27	KFY18	
Transistor E22	KF506	
Diode E23, E24, E46, E47	KA261	
Integrated circuit E26, E34	MAA723H	
Diode E28 - E31	KY130/150	
Diode E32	1NZ70	
Transistor E33	KD602	
Thyristor E35	KT501	
Diode E36, E37	KY940/150	
Diode E38, E39	KY950/150	
Integrated circuit E42	MH7472	
Integrated circuit E43	MH7400	
Fuse cartridge P1	T 200 mA for 220 V	ČSN 35 4733.3
Fuse cartridge P1	T 400 mA for 120 V	ČSN 35 4733.3
Fuse cartridge P2	F 2A	ČSN 35 4733.2

1X1 834 35 - BM 545/5

Resistors:

No.	Type	Value	Tolerance ± %	Max. load W	Standard ČSSR
R1	Film	150 kΩ	1	0.25	TR 161 150K/±1%
R2	Film	1.8 kΩ	5	0.25	TR 151 1K8/B
R3	Trimmer	100 kΩ	-	0.5	TP 012 100K
R4	Film	51.1 kΩ	1	0.125	TR 161 51K1/±1%
R4	Film	82.5 kΩ	1	0.125	TR 161 82K5/F
R4	Film	120 kΩ	1	0.125	TR 161 M12/±1%
R5	Film	1.5 kΩ	10	0.25	TR 151 1K5/A
R6	Film	120 kΩ	0.5	0.125	TR 161 M12/±0.5% <sub>0-1</sub>
R7	Film	3.3 MΩ	5	0.5	TR 152 3M3/B
R8	Film	1.8 kΩ	5	0.25	TR 151 1K8/B
R9	Trimmer	100 kΩ	-	0.5	TP 012 100K

No.	Type	Value	Tolerance ± %	Max. load W	Standard ČSSR
R10	Film	51.1 kΩ	1	0.125	TR 161 51K1/±1%
R10	Film	82.5 kΩ	1	0.125	TR 161 82K5/F
R10	Film	120 kΩ	0.5	0.125	TR 161 M12/±0.5% <sub>0-1</sub>
R11	Film	56 Ω	5	0.25	TR 151 56/B
R12	Film	120 kΩ	0.5	0.125	TR 161 M12/±0.5% <sub>0-1</sub>
R13	Film	3.3 MΩ	5	0.5	TR 152 3M3/B
R14	Film	10 MΩ	10	1	TR 153 10M/A
R15	Film	270 kΩ	5	0.25	TR 151 270K/B
R16	Film	2.2 MΩ	5	0.25	TR 151 2M2/B
R17	Trimmer	100 kΩ	-	0.5	TP 012 100K
R18	Film	150 kΩ	1	0.125	TR 161 150K/±1%
R19	Trimmer	100 kΩ	-	0.5	TP 012 100K
R20	Film	10 kΩ	5	0.25	TR 151 10K/B
R21	Film	6.8 kΩ	5	0.25	TR 151 6K8/B
R22	Film	6.8 kΩ	5	0.25	TR 151 6K8/B
R23	Film	8.2 kΩ	5	0.25	TR 151 8K2/B
R24	Film	6.8 kΩ	5	0.25	TR 151 6K8/B
R25	Film	10 kΩ	5	0.25	TR 151 10K/B
R26	Film	3.9 kΩ	10	0.25	TR 151 3K9/A
R27	Film	1.8 kΩ	5	0.25	TR 151 1K8/B
R28	Film	15 kΩ	10	0.25	TR 151 15K/A
R29	Film	2.7 kΩ	10	0.25	TR 151 2K7/A
R30	Film	27 Ω	10	0.25	TR 151 27/A
R31	Film	2.2 kΩ	10	0.25	TR 151 2K2/A
R32	Film	3.9 kΩ	10	0.25	TR 151 3K9/A
R33	Film	2.2 kΩ	10	0.25	TR 151 2K2/A
R34	Film	10 kΩ	5	0.25	TR 151 10K/B
R35	Film	27 kΩ	5	0.25	TR 151 27K/B
R36	Film	2.2 kΩ	10	0.25	TR 151 2K2/A
R37	Film	33 kΩ	5	0.25	TR 151 33K/B
R38	Film	10 kΩ	5	0.25	TR 151 10K/B
R39	Film	27 kΩ	5	0.25	TR 151 27K/B
R40	Film	33 kΩ	5	0.25	TR 151 33K/B
R41	Film	2.2 kΩ	10	0.25	TR 151 2K2/A
R42	Film	10 kΩ	5	0.25	TR 151 10K/B
R43	Film	27 kΩ	5	0.25	TR 151 27K/B
R44	Film	33 kΩ	5	0.25	TR 151 33K/B
R45	Film	2.2 kΩ	10	0.25	TR 151 2K2/A
R46	Film	10 kΩ	5	0.25	TR 151 10K/B
R47	Film	27 kΩ	5	0.25	TR 151 27K/B

No.	Type	Value	Tolerance ± %	Max. load W	Standard ČSSR
R48	Film	33 kΩ	5	0.25	TR 151 33K/B
R49	Film	3.3 MΩ	5	0.5	TR 152 3M3/B
R50	Film	82 kΩ	5	0.25	TR 151 82K/B
R51	Film	2.2 MΩ	10	0.25	TR 151 2M2/A
R52	Film	220 Ω	10	0.25	TR 151 220/A
R53	Film	1.2 kΩ	10	0.25	TR 151 1K2/A
R54	Film	470 Ω	10	0.25	TR 151 470/A
R55	Film	470 Ω	10	0.25	TR 151 470/A
R56	Film	470 Ω	10	0.25	TR 151 470/A
R57	Film	3.9 kΩ	10	0.25	TR 151 3K9/A
R58	Film	3.3 kΩ	10	0.125	TR 211 3K3/K
R60	Film	3.3 kΩ	10	0.125	TR 211 3K3/K
R61	Film	1 kΩ	10	0.125	TR 211 1K/K
R62	Film	68 Ω	10	0.25	TR 191 68R/K
R63-R85	Film	120 (180) Ω	10	0.125	TR 211 120 (180) R/K
R86	Film	3.3 kΩ	10	0.125	TR 211 3K3/K
R87	Film	1 kΩ	10	0.125	TR 211 1K0/K
R88	Film	3.3 kΩ	10	0.125	TR 211 3K3/K
R89	Film	1 kΩ	10	0.125	TR 211 1K0/K
R90	Film	3.3 kΩ	10	0.125	TR 211 3K3/K
R91	Film	1 kΩ	10	0.125	TR 211 1K0/K
R92-R99	Film	100 Ω	5	0.25	TR 151 100/B
R100	Film	3.9 kΩ	5	0.25	TR 151 3K9/B
R101	Film	470 Ω	5	0.25	TR 151 470/B
R102	Film	6.8 kΩ	5	0.25	TR 151 6K8/B
R103	Film	620 Ω	5	0.25	TR 151 620/B
R104	Film	3.9 kΩ	5	0.25	TR 151 3K9/B
R105	Film	3.9 kΩ	5	0.25	TR 151 3K9/B
R106	Film	100 Ω	5	0.25	TR 151 100/B
R107	Film	100 Ω	5	0.25	TR 151 100/B
R108	Film	100 kΩ	5	0.25	TR 151 M1/B
R109	Film	180 Ω	5	0.25	TR 151 180/B
R110	Film	100 Ω	5	0.25	TR 151 100/B
R111	Film	2 kΩ	5	0.25	TR 151 2K/B
R112	Film	470 Ω	5	0.25	TR 151 470/B
R113	Film	3.3 kΩ	5	0.25	TR 151 3K3/B
R114	Film	620 Ω	5	0.25	TR 151 620/B
R115	Film	6.8 kΩ	5	0.25	TR 151 6K8/B
R116	Film	3.9 kΩ	5	0.25	TR 151 3K9/B
R117	Film	3.9 kΩ	5	0.25	TR 151 3K9/B

No.	Type	Value	Tolerance ± %	Max. load W	Standard ČSSR
R118	Film	100 kΩ	5	0.25	TR 151 M1/B
R119	Film	180 Ω	5	0.25	TR 151 180/B
R120	Film	100 Ω	5	0.25	TR 151 100/B
R121	Film	2 kΩ	5	0.25	TR 151 2K/B
R122	Film	470 Ω	5	0.25	TR 151 470/B
R123	Film	3.3 kΩ	5	0.25	TR 151 3K3/B
R124	Film	620 Ω	5	0.25	TR 151 620/B
R125	Film	6.8 kΩ	5	0.25	TR 151 6K8/B
R126	Film	100 kΩ	5	0.25	TR 151 M1/B
R127	Film	180 Ω	5	0.25	TR 151 180/B
R128	Film	100 Ω	5	0.25	TR 151 100/B
R129	Film	2 kΩ	5	0.25	TR 151 2K/B
R130	Film	10 kΩ	5	0.25	TR 151 10K/B
R131	Film	39 Ω	10	0.25	TR 191 39R/K
R161-R163	Film	120 Ω	10	0.125	TR 211 120R/K

### Capacitors:

No.	Type	Value	Tolerance ± %	Max. DC voltage V	Standard ČSSR
C1	P.E.T.	1 μF	-	160	TC 279 1M
C2-C8	Electrolytic	20 μF	-	25	TE 154 20M
C9	Ceramic	0.1 μF	+80 -20	12.5	TK 782 100n/Z
C10	Ceramic	4700 pF	+50 -20	40	TK 724 4n7/S
C11	Ceramic	220 pF	20	250	TK 795 220p/M
C12	Tubular	2 μF	-	100	TC 180 2M
C13	Tubular	2 μF	-	100	TC 180 2M
C14	Ceramic	2200 pF	+50 -20	40	TK 744 2n2/S
C15	Ceramic	2200 pF	+50 -20	40	TK 744 2n2/S
C16	Ceramic	2200 pF	+50 -20	40	TK 744 2n2/S
C17	Ceramic	1000 pF	+50 -20	40	TK 724 1n/S
C18	Ceramic	1000 pF	+50 -20	40	TK 724 1n/S



No.	Type	Value	Tolerance $\pm \%$	Max. DC voltage V	Standard CSSR
C19	Ceramic	10 000 pF	20	40	TK 724 10n/M
C20	Ceramic	1000 pF	+50 - 20	40	TK 724 1n/S
C21	Ceramic	10 000 pF	20	40	TK 724 10n/M
C22	Ceramic	1000 pF	+50 - 20	40	TK 724 1n/S
C23	Ceramic	10 000 pF	20	40	TK 724 10n/M
C24	Ceramic	4700 pF	+80 - 20	32	TK 783 4n7/Z
C25	Electrolytic	50 $\mu$ F	-	10	TE 152 50M
C26-C31	Ceramic	0.1 $\mu$ F	+80 - 20	12.5	TK 782 100n/Z
C32	Electrolytic	50 $\mu$ F	-	10	TE 152 50M
C33-C40	Ceramic	0.1 $\mu$ F	+80 - 20	32	TK 783 100n/Z
C41	Electrolytic	50 $\mu$ F	-	10	TE 152 50M
C42-C44	Ceramic	0.1 $\mu$ F	+80 - 20	32	TK 783 100n/Z
C45	Electrolytic	50 $\mu$ F	-	10	TE 152 50M
C46-C50	Ceramic	0.1 $\mu$ F	+80 - 20	32	TK 783 100n/Z
C51	Electrolytic	50 $\mu$ F	-	10	TE 152 50M
C52-C55	Ceramic	0.1 $\mu$ F	+80 - 20	32	TK 783 100n/Z
C56	Electrolytic	50 $\mu$ F	-	10	TE 152 50M
C57-C61	Ceramic	0.1 $\mu$ F	+80 - 20	32	TK 783 100n/Z
C62	Electrolytic	50 $\mu$ F	-	10	TE 152 50M
C63-C67	Ceramic	0.1 $\mu$ F	+80 - 20	32	TK 783 100n/Z
C68	Electrolytic	50 $\mu$ F	-	10	TE 152 50M
C69-C74	Ceramic	0.1 $\mu$ F	+80 - 20	32	TK 783 100n/Z
C75	Tubular	0.1 $\mu$ F	10	160	TC 181 100n/A
C76	Ceramic	0.1 $\mu$ F	+80 - 20	32	TK 783 100n/Z
C77	P.E.T.	22 000 pF	-	160	TC 279 22K
C81	Ceramic	0.1 $\mu$ F	+80 - 20	32	TK 783 100n/Z

### Further electrical components:

Component	Type - Value	Drawing No.
Transistor E1-E4	KF521	1AN 758 68
Reference diodes E7, E8		
Operating amplifier E9	MAA502	
Transistor E10, E11, E12, E14		
E15, E20-E24, E47, E48, E55-E57	KC508	
Transistor E13	KF517	
Diode E5, E6, E16-E19, E42	KA261	
Integrated circuit E25, E35, E37, E38, E61-E70	MH7400	
Integrated circuit E26, E28, E30, E32	MH7490	
Integrated circuit E27, E29, E31, E33	MH7475	
Integrated circuit E34, E39	MH7474	
Integrated circuit E36, E41, E54, E60, E71	MH7410	
Integrated circuit E40, E58	MH7420	
Integrated circuit E43	MH7440	
Integrated circuit E44, E45, E46	D147C	
Integrated circuit E49-E53	LQ410 (ITT)	
Integrated circuit E59	MH7430	
Integrated circuit E61-E70	MH7400	
Diode E72-E77	KA206	

Součásti, které jsou označeny výkresovým číslem 1AN... jsou vybírány tak, aby odpovídaly speciálním předpisům.

Детали обозначенные 1AN... выбираются согласно специальным предписаниям.

Components designated with drawing number 1AN... are selected according to special regulations.

## SEZNAM PŘÍLOH:

### Desky s plošnými spoji:

BM 545/1 - 1AF 017 57 - Deska sestavená  
BM 545/2 - 1AF 017 58 - Deska sestavená  
BM 545/3 - 1AF 017 59 - Zdroj - Vstupní  
část

### Diagram

BM 545/4 - } 1X1 834 35 - Mikrovoltmetr -  
BM 545/5 - } pikoampérmetr

## ПЕРЕЧЕНЬ ПРИЛОЖЕНИЙ

### Пластины с печатным монтажом:

BM 545/1 - 1AF 017 57 - Пластина в сборе  
BM 545/2 - 1AF 017 58 - Пластина в сборе  
BM 545/3 - 1AF 017 59 - Источник питания  
- Входной блок

### Схемы включения:

BM 545/4 - } 1X1 834 35 - Микроvolt-  
BM 545/5 - } метр -  
- пикоамперметр

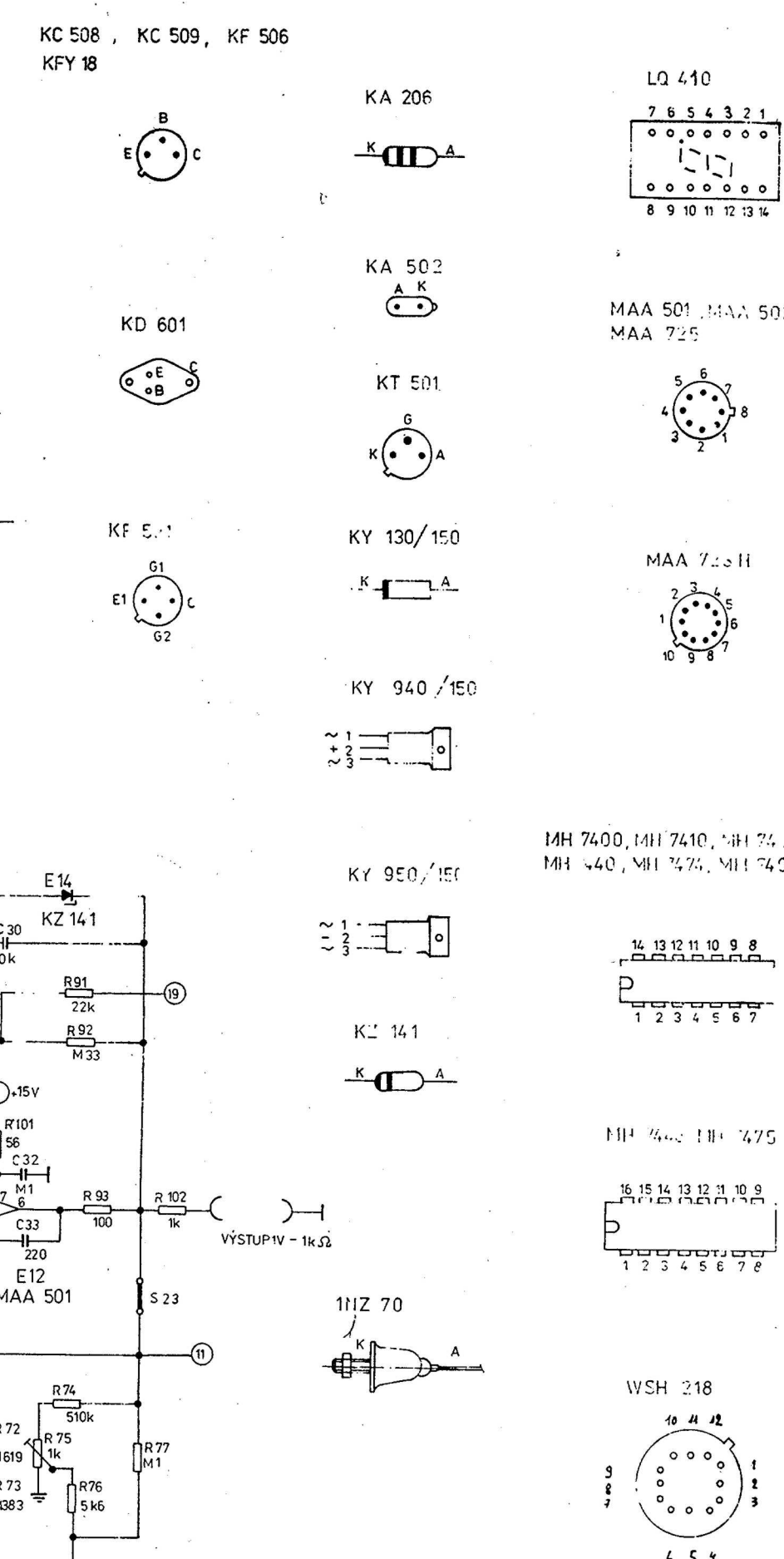
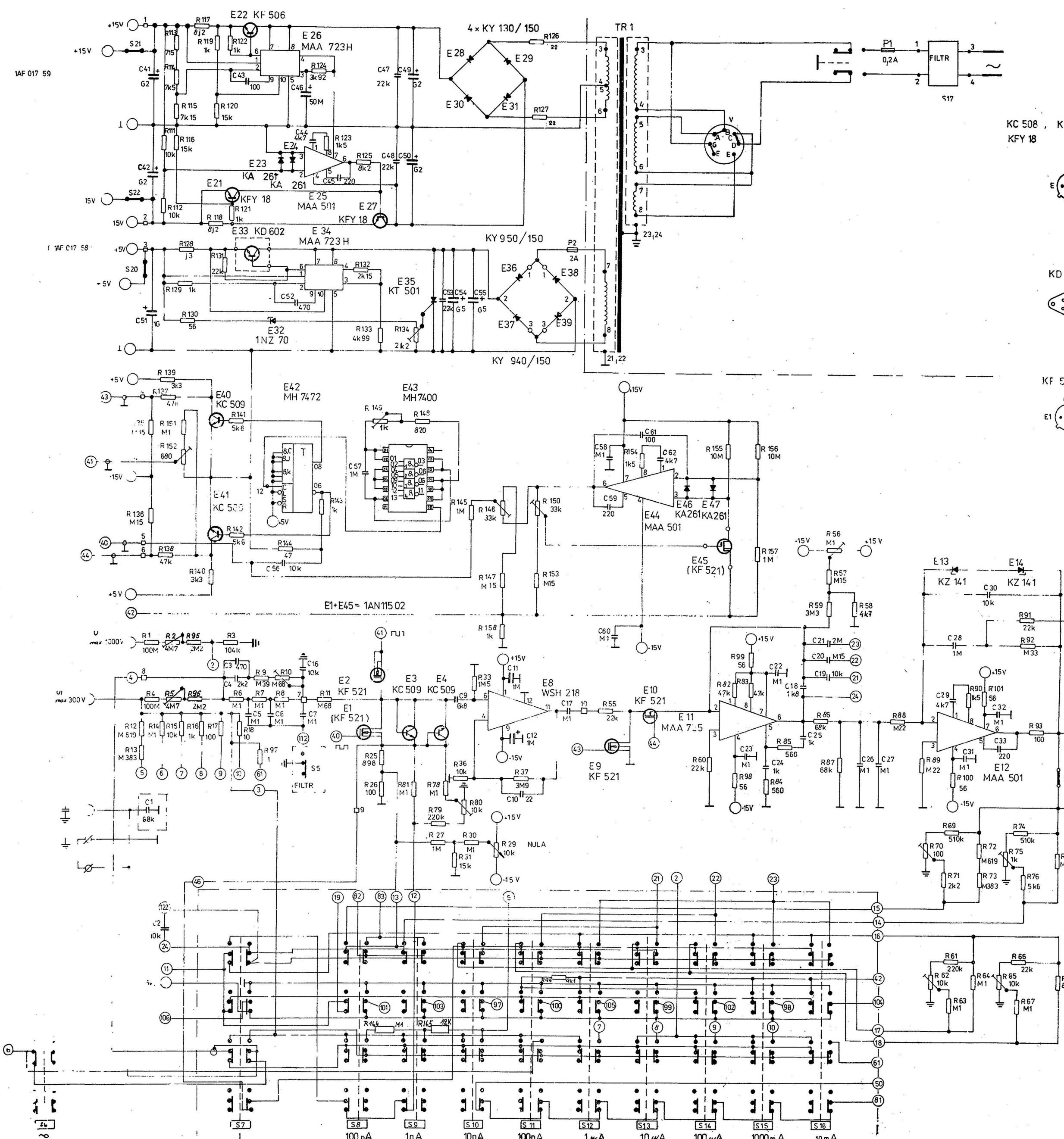
## ENCLOSURES

### Printed circuit boards

BM 545/1 - 1AF 017 57 - Board assembled  
BM 545/2 - 1AF 017 58 - Board assembled  
BM 545/3 - 1AF 017 59 - Power supply -  
Input part

### Diagrams:

BM 545/4 - } 1X1 834 35 - Microvoltmeter -  
BM 545/5 - } picoammeter



POHLED NA TLAČÍTKA SHORA  
POLOHA NESTLAČENO

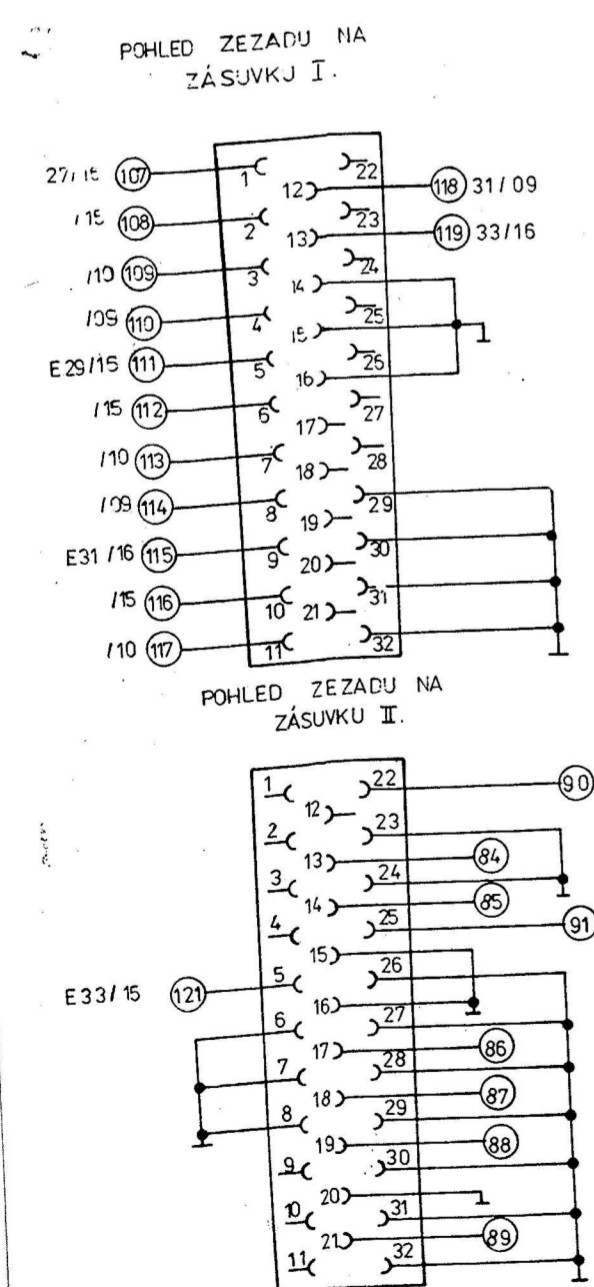
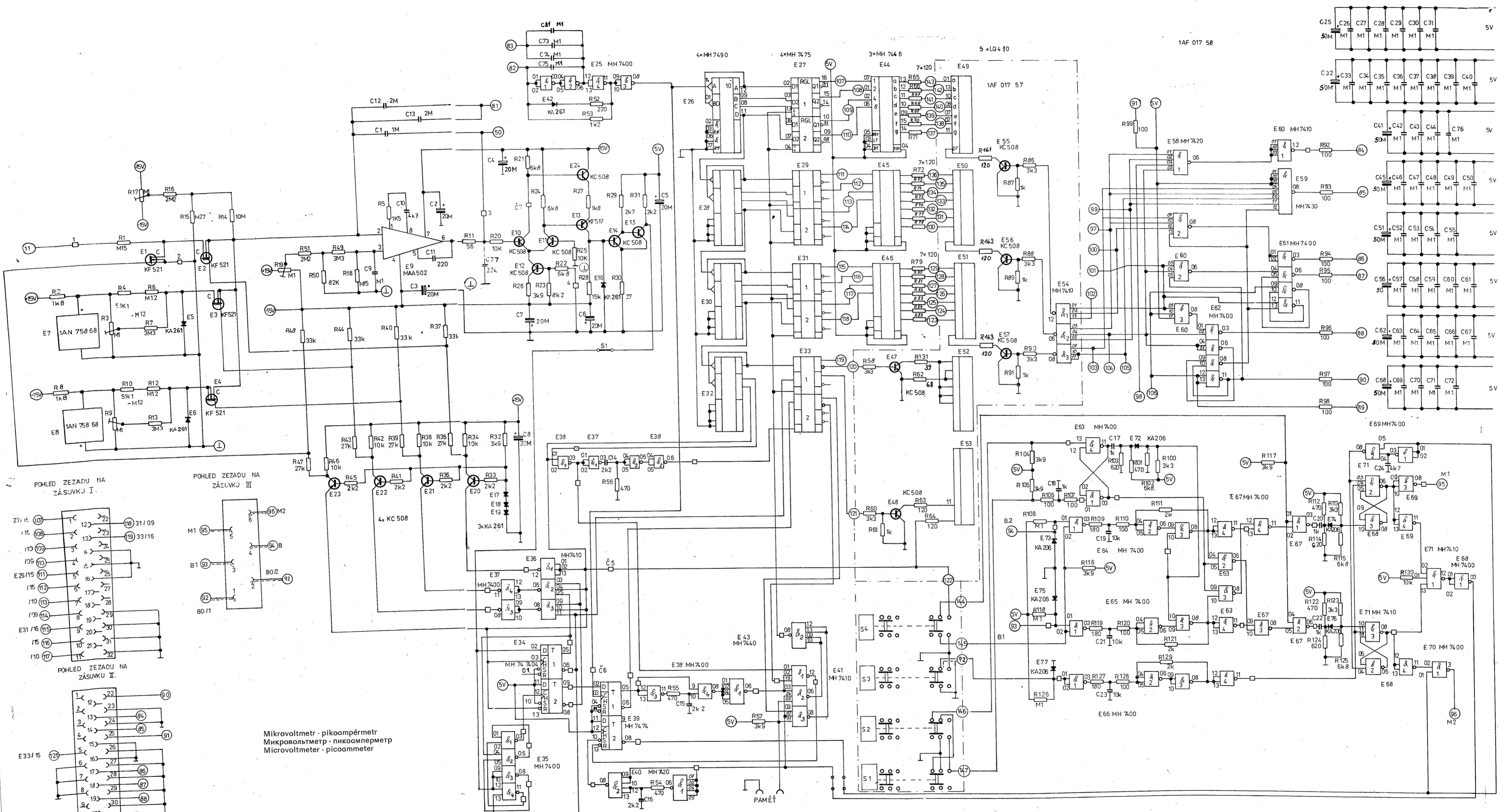
Mikrovoltmetr - pikoampérmetr  
Микровольтметр - пикоамперметр  
Microvoltmeter - picoammeter

Výstup  
Pohled na tlačítka shora  
Poloha nestlačeno

Выход  
Вид кнопок сверху  
Ненажатое положение

Output  
View of the push-buttons from above  
Position not depressed





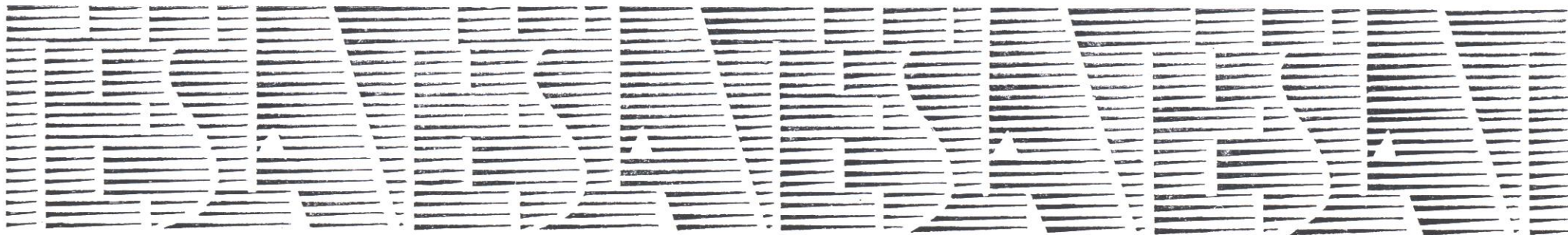
Mikrovoltmetr - picoampérměr  
 Микровольтметр - пикоамперметр  
 Microvoltmeter - picoammeter

Pohled zezadu na zásuvku I  
 Вид штепсельной розетки I сзади  
 View of the socket I from behind

Pohled zezadu na zásuvku II  
 Вид штепсельной розетки II сзади  
 View of the socket II from behind

Pohled zezadu na zásuvku III  
 Вид штепсельной розетки III сзади  
 View of the socket III from behind

Paměť  
 Память  
 Store



K. p. TESLA Brno vyrábí elektronické měřicí přístroje určené pro laboratorní, dílenské a servisní účely.

- měřiče napětí a proudů
- měřiče hodnot elektrických obvodů
- měřiče času a kmitočtu a čítače
- generátory
- osciloskopy
- měřiče parametrů polovodičů
- normály a kalibrační zařízení
- jiné elektronické měřicí přístroje
- spektrometry NMR
- elektronové mikroskopy

Н. п. ТЕСЛА Брно выпускает электронные измерительные приборы в исполнении для лабораторий, производственных цехов и участков технического обслуживания.

- электронные измерители напряжения и тока
- электронные измерители параметров электрических цепей
- электронные измерители времени, частоты и счетчики
- генераторы
- осциллографы
- электронные измерители параметров полупроводников
- стандарты и устройства для калибровки
- остальные электронные измерительные приборы
- спектрометры ЯМР
- электронные микроскопы

TESLA Brno, Nat. Corp. produces electronic measuring instruments designed for laboratory, workshop and service purposes.

- Voltage and current meters
- Electronic meters of circuits and components
- Electronic time and frequency meters and counters
- Generators
- Oscilloscopes
- Parameter and semiconductor meters
- Standards and calibrating devices
- Sundry electronic instruments
- NMR Spectrometers
- Electron microscopes



INSTRUKČNÍ KNIŽKA

ИНСТРУКЦИЯ  
ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ

INSTRUCTION MANUAL



# TESLA

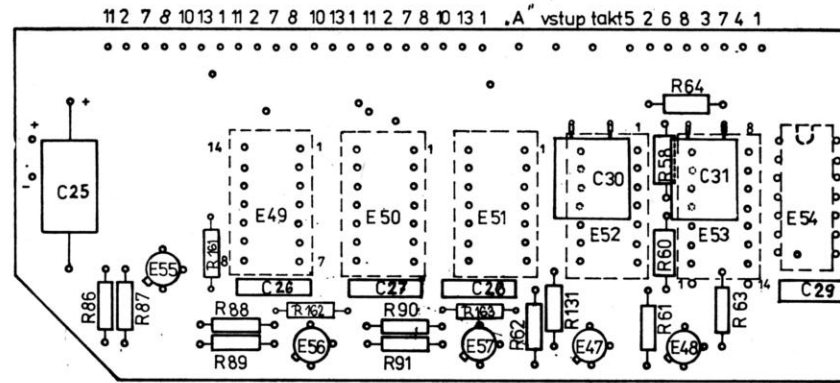
MIKROVOLTMETR — PIKOAMPÉRMETR

МИКРОВОЛЬТМЕТР — ПИКОАМПЕРМЕТР

MICROVOLT METER — PICOAMMETER

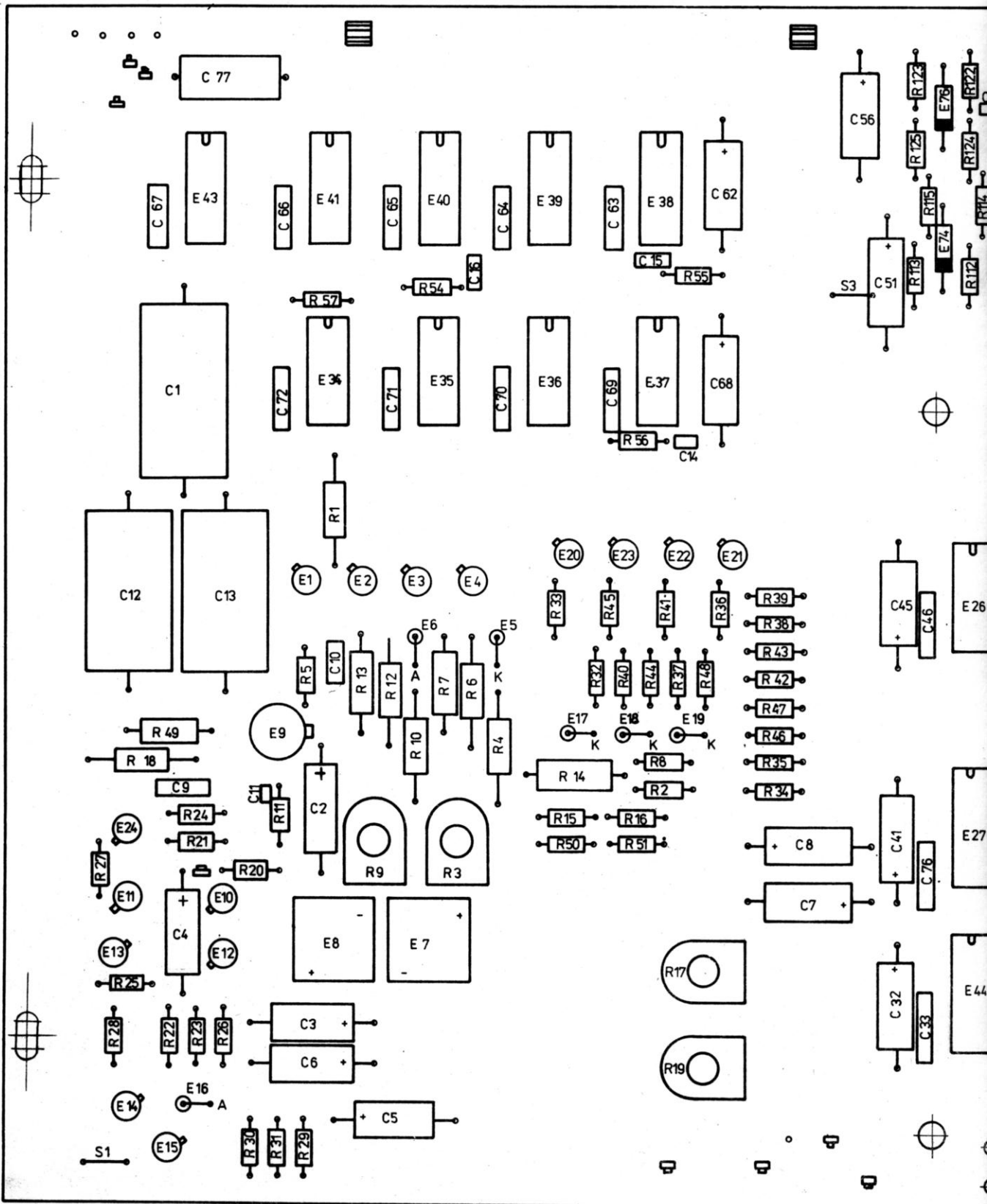
## BM 545





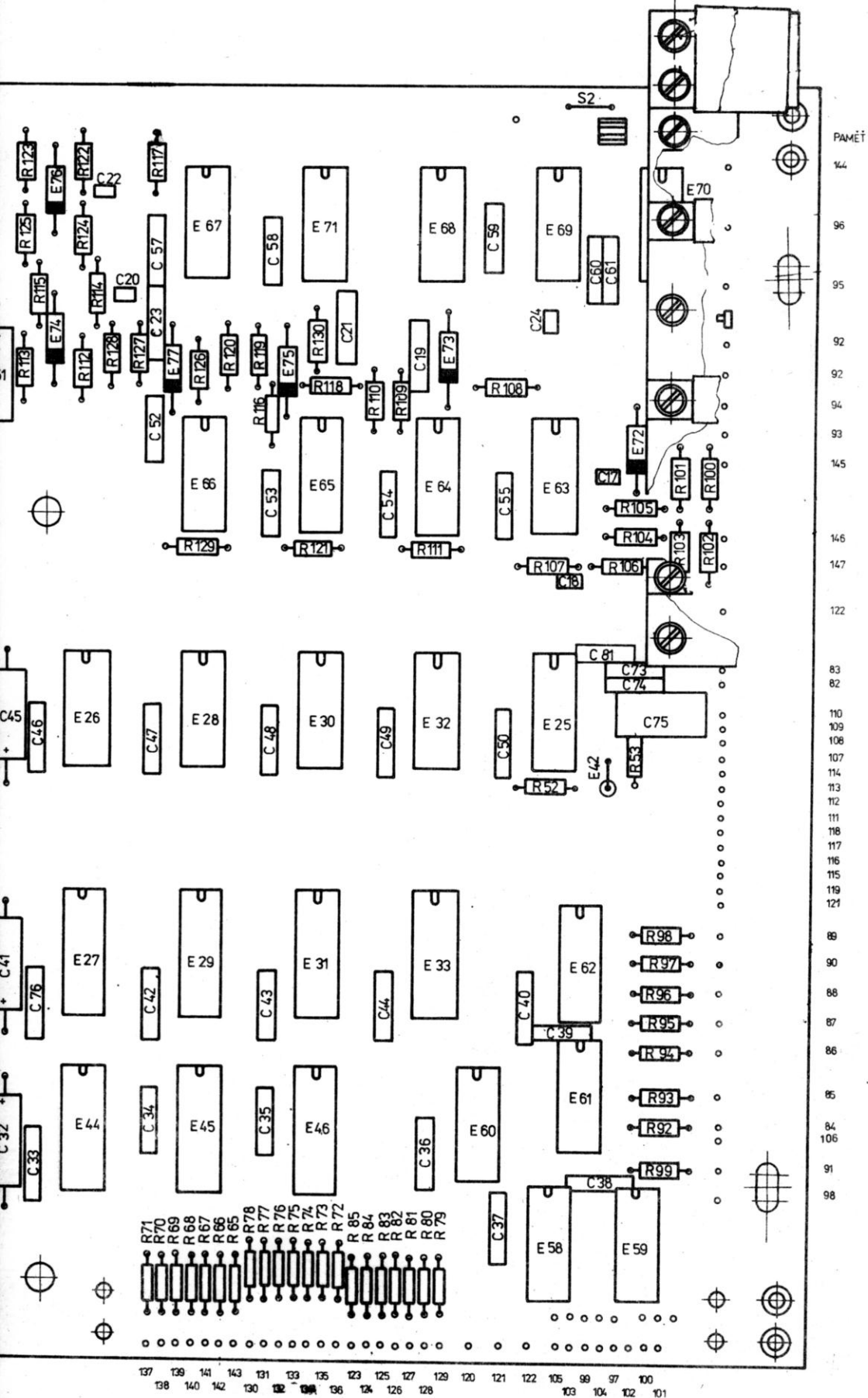
Deska sestavená  
Пластина в сборе  
Board assembled

1AF 017 57



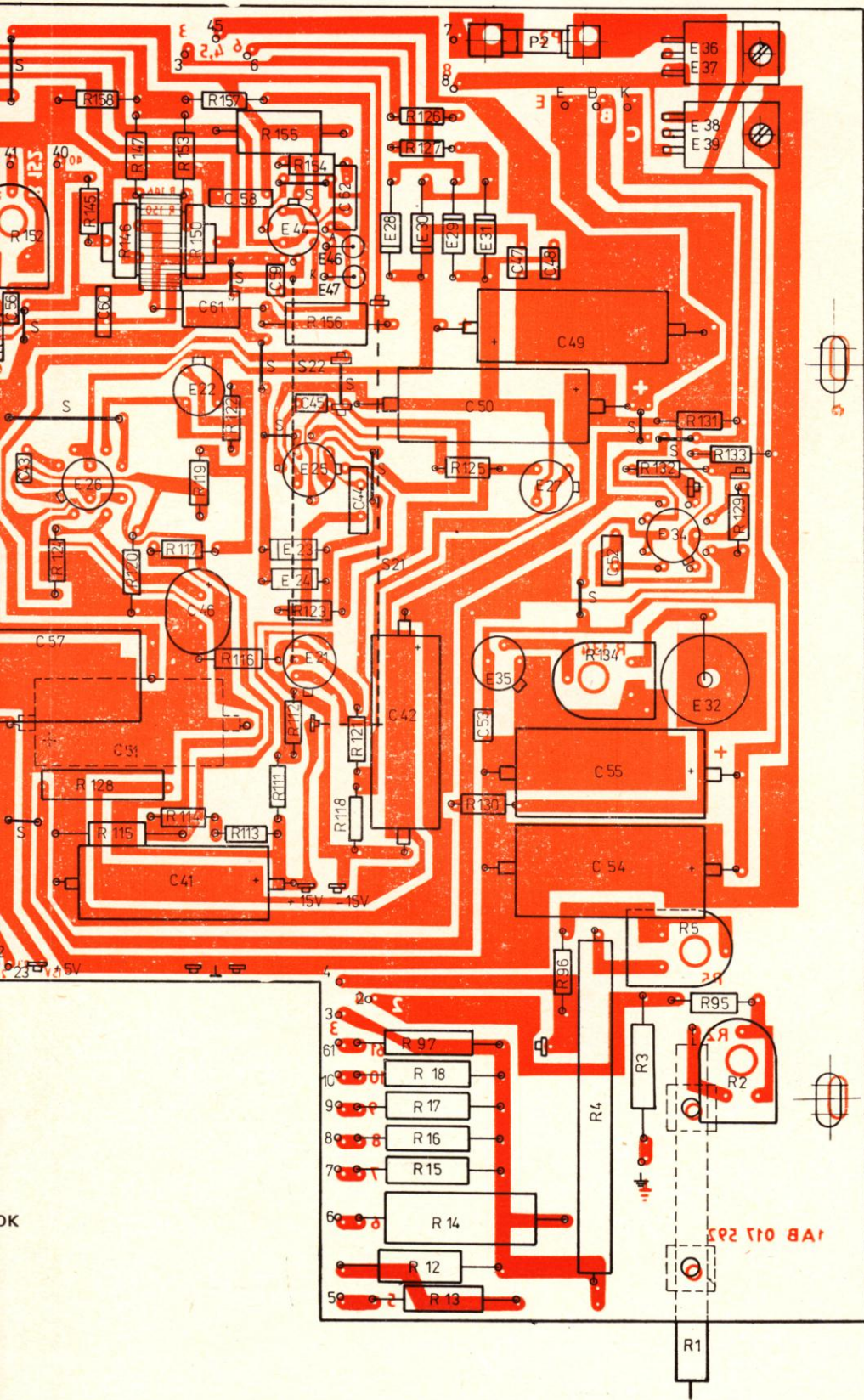
-15V      +15V      +5V      ⊥

Deska sestavená  
 Пластина в сборе  
 Board assembled



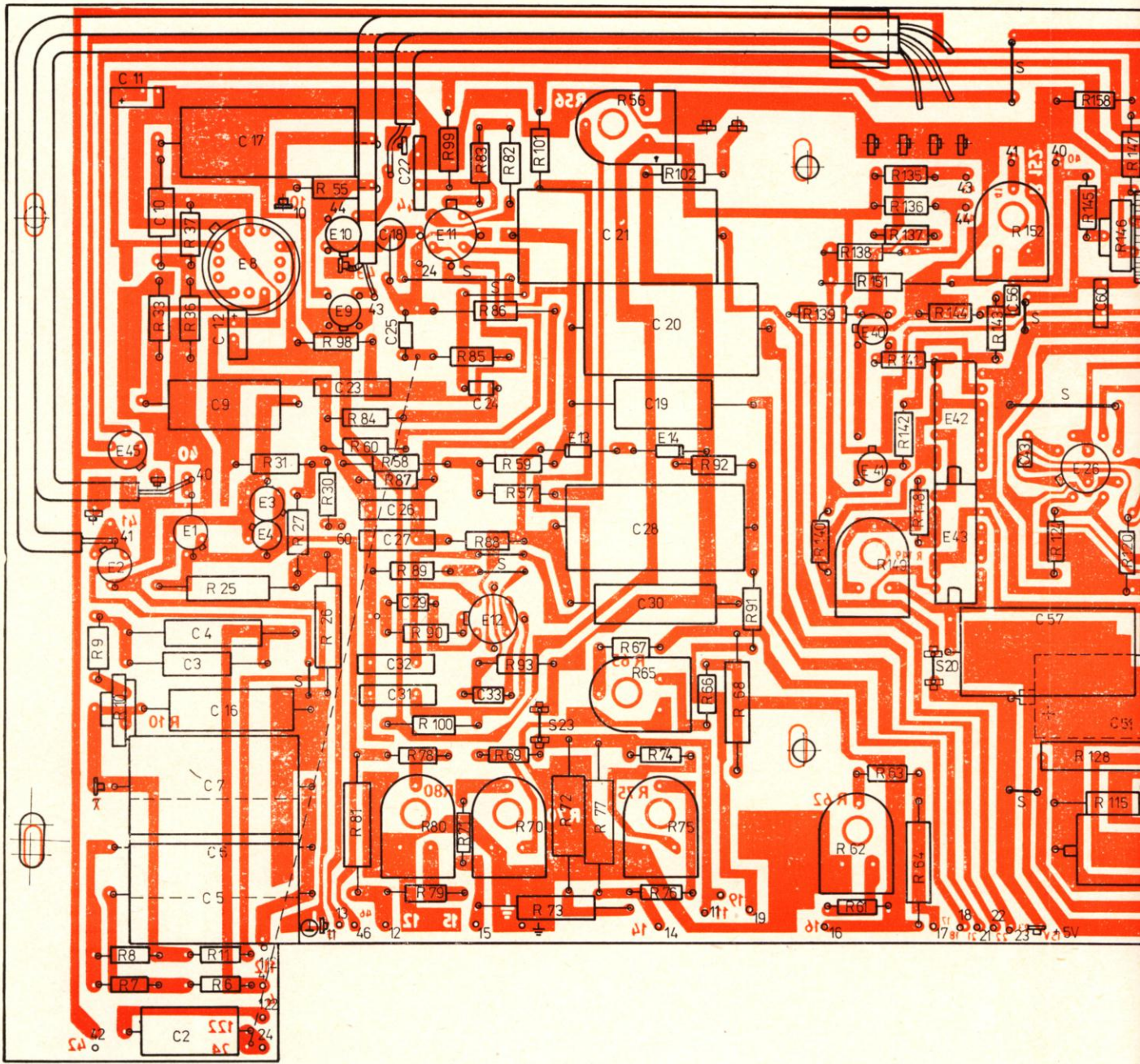
1AF 017 58



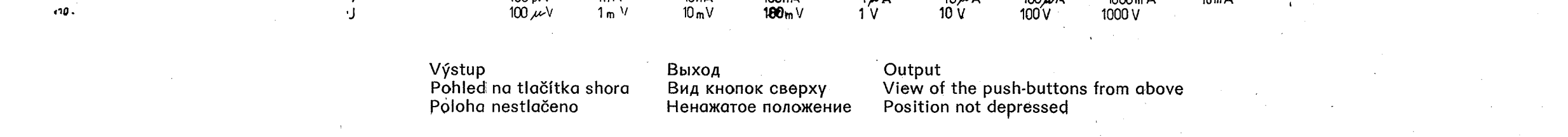
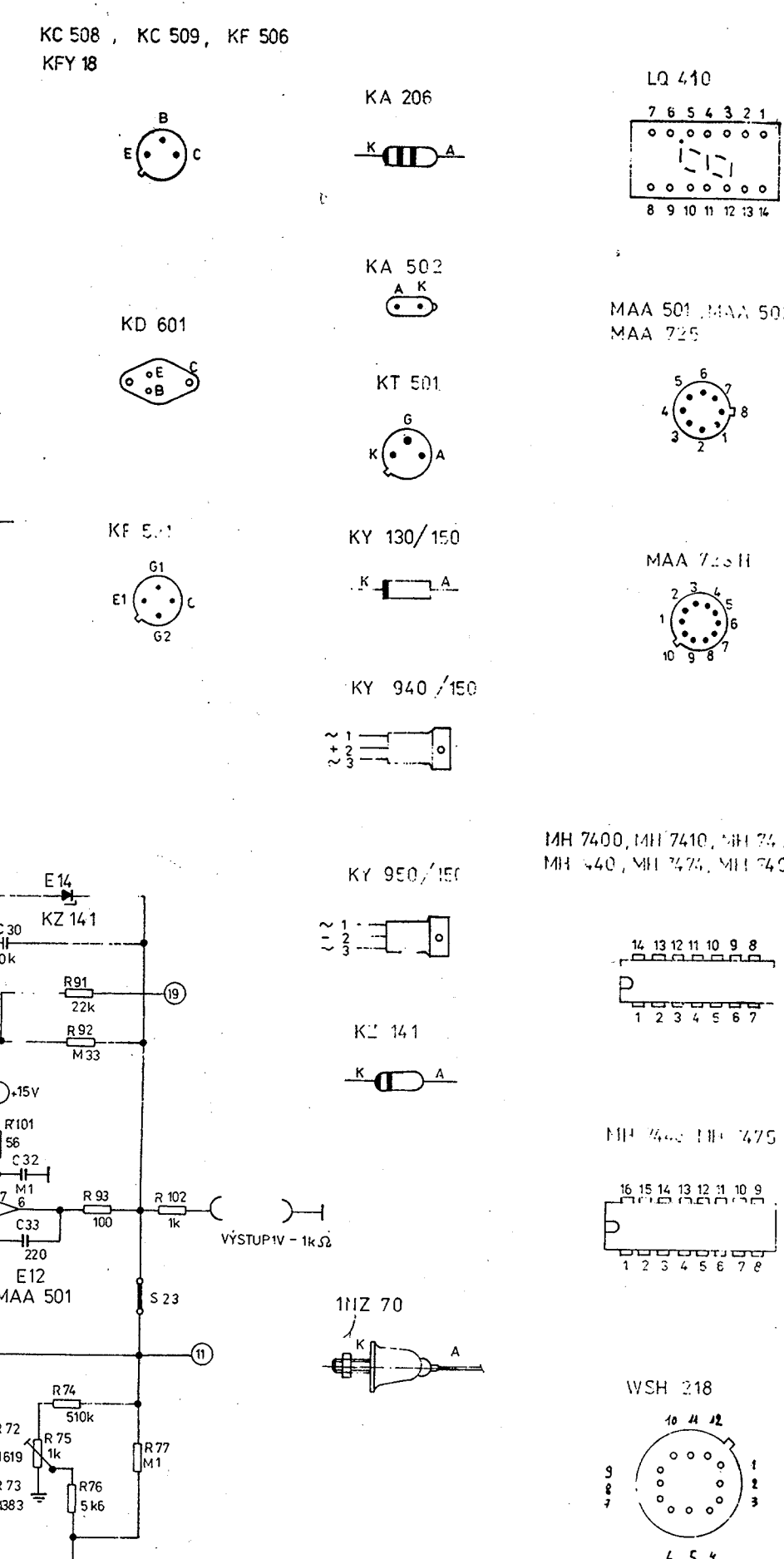
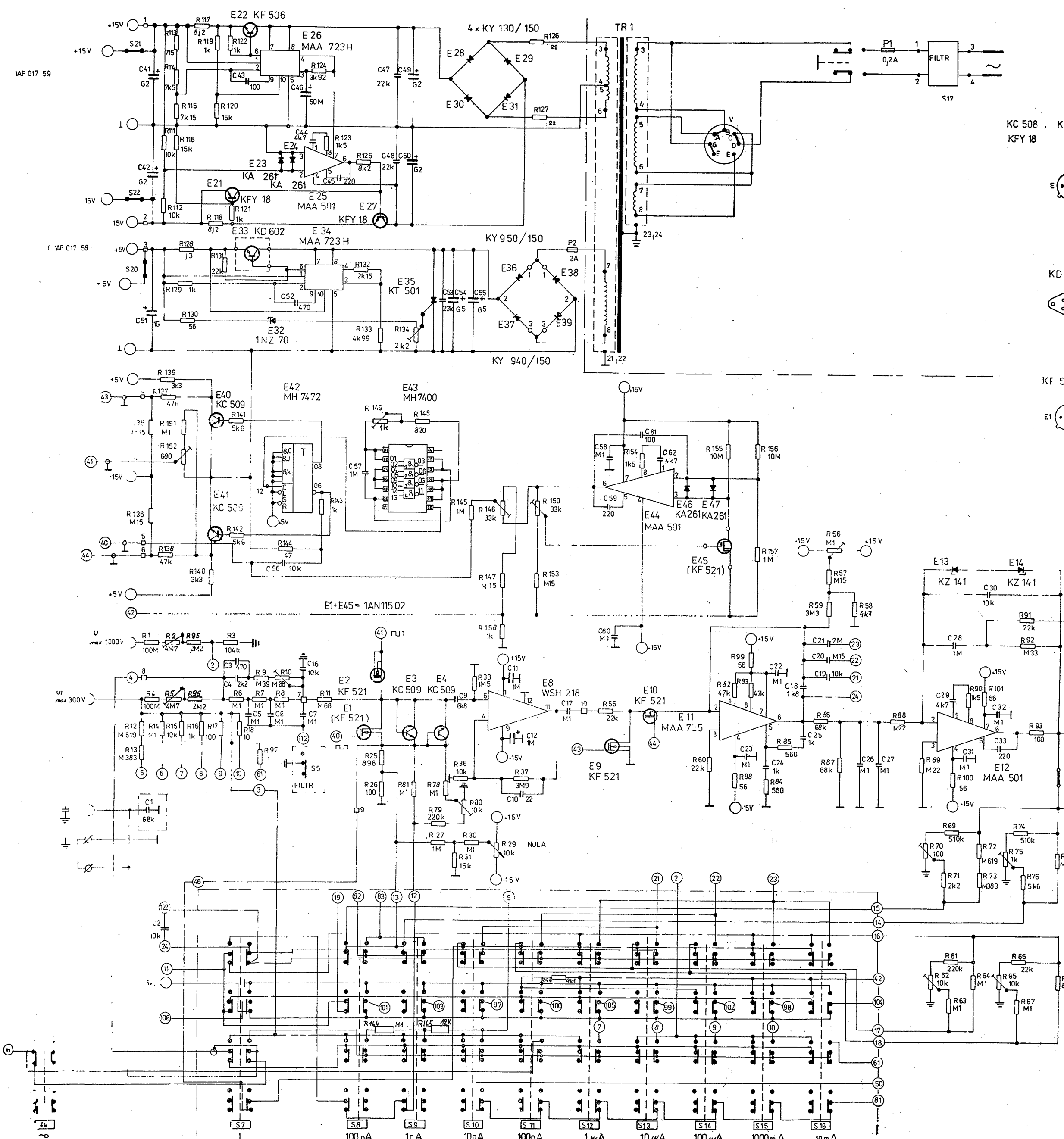


1AF 017 59





Zdroj - Vstupní část  
 Источник питания - Входной блок  
 Power supply - Input part



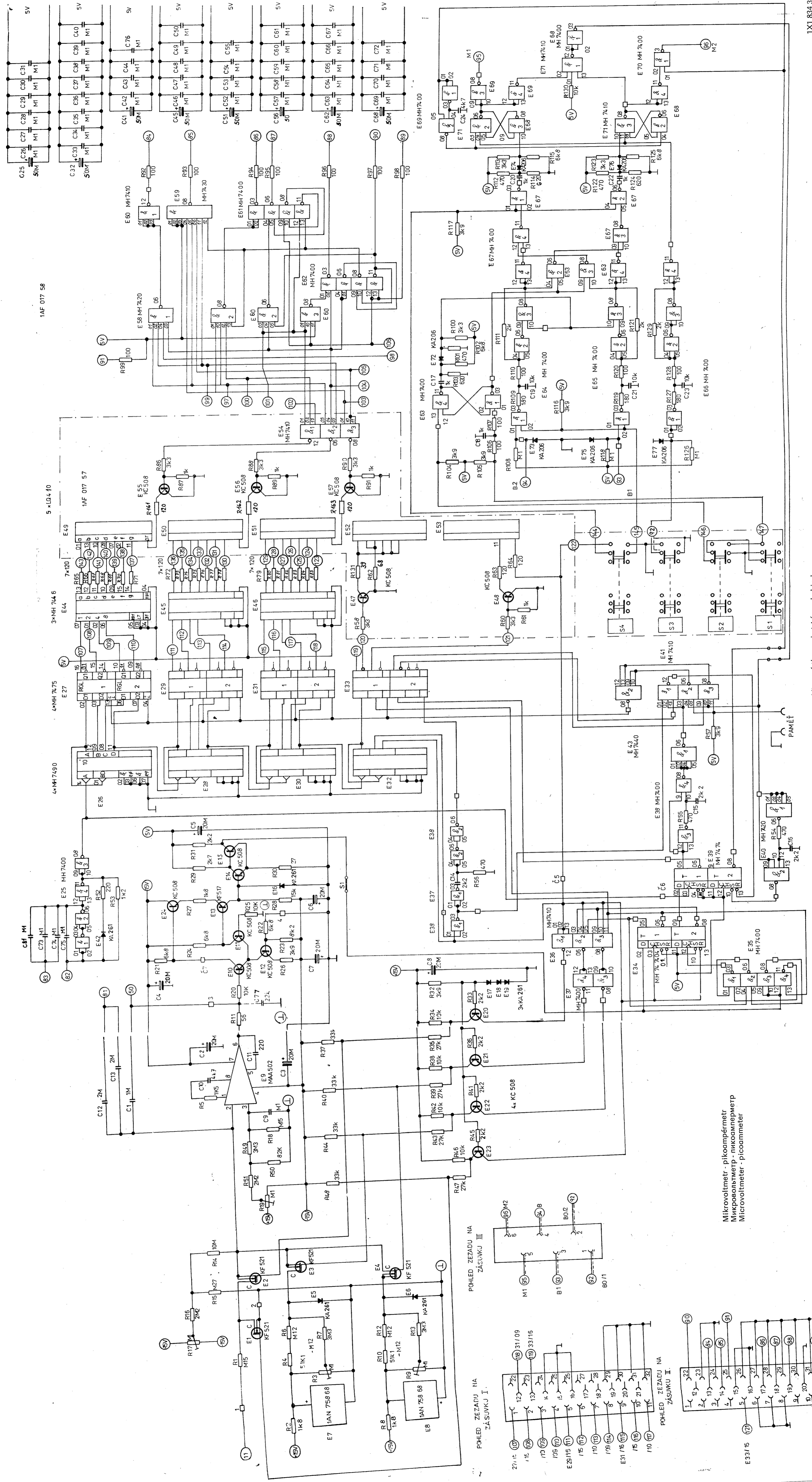
Výstup  
Pohled na tlačítka shora  
Poloha nestlačeno

Выход  
Вид кнопок сверху  
Ненажатое положение

Output  
View of the push-buttons from above  
Position not depressed

Mikrovoltmetr - pikoampérmetr  
Микровольтметр - пикоамперметр  
Microvoltmeter - picoammeter





1AF 017 58

5 x LD.4.10

3xMH 744 6

4xMH 747 5

4xMH 749 0

E25 MH 740 0

E29 MH 740 0

E33 MH 740 0

E37 MH 740 0

E41 MH 740 0

E45 MH 740 0

E49 MH 740 0

E53 MH 740 0

E57 MH 740 0

E61 MH 740 0

E65 MH 740 0

E69 MH 740 0

E73 MH 740 0

E77 MH 740 0

E81 MH 740 0

E85 MH 740 0

E89 MH 740 0

E93 MH 740 0

E97 MH 740 0

E99 MH 740 0

E95 MH 740 0

E91 MH 740 0

E87 MH 740 0

E83 MH 740 0

E79 MH 740 0

E75 MH 740 0

E71 MH 740 0

E67 MH 740 0

E63 MH 740 0

E59 MH 740 0

E55 MH 740 0

E51 MH 740 0

E47 MH 740 0

E43 MH 740 0

E39 MH 740 0

E35 MH 740 0

E31 MH 740 0

E27 MH 740 0

E23 MH 740 0

E19 MH 740 0

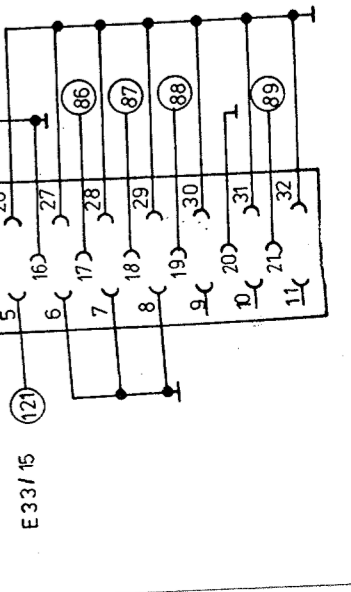
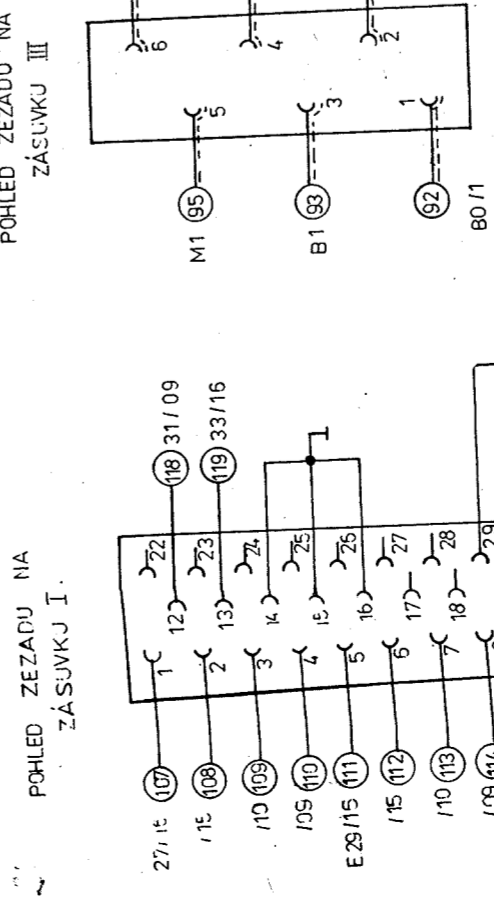
E15 MH 740 0

E11 MH 740 0

E7 MH 740 0

PAMĚT  
 View of the socket I from behind  
 View of the socket II from behind  
 View of the socket III from behind  
 Store

Mikrovoltmeter - pikoampérmetr  
 Mikrovoltmeter - picoammeter



# BM 545

Výrobní číslo:

Заводской номер: .....

Production No.:

## Mikrovoltmetr - pikoampérmetr

Přístroj slouží k přesným měřením stejnosměrných napětí a proudů. Velký vstupní odpor zaručuje minimální zatížení měřeného obvodu.

## Микровольтметр - пикоамперметр

Прибор служит для точного измерения постоянных напряжений и токов. Большое входное сопротивление обеспечивает минимальную нагрузку измеряемой цепи.

## Microvoltmeter - Picoammeter

This digital instrument serves for the accurate measurement of DC voltages and DC currents. The high input resistance guarantees only minimum load on the measured object.

Výrobce:

Завод-изготовитель:

Makers:

TESLA Brno, k. p., Purkyňova 99, 612 45 Brno 12

**OBSAH:**

1. Rozsah použití . . . . .	3
2. Sestava úplné dodávky . . . . .	3
3. Technické údaje . . . . .	4
4. Princip činnosti . . . . .	8
5. Pokyny pro vybalení a přípravu přístroje k provozu . . . . .	16
6. Návod k obsluze a používání . . . . .	17
7. Popis mechanické konstrukce . . . . .	27
8. Podrobný popis zapojení . . . . .	27
9. Pokyny pro údržbu . . . . .	42
10. Pokyny pro opravy . . . . .	42
11. Pokyny pro dopravu a skladování . . . . .	61
12. Údaje o záruce . . . . .	62
13. Rozpis elektrických součástí . . . . .	63
14. Přílohy	

**СОДЕРЖАНИЕ**

1. Назначение прибора . . . . .	3
2. Комплектность поставки . . . . .	3
3. Технические данные . . . . .	4
4. Принцип действия прибора . . . . .	8
5. Указания по распаковке, сборке и подготовке прибора к эксплуатации . . . . .	16
6. Инструкция по эксплуатации прибора . . . . .	17
7. Описание механической конструкции прибора . . . . .	27
8. Подробное описание схемы . . . . .	27
9. Указания по уходу за прибором . . . . .	42
10. Указания по ремонту . . . . .	42
11. Указания по транспортировке и хранению . . . . .	61
12. Условия гарантии . . . . .	62
13. Спецификация электрических деталей . . . . .	63
14. Приложения	

**CONTENTS:**

1. Range of application of the instrument . . . . .	3
2. Contents of a complete consignment . . . . .	3
3. Technical data . . . . .	4
4. Principle of the instrument operation . . . . .	8
5. Instructions for unpacking the instrument and for its preparation for use . . . . .	16
6. Instructions for attendance and use of the instrument . . . . .	17
7. Description of the mechanical design . . . . .	27
8. Detailed description of the circuitry . . . . .	27
9. Instructions for maintenance . . . . .	42
10. Instructions for repairs . . . . .	42
11. Instructions for transport and storage . . . . .	61
12. Guarantee . . . . .	62
13. List of electrical components . . . . .	63
14. Enclosures	

Vzhledem k rychlému vývoji světové elektroniky mění se obvody a přistupují a zlepšují se součásti našich přístrojů.

Někdy vinou tisku a požadavků expedice se nám nepodaří zanést tyto změny do tištěných příruček.

Změny se proto v případě potřeby uvádějí na zvláštním listě.

Ввиду быстрого темпа развития мировой электроники изменяются схемы, появляются новые и совершенствуются детали наших приборов.

Иногда по вине печати или требований экспедиции не удастся внести эти изменения в напечатанные пособия.

В таких случаях они приводятся на отдельном листе.

Owing to the rapid development of electronics in the world, the circuits of our instruments are altered and components of new types are improved design are employed.

Sometimes, due to printing terms or the requirement of speedy shipping, it is impossible to include a description of such alterations in the appropriate printed manual.

Therefore, if necessary, such alterations are given in a loose leaf.



## 1. ROZSAH POUŽITÍ

Mikrovoltmetr - pikoampérmeter BM 545 je určen k přesnému měření stejnosměrných napětí s celkovým rozsahem měření 1  $\mu$ V až 1000 V a stejnosměrných proudů s celkovým rozsahem měření 1 pA až 2 A s velmi malým úbytkem napětí 100  $\mu$ V až 100 mV. Velký dynamický rozsah přístroje umožňuje malý počet přepínání rozsahů, lepší ovladatelnost a rychlost měření.

Velký vstupní odpor mikrovoltmetru - pikoampérmeteru BM 545 zaručuje minimální zatížení měřeného obvodu.

Číslicový mikrovoltmetr - pikoampérmeter je řešen pro možnost zapojení do IMS s interfejsem IMS-1. Mimo to umožňuje využít i analogový výstup.

Napojení přístroje je provedeno ze sítě 120 V nebo 220 V přes speciálně stíněný napájecí transformátor, umožňující funkci přístroje s plovoucí zemí.

## 2. SESTAVA ÚPLNĚ DODÁVKY

1 ks	Mikrovoltmetr - pikoampérmeter BM 545	
2 ks	Vídlíce	1AF 896 30
1 ks	Šňůra síťová	1AK 643 53
1 ks	Bočník do 2 A	1AK 060 58
1 ks	Přechod	1AK 060 59
1 ks	Vložka T 200 mA	ČSN 35 4733.3
1 ks	Vložka F 2 A	ČSN 35 4733.2
2 ks	Vložka T 400 mA	ČSN 35 4733.3
2 ks	Vídlíce	1AF 896 06
1 ks	Vídlíce	1AF 896 05
1 ks	Instrukční knížka	
1 ks	Balící list	
1 ks	Záruční list	

## 1. НАЗНАЧЕНИЕ ПРИБОРА

Микровольтметр - пикоамперметр BM 545 предназначен для точного измерения постоянных напряжений с общим диапазоном измерений 1 мкВ - 1000 В и постоянных токов с общим диапазоном измерения 1 пА - 2 А с очень малым падением напряжения 100 мкВ - 100 мВ. Широкий динамический диапазон прибора способствует малому количеству переключаемых пределов, более удобному управлению и скорости измерения.

Большое входное сопротивление микровольтметра - пикоамперметра BM 545 обеспечивает минимальную нагрузку измеряемой цепи.

Цифровой микровольтметр - пикоамперметр дает возможность включения в систему ИИС с интерфейсом ИИС 1. Кроме того, может быть использован и его аналоговый выход.

Подключение прибора для питания осуществляется к сети 120 В или 220 В через специально экранированный трансформатор питания, дающий возможность работы прибора в режиме с плавающей землей.

## 2. КОМПЛЕКТНОСТЬ ПОСТАВКИ

1 шт.	микровольтметр - пикоамперметр BM 545	
2 шт.	вилка	1AF 896 30
1 шт.	шнур сетевой	1AK 643 53
1 шт.	шунт до 2 А	1AK 060 58
1 шт.	переход	1AK 060 59
1 шт.	вкладыш T 200 mA	ЧСН 35 4733.3
1 шт.	вкладыш F 2 A	ЧСН 35 4733.2
2 шт.	вкладыш T 400 mA	ЧСН 35 4733.3
2 шт.	вилка	1AF 896 06
1 шт.	вилка	1AF 896 05
1 шт.	инструкция	
1 шт.	упаковочный лист	
1 шт.	гарантийное свидетельство	

## 1. RANGE OF APPLICATION OF THE INSTRUMENT

The BM 545 microvoltmeter - picoammeter is intended for the precise measurement of DC voltages within the overall range of 1  $\mu$ V to 1000 V and DC currents within the overall range of 1 pA to 2 A at a very low voltage drop between 100  $\mu$ V and 100 mV. The wide dynamic range of this digital instrument ensures a low number of range switchings, easy manipulation and high measuring speed.

The high input resistance of the BM 545 microvoltmeter - picoammeter imposes only minimum load on the measured object.

The BM 545 microvoltmeter - picoammeter is designed so as to enable its utilization in automatic measuring systems with IMS-1 interface. Also it supplies an analog output. The instrument is powered by 120 V or 220 V from AC mains via a specially designed screened power transformer which enables application with floating earth.

## 2. CONTENTS OF A COMPLETE CONSIGNMENT

1 pc.	Microvoltmeter - picoammeter BM 545	
2 pcs.	Plug	1AF 896 30
1 pc.	Mains cord	1AK 643 53
1 pc.	Shunt up to 2 A	1AK 060 58
1 pc.	Transition	1AK 060 59
2 pcs.	Plug	1AF 896 06
1 pc.	Plug	1AF 896 05
1 pc.	Fuse cartridge T 200 mA	ČSN 35 4733.3
1 pc.	Fuse cartridge F 2 A	ČSN 35 4733.2
2 pcs.	Fuse cartridge T 400 mA	ČSN 35 4733.3
1 pc.	Instruction Manual	
1 pc.	Guarantee Certificate	
1 pc.	Packing Note	

### 3. TECHNICKÉ ÚDAJE

#### 3.1. Voltmetr

Měřicí napěťový rozsah: 1  $\mu$ V až 1000 V

Základní rozsah	Plný rozsah	Citlivost	Vstupní odpor	Přetížitelnost
0 - 100 $\mu$ V	199,9 $\mu$ V	1 $\mu$ V	> 2 M $\Omega$	300 V
0 - 1 mV	1,999 mV	1 $\mu$ V	> 50 M $\Omega$	300 V
0 - 10 mV	19,99 mV	10 $\mu$ V	> 100 M $\Omega$	300 V
0 - 100 mV	199,9 mV	100 $\mu$ V	> 100 M $\Omega$	300 V
0 - 1 V	1,999 V	1 mV	> 100 M $\Omega$	300 V
0 - 10 V	19,99 V	10 mV	100 M $\Omega$	300 V
0 - 100 V	199,9 V	100 mV	100 M $\Omega$	300 V
0 - 1000 V	1000 V	1 V	100 M $\Omega$	1000 V

Chyba měření:

Na rozsahu 100  $\mu$ V:  $\pm$  (0,5% z naměřené hodnoty + 0,5% z měřicího rozsahu + 1 digit + 2  $\mu$ V)

1 mV:  $\pm$  (0,2% z naměřené hodnoty + 0,2% z měřicího rozsahu + 1 digit + 3  $\mu$ V)

10 mV, 100 mV, 1 V:  $\pm$  (0,1% z naměřené hodnoty + 0,1% z měřicího rozsahu + 1 digit)

10 V, 100 V, 1000 V:  $\pm$  (1% z naměřené hodnoty + 1% z měřicího rozsahu + 1 digit).

Uvedená chyba platí pro referenční podmínky 23°C  $\pm$  2°C a po dobu 6 měsíců ode dne expedice z výrobního podniku, nebo po dobu šesti měsíců od nastavení přístroje podle externího normálu a po době náběhu 1 hod. pro rozsah 100  $\mu$ V a 1 mV a 15 min. pro ostatní rozsahy. Při využití plného rozsahu (1,999) zvětšuje se chyba plynule až na dvojnásobek hodnoty chyb základního rozsahu.

### 3. ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

#### 3.1. Вольтметр

Диапазон измерения напряжения:  
1 мкВ - 1000 В

Основной диапазон	Польный предел	Чувствительность	Входное сопротивление	Перегрузка
0 - 100 мкВ	199,9 мкВ	1 мкВ	> 2 МОм	300 В
0 - 1 мВ	1,999 мВ	1 мкВ	> 50 МОм	300 В
0 - 10 мВ	19,99 мВ	10 мкВ	> 100 МОм	300 В
0 - 100 мВ	199,9 мВ	100 мкВ	> 100 МОм	300 В
0 - 1 В	1,999 В	1 мВ	> 100 МОм	300 В
0 - 10 В	19,99 В	10 мВ	100 МОм	300 В
0 - 100 В	199,9 В	100 мВ	100 МОм	300 В
0 - 1000 В	1000 В	1 В	100 МОм	1000 В

Погрешность измерения:

На пределе 100 мкВ:  $\pm$  (0,5% от измеренного значения + 0,5% от предела + 1 цифра + 2 мкВ)

1 мВ:  $\pm$  (0,2% от измеренного значения + 0,2% от предела измерения + 1 цифра + 3 мкВ)

10 мВ, 100 мВ, 1 В:  $\pm$  (0,1% от измеренного значения + 0,1% от предела измерения + 1 цифра)

10 В, 100 В, 1000 В:  $\pm$  (1% от измеренного значения + 1% от предела измерения + 1 цифра).

Указанная погрешность справедлива при нормальных условиях 23°C  $\pm$  2°C и в течение 6 месяцев со дня отправления с завода-изготовителя или в течение 6 месяцев со дня пуска прибора в эксплуатацию, или в течение 6 месяцев со дня калибровки прибора по внешнему эталону и после времени прогрева 1 час для предела 100 мкВ и 1 мВ и 15 минут для остальных пределов. При использовании полного диапазона (1,999) увеличивается плавно погрешность вплоть до удвоенного значения погрешности основного диапазона.

### 3. TECHNICAL DATA

#### 3.1. Voltmeter

Overall measuring voltage range: 1  $\mu$ V to 1000 V

Basic range	Max. readout	Sensitivity	Input resistance	Overload capacity
0 - 100 $\mu$ V	199.9 $\mu$ V	1 $\mu$ V	> 2 M $\Omega$	300 V
0 - 1 mV	1.999 mV	1 $\mu$ V	> 50 M $\Omega$	300 V
0 - 10 mV	19.99 mV	10 $\mu$ V	> 100 M $\Omega$	300 V
0 - 100 mV	199.9 mV	100 $\mu$ V	> 100 M $\Omega$	300 V
0 - 1 V	1.999 V	1 mV	> 100 M $\Omega$	300 V
0 - 10 V	19.99 V	10 mV	100 M $\Omega$	300 V
0 - 100 V	199.9 V	100 mV	100 M $\Omega$	300 V
0 - 1000 V	1000 V	1 V	100 M $\Omega$	1000 V

Measuring error:

In the 100  $\mu$ V range:  $\pm$  (0.5% of the readout + 0.5% of the measuring range + 1 digit + 2  $\mu$ V)

In the 1 mV range:  $\pm$  (0.2% of the readout + 0.2% of the measuring range + 1 digit + 3  $\mu$ V)

In the 10 mV, 100 mV and 1 V ranges:  $\pm$  (0.1% of the readout + 0.1% of the measuring range + 1 digit)

In the 10 V, 100 V and 1000 V ranges:  $\pm$  (1% of the readout + 1% of the measuring range + 1 digit)

These errors apply at the reference conditions 23°C  $\pm$  2°C up to 6 months after dispatch by the makers, or up to 6 months after the adjustment of the instrument according to an external standard, and after a warming-up period of 1 hour for the 100  $\mu$ V and 1 mV ranges, and a period of 15 minutes for all the other ranges. When a range up to the maximum readout (1.999) is utilized, the error increases gradually up to twice that within the basic range.

Přídavná chyba pro teplotu okolí:  
do rozsahu 1 V:  $\pm 0,01 \text{ ‰}/^{\circ}\text{C}$   
pro rozsahy 10 V, 100 V a 1000 V:  
 $\pm 0,1 \text{ ‰}/^{\circ}\text{C}$

Linearita převodníku:  $0,1 \text{ ‰}$

Posuv nuly napětí:

$< \pm 2 \text{ } \mu\text{V}$  za 1 hod. při referenčních podmínkách

$< \pm 10 \text{ } \mu\text{V}$  za 24 hod. při referenčních podmínkách

Kolísání napětí:  $< 1 \text{ } \mu\text{V}_{\text{eff}}$

Doba měřicího taktu:

$< 6 \text{ s}$  na rozsahu  $100 \text{ } \mu\text{V}$ ,  $1 \text{ mV}$

$< 3 \text{ s}$  na ostatních rozsazích

Vstupní proud nakrátko:  $\leq 10 \text{ pA}$

### 3.2. Ampérmetr

Měřicí proudový rozsah:  $1 \text{ pA}$  až  $1,999 \text{ A}$

Základní rozsah	Plný rozsah	Citlivost	Zařazený vstupní odpor	Úbytek napětí při měření proudu při zákl. rozsahu
0 - 100 pA	199,9 pA	1 pA	1 M $\Omega$	100 $\mu\text{V}$
0 - 1 nA	1,999 nA	1 pA	1 M $\Omega$	1 mV
0 - 10 nA	19,99 nA	10 pA	1 M $\Omega$	10 mV
0 - 100 nA	199,9 nA	100 pA	100 k $\Omega$	10 mV
0 - 1 $\mu\text{A}$	1,999 $\mu\text{A}$	1 nA	10 k $\Omega$	10 mV
0 - 10 $\mu\text{A}$	19,99 $\mu\text{A}$	10 nA	1 k $\Omega$	10 mV
0 - 100 $\mu\text{A}$	199,9 $\mu\text{A}$	100 nA	100 $\Omega$	10 mV
0 - 1000 $\mu\text{A}$	1999 $\mu\text{A}$	1 $\mu\text{A}$	10 $\Omega$	10 mV
0 - 10 mA	19,99 mA	10 $\mu\text{A}$	1 $\Omega$	10 mV
0 - 1 A	1,999 A	1 mA	0,1 $\Omega$	100 mV

Chyba měření: chyba při měření napětí  $\pm 1 \text{ ‰}$  z měřicího rozsahu)  $\pm (\pm 3 \text{ pA}$  na

Дополнительная погрешность, вызванная температурой окружающего воздуха:

до предела 1 V:  $\pm 0,01 \text{ ‰}/^{\circ}\text{C}$  от предела измерения

для пределов 10 V, 100 V и 1000 V:

$\pm 0,1 \text{ ‰}/^{\circ}\text{C}$  от предела измерения

Нелинейность преобразователя:  $0,1 \text{ ‰}$

Дрейф нуля напряжения:

$< \pm 2 \text{ мкВ}$  в течение 1 часа при нормальных условиях

$< \pm 10 \text{ мкВ}$  в течение 24 часов при нормальных условиях

Непостоянство напряжения:  $< 1 \text{ мкВ}$  эфф.

Время интервала измерения:

$< 6 \text{ s}$  на пределе  $100 \text{ мкВ}$ ,  $1 \text{ мВ}$

$< 3 \text{ s}$  на остальных пределах

Входной ток короткого замыкания:  $\leq 10 \text{ pA}$

### 3.2. Амперметр

Пределы измерения тока:  $1 \text{ pA}$  -  $1,999 \text{ A}$  -

Основной предел	Полный предел	Чувствительность	Включенное входное сопротивление	Падение напряжения при измерении тока на основном пределе
0 - 100 pA	199,9 pA	1 pA	1 M $\Omega$	100 мкВ
0 - 1 nA	1,999 nA	1 pA	1 M $\Omega$	1 мВ
0 - 10 nA	19,99 nA	10 pA	1 M $\Omega$	10 мВ
0 - 100 nA	199,9 nA	100 pA	100 k $\Omega$	10 мВ
0 - 1 мкА	1,999 мкА	1 nA	10 k $\Omega$	10 мВ
0 - 10 мкА	19,99 мкА	10 nA	1 k $\Omega$	10 мВ
0 - 100 мкА	199,9 мкА	100 nA	100 $\Omega$	10 мВ
0 - 1000 мкА	1999 мкА	1 мкА	10 $\Omega$	10 мВ
0 - 10 mA	19,99 mA	10 мкА	1 $\Omega$	10 мВ
0 - 1 A	1,999 A	1 mA	0,1 $\Omega$	100 мВ

Погрешность измерения определяется погрешностью при измерении напряжения  $\pm 1 \text{ ‰}$  от предела измерения)  $\pm (\pm 3 \text{ pA}$  на пределе

Additional error due to the ambient temperature:  $\pm 0,01 \text{ ‰}$  per  $1^{\circ}\text{C}$  of the measuring ranges up to 1 V;  
 $\pm 0,1 \text{ ‰}$  per  $1^{\circ}\text{C}$  of the measuring ranges 10 V, 100 V and 1000 V

Linearity of the converter:  $0,1 \text{ ‰}$

Voltage zero drift:  $< \pm 2 \text{ } \mu\text{V}$  within 1 hour at the reference conditions;

$< \pm 10 \text{ } \mu\text{V}$  within 24 hours at the reference conditions

Voltage fluctuations:  $< 1 \text{ } \mu\text{V}$  RMS

Measuring cycle duration:

$< 6 \text{ s}$  within the  $100 \text{ } \mu\text{V}$  and  $1 \text{ mV}$  ranges

$< 3 \text{ s}$  within the other ranges

Short-circuit input current:  $\leq 10 \text{ pA}$

### 3.2. Ammeter

Overall measuring current range:  $1 \text{ pA}$  to  $1,999 \text{ A}$

Basic range	Max. readout	Sensitivity	Inserted input resistance	Voltage drop in current measurements within the basic range
0 - 100 pA	199,9 pA	1 pA	1 M $\Omega$	100 $\mu\text{V}$
0 - 1 nA	1,999 nA	1 pA	1 M $\Omega$	1 mV
0 - 10 nA	19,99 nA	10 pA	1 M $\Omega$	10 mV
0 - 100 nA	199,9 nA	100 pA	100 k $\Omega$	10 mV
0 - 1 $\mu\text{A}$	1,999 $\mu\text{A}$	1 nA	10 k $\Omega$	10 mV
0 - 10 $\mu\text{A}$	19,99 $\mu\text{A}$	10 nA	1 k $\Omega$	10 mV
0 - 100 $\mu\text{A}$	199,9 $\mu\text{A}$	100 nA	100 $\Omega$	10 mV
0 - 1000 $\mu\text{A}$	1999 $\mu\text{A}$	1 $\mu\text{A}$	10 $\Omega$	10 mV
0 - 10 mA	19,99 mA	10 $\mu\text{A}$	1 $\Omega$	10 mV
0 - 1 A	1,999 A	1 mA	0,1 $\Omega$	100 mV

Measuring error: given by the error in voltage measurements  $\pm 1 \text{ ‰}$  of the measuring range



rozsahu 100 pA) + ( $\pm 0,5\%$  s bočníkem)

Posuv nuly proudu:

<  $\pm 5$  pA/hod. při referenčních podmínkách  
<  $\pm 10$  pA za 24 hod. při referenčních podmínkách

Kolísání proudu: < 2 pA<sub>ef</sub>

Doba měřicího taktu:

< 6 s na rozsahu 100 pA, 1 nA  
< 3 s na ostatních rozsazích

### 3.3. Společné údaje

Potlačení sériového rušivého napětí 50 Hz  $\pm 2\%$ :

pro rozsahy 100  $\mu$ V, 1 mV, 10 mV:

> 80 dB s filtrem  
> 30 dB bez filtru

pro rozsahy 100 mV, 1 V (max. střídavé napětí 10 V<sub>ef</sub>):

> 60 dB s filtrem  
> 20 dB bez filtru

Činitel je určen poměrem špičkové hodnoty sériového rušivého napětí k chybě měření, vyvolané sériovým rušivým napětím. Hodnota rušivého napětí pro rozsahy 10 V, 100 V, 1000 V nesmí překročit 70 V<sub>ef</sub>.

Potlačení souhlasného napětí: max. souhlasné napětí nesmí překročit  $\pm 250$  V stejnosměrného napětí nebo 250 V špičkové hodnoty střídavého napětí. Činitel potlačení souhlasného napětí:

- pro stejnosměrné souhlasné napětí  $\geq 120$  dB
- střídavé souhlasné napětí 50 Hz  $\pm 2\%$   $\geq 110$  dB

Činitel potlačení souhlasného napětí je určen poměrem špičkové hodnoty souhlasného napětí připojeného mezi svorky  $\frac{1}{2}$  a  $\frac{1}{1}$  k chybě měření.

100 pA) + ( $\pm 0,5\%$  při používání šuntů).

Дрейф нуля тока:

<  $\pm 5$  пА/час при нормальных условиях  
<  $\pm 10$  пА за 24 часа при нормальных условиях

Непостоянство тока: < 2 пА эфф.

Время интервала измерения:

< 6 с на пределах 100 пА, 1 нА  
< 3 с на остальных пределах

### 3.3. Общие данные

Подавление последовательного напряжения помех 50 Гц  $\pm 2\%$  на пределах 100 мкВ, 1 мВ, 10 мВ:

> 80 дБ с фильтром  
> 30 дБ без фильтра

на пределах 100 мВ, 1 В (макс. переменное напряжение 10 В эфф.):

> 60 дБ с фильтром  
> 20 дБ без фильтра

Коэффициент определяется отношением пикового значения последовательного напряжения помех к погрешности измерения, вызванной последовательным напряжением помех. Значение напряжения помех на пределах 10 В, 100 В, 1000 В не должно превышать 70 В эфф.

Подавление синфазного напряжения: макс. синфазное напряжение не должно превышать  $\pm 250$  В постоянного напряжения или 250 В пикового значения переменного напряжения. Коэффициент подавления синфазного напряжения:

- при синфазном напряжении постоянного тока  $\geq 120$  дБ
- при синфазном напряжении переменного тока 50 Гц  $\pm 2\%$   $\geq 110$  дБ

Коэффициент подавления синфазного напряжения определяется отношением пикового значения синфазного напряжения, подключенного к зажимам  $\frac{1}{2}$  и  $\frac{1}{1}$  к погрешности измерения.

ge  $\pm 3$  pA (within the 100 pA range), and  $\pm 0.5\%$  with shunt employed

Current zero drift: <  $\pm 5$  pA during 1 hour at the reference conditions  
<  $\pm 10$  pA during 24 hours at the reference conditions

Current fluctuations: < 2 pA RMS

Measuring cycle duration: < 6 s within the 100 pA and 1 nA ranges  
< 3 s within the other ranges

### 3.3. Common data

Rejection of interfering series signals of 50 Hz  $\pm 2\%$ :

Within the ranges 100  $\mu$ V, 1 mV and 10 mV:

> 80 dB with filter employed  
> 30 dB without filter

Within the ranges 100 mV and 1 V (max. AC voltage 10 V RMS):

> 60 dB with filter employed  
> 20 dB without filter

The rejection coefficient is given by the ratio of the peak value of the interfering series voltage to the measuring error caused by the interfering series voltage. The value of the interfering voltage must not exceed 70 V RMS within the ranges 10 V, 100 V and 1000 V.

Rejection of common mode voltages:

The maximum common mode voltage must not exceed  $\pm 250$  V DC, or 250 V peak AC. The CMRR is as follows:

- for DC common mode voltages:  $\geq 120$  dB
- for AC common mode voltages of 50 Hz  $\pm 2\%$ :  $\geq 110$  dB

The CMRR is given by the ratio of the peak value of the common mode voltage, applied between the terminals  $\frac{1}{2}$  and  $\frac{1}{1}$ , to the measuring error.

Displej: 3,5 digitu LED, s indikací desetinné tečky polarity, přetížení a měřicího taktu

Délka stupnice: 1999

Přepínání rozsahů: ručně

Polarita: přepínání automatické, na displeji indikována pouze polarita záporného měřeného napětí

Digitální výstup: BCD kód 8421, zakódovaný výstup rozsahů a funkce

Výstup na zapisovač: 1 V - pro základní rozsahy, odpovídá polaritě vstupního napětí, výstupní odpor 1 k $\Omega$

Nastavení nuly:  $> \pm 100 \mu\text{V}$

Izolace: obvodová země je izolovaná od kostry  
 $R > 10^9 \Omega$  a  $C = 68\,000 \text{ pF}$ ;  
max. napětí mezi obvodovou zemí a kostrou 250 V<sub>ss</sub>

Bezpečnostní třída: I. podle ČSN 35 6501

Stupeň odrušení: RO2 podle ČSN 34 2860

Interfejs: v souladu s IMS - 1 RS 3826 - 73

Podrobné údaje pro IMS jsou uvedené v kapitole 6 „Návod k obsluze a používání“

### 3.4. Pracovní podmínky

Referenční teplota:  $23^\circ \pm 2^\circ\text{C}$

Rozsah teplot:  $+5^\circ\text{C}$  až  $+40^\circ\text{C}$

Relativní vlhkost: 40 % až 80 %

Tlak vzduchu: 86 000 Pa až 106 000 Pa

Poloha přístroje: vodorovná nebo nakloněná  $\pm 10^\circ$

Napájecí napětí: 220 V/120 V  $\pm 10\%$

Дисплей: 3,5 делений цифрового индикатора с индикацией десятичного знака, полярности, перегрузки и цикла измерения

Длина шкалы: 1999

Переключение пределов: ручное

Полярность: переключение автоматическое, на дисплее показана только полярность отрицательного измеряемого напряжения

Цифровой выход: код BCD 8421, закодированный выход пределов и режима работы

Выход для самописца: 1 В для основных пределов соответствует полярности входного напряжения, выходное сопротивление 1 кОм

Установка нуля:  $> \pm 100 \text{ мкВ}$

Изоляция: земля измерительной схемы изолирована от корпуса  $R > 10^9 \text{ Ом}$  и  $C = 68\,000 \text{ пФ}$

Максимальное напряжение между землей схемы и корпусом 250 В пост.

Класс защиты: I по СТ СЭВ 3768 82

Степень подавления помех: отвечает требованиям РС 1932-69 (кривая А)

Интерфейс: в соответствии с ИИС-1 РС 3826-73

Подробные данные по ИИС приведены в разделе 6 «Инструкция по эксплуатации прибора».

### 3.4. Условия эксплуатации

Нормальная температура:  $23^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$

Диапазон температуры:  $+5^\circ\text{C}$  -  $+40^\circ\text{C}$

Относительная влажность: 40 % - 80 %

Давление воздуха: 86 000 Па - 106 000 Па

Положение прибора: горизонтальное или наклонное  $\pm 10^\circ$

Напряжение питания: 220 В/120 В  $\pm 10\%$

Display: 3.5 digits, LED indicators; decimal point positioning, polarity, overranging and measuring cycle indication

Scale range: 1999

Range switching: manual

Polarity: Automatic switching - only the negative polarity of the measured voltage is indicated

Digital output: BCD code 8421, output of encoded range and function

Recorder output: 1 V - for the basic ranges; the polarity tallies with that of the input; output resistance 1 k $\Omega$

Zero setting:  $> \pm 100 \mu\text{V}$

Insulation: circuit earth to framework

$R > 10^9 \Omega$ ,  $C = 68\,000 \text{ pF}$ ; max. permissible voltage between circuit earth and framework 250 V DC

Intrinsic safety: Class I., according to the Czechoslovak Standard ČSN 35 6501, in conformity with the pertaining IEC Recommendation (Publication No. 348, 1971)

Interference suppression: RO2 according to the Czechoslovak Standard ČSN 34 2860, in accordance with the IEC CISPR Recommendation No. 34

Interface: in conformity with IMS-1 RS 3826-73. Details are given in Section 6. - „Instructions for attendance and use of the instrument“

### 3.4. Working conditions

Reference temperature:  $23^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$

Ambient temperature range:  $+5^\circ\text{C}$  to  $+40^\circ\text{C}$

Relative humidity range: 40 % to 80 %

Atmospheric pressure range: 86,000 Pa to 106,000 Pa

Working position: horizontal, or tilted through  $\pm 10^\circ$

Powering voltage: 220 V or 120 V,  $\pm 10\%$

Druh napájecího proudu: střídavý sinusový se zkreslením menším než 5 %  
Kmitočet napájecího napětí: 50 Hz  $\pm$  2 %  
Příkon: 35 VA  
Jištění: síťová pojistka pro 220 V T 200 mA, 120 V T 400 mA, pojistka v sekundárním obvodu F 2 A  
Vnější magnetické pole: zanedbatelné  
Vnější elektrické pole: zanedbatelné

### 3.5. Všeobecné údaje

Osazení: 46 integrovaných obvodů, 33 tranzistorů, 33 diod  
Rozměry přístroje: šířka 310 mm, výška 90 mm, hloubka 340 mm, hmotnost 4,5 kg

## 4. PRINCIP ČINNOSTI

Princip činnosti přístroje je zřejmý z blokového schématu na obr. 1.  
Měřené napětí menší než 10 V přivádíme přímo přes vypínatelný vstupní filtr (3) k modulátoru (4) tvořenému tranzistorem MOS FET. Měřené napětí větší než 10 V přivádíme přes dělič (1). MOS FET-ový modulátor (4) v použitém zapojení pracuje současně jako srovnávací člen měřeného a zpětnovazebního napětí. Modulátor je napájen z budícího oscilátoru (8), který současně napájí synchronní detektor (6).

Střídavé výstupní napětí z modulátoru (4) se zesiluje zesilovačem (5) s konstantním zesílením. Zesílené střídavé napětí přivádíme na synchronní detektor. Synchronní detekce se provádí na poměrně vysoké úrovni, aby vliv driftu stejnosměrného zesilovače (7) a syn-

Вид тока питания: переменный, синусоидальный, КНИ менее 5 %  
Частота напряжения питания: 50 Гц  $\pm$  2 %  
Потребляемая мощность: 35 ВА  
Защита: сетевой предохранитель для 220 В T 200 mA, для 120 В T 400 mA, предохранитель во вторичной сети F 2 A  
Внешнее магнитное поле: пренебрежимо мало  
Внешнее электрическое поле: пренебрежимо мало

### 3.5. Общие данные

Рабочий комплект: 46 интегральных микросхем, 33 транзистора, 33 диода  
Габариты прибора: ширина 310 мм, высота 90 мм, глубина 340 мм, вес 4,5 кг

## 4. ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ ПРИБОРА

Принцип действия прибора явствует из блок-схемы, приведенной на рис. 1.  
Измеренное напряжение менее 10 В подается непосредственно через выключаемый входной фильтр (3) на модулятор (4), собранный на транзисторе MOSFET. Измеренное напряжение более 10 В подается через делитель (1). Модулятор на транзисторе MOSFET (4) в используемой схеме работает одновременно в качестве элемента сравнения измеренного напряжения и напряжения обратной связи. Модулятор питается от возбуждающего автогенератора (8), который одновременно питает синхронный детектор (6). Переменное выходное напряжение модулятора (4) усиливается с помощью усилителя (5) с постоянным коэффициентом усиления. Усиленное переменное напряжение подается на синхронный детектор. Синхронное детектирование осуществляется на относительно высоком уровне для того, чтобы влияние дрейфа усилителя постоянного тока (7) и синхронного

Powering current: AC of sinusoidal waveform; distortion less than 5 %  
Powering frequency: 50 Hz  $\pm$  2 %  
Power consumption: 35 VA  
Protection: mains fuse: T 200 mA for 220 V powering, or T 400 mA for 120 V powering secondary circuit fuse: F 2 A  
External magnetic field: negligible  
External electric field: negligible

### 3.5. General data

Compiement: 46 integrated circuits, 33 transistors, 33 diodes  
Dimensions and weight: width 310 mm, height 90 mm, depth 340 mm, weight 4.5 kg

## 4. PRINCIPLE OF THE INSTRUMENT OPERATION

The principle of the instrument operation can be followed on the block diagram in Fig. 1.  
If a voltage less than 10 V has to be measured, it is applied via the input filter (3), which can be disconnected, directly to the modulator (4) which is formed by a MOSFET-type transistor. If a voltage exceeding 10 V has to be measured, it is applied to the MOSFET modulator via the input divider (1). The MOSFET modulator (4) in this circuitry operates simultaneously as comparator of the measured voltage and feedback voltage and is powered by the driving oscillator (8) which simultaneously powers the synchronous detector (6). The output AC of modulator (4) is amplified by the constant-gain amplifier (5) and then passes to the synchronous detector. Synchronous detection is carried out at a comparatively high voltage level in order to minimize the influence of the drift of the synchronous detector (6) and of the DC amplifier (7). This DC amplifier operates with



chronního детектору (6) был минимальным. За детектором следует равносильный усилитель с двойной интеграцией в обратной связи. Интеграционная емкость переключается, в результате чего устанавливается коэффициент усиления петли для отдельных пределов.

Выходной сигнал усилителя постоянного тока (7) подается на точные делители сопротивлений (9), которые управляются переключателем пределов и режима работы (10), и поступает на аналого-цифровой преобразователь и на самостоятельный выход для самописца (24). Выходное напряжение, соответствующее полному отклонению, составляет 2 В на каждом пределе.

Аналого-цифровой преобразователь работает по принципу двухтактного интегрирования и сконструирован, главным образом, с целью оптимальной фильтрации сигнала при наличии белого шума с точностью измерения 0,1%. При использовании двойного интегрирования на вход интегрирующего усилителя (13) подается через ключ (11) напряжение с выхода усилителя постоянного тока (7) в течение времени такта интегрирования  $T_i$ . Выходное напряжение интегрирующего усилителя линейно возрастает или уменьшается в зависимости от полярности измеряемого напряжения (рис. 2). В течение опорного такта  $T_p$  вход интегрирующего усилителя подключен с помощью ключа к источнику опорного напряжения (12). Наличие положительного или отрицательного опорного тактов определяется в конце времени интегрирования путем измерения и запоминания полярности интеграла напряжения в накопителе полярности для широтной импульсной модуляции. Новое состояние накопителя записывается только в последующем измерительном такте опять в конце времени интегрирования.

Опорный такт  $T_p$  соответствующей полярности и пустой такт  $T_r$  являются производными от

детектора (6) было минимальным. После детектора имеется усилитель постоянного тока с двойным интегрированием цепи обратной связи. Емкость интегрирования переключается, в результате чего устанавливается коэффициент усиления петли для отдельных пределов.

Аналого-цифровой преобразователь работает по принципу двухтактного интегрирования и сконструирован, главным образом, с целью оптимальной фильтрации сигнала при наличии белого шума с точностью измерения 0,1%. При использовании двойного интегрирования на вход интегрирующего усилителя (13) подается через ключ (11) напряжение с выхода усилителя постоянного тока (7) в течение времени такта интегрирования  $T_i$ . Выходное напряжение интегрирующего усилителя линейно возрастает или уменьшается в зависимости от полярности измеряемого напряжения (рис. 2). В течение опорного такта  $T_p$  вход интегрирующего усилителя подключен с помощью ключа к источнику опорного напряжения (12). Наличие положительного или отрицательного опорного тактов определяется в конце времени интегрирования путем измерения и запоминания полярности интеграла напряжения в накопителе полярности для широтной импульсной модуляции. Новое состояние накопителя записывается только в последующем измерительном такте опять в конце времени интегрирования.

Опорный такт  $T_p$  соответствующей полярности и пустой такт  $T_r$  являются производными от

double integration in the feedback loop. The integration capacitance is switchable in order to adjust peak gain for the individual ranges.

The output of the DC amplifier (7) passes to precision resistive dividers (9) which are controlled by means of the range and function selector switch (10), and to an analog-to-digital converter and to the separate recorder output (24). The output voltage for maximum readout is 2 V in each range.

The A/D converter, which operates on the basis of double integration, is designed primarily with regard to optimum filtering of the white noise of the signal at a measuring accuracy of 0.1%. For double integration, the input of the integrating amplifier (13) obtains the voltage during the integration cycle  $T_i$  from the output of the DC amplifier (7) via the switch (11). The output voltage of the integrating amplifier (13) increases or decreases linearly, depending on the polarity of the measured voltage (Fig. 2). During the reference cycle  $T_p$ , the input of the integrating amplifier is connected to the reference voltage supply (12). A positive or a negative reference cycle is determined at the end of the integration period of time by measuring and storing (in the polarity store) the polarity of the resulting integration voltage for pulse-width modulation. The new state of the store is entered during the next measuring cycle again at the end of the integration period.

The reference cycle  $T_p$  of the appropriate polarity and an idle cycle  $T_r$  are derived from the

Obr. 1 - Blokové schéma

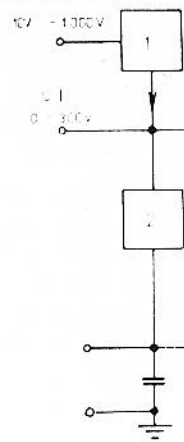


Рис. 1 - Блок-схема

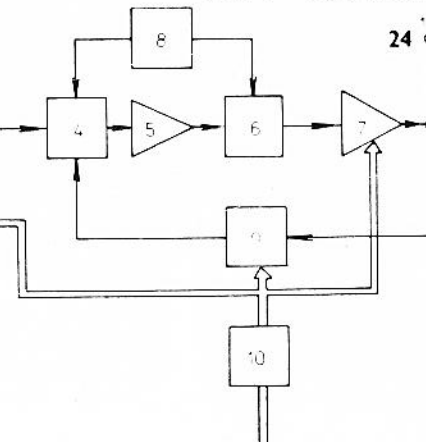
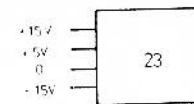
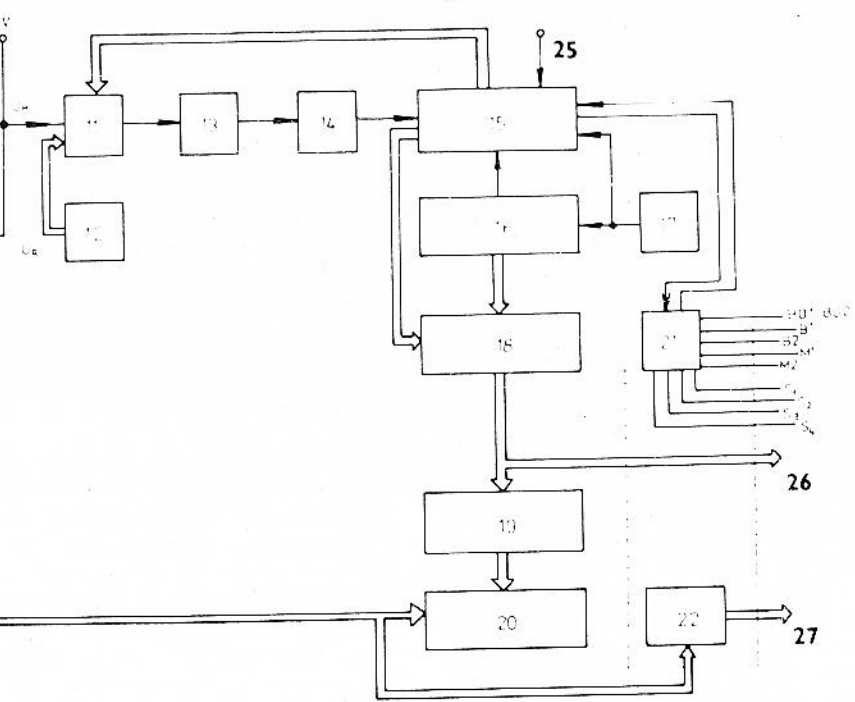


Fig. 1 - Block diagram



- 1 - vstupní dělič pro měřené napětí 10 V až 1000 V
- 2 - předřadné odpory pro měření proudu
- 3 - vypínatelný filtr
- 4 - modulátor
- 5 - střídavý zesilovač
- 6 - synchronní detektor
- 7 - stejnosměrný zesilovač - dvojnásobný integrátor
- 8 - oscilátor
- 9 - přesné zpětnovazební děliče
- 10 - přepínač rozsahů a funkce
- 11 - spínače
- 12 - zdroj referenčního napětí obou polarit
- 13 - integrační zesilovač
- 14 - komparátor

- 1 - входной делитель для измеряемых напряжений 10 В - 1000 В
- 2 - гасящие сопротивления для измерения тока
- 3 - выключаемый фильтр
- 4 - модулятор
- 5 - усилитель переменного тока
- 6 - синхронный детектор
- 7 - усилитель постоянного тока - двойной интегратор
- 8 - автогенератор
- 9 - точные делители обратной связи
- 10 - переключатель пределов и режима работы
- 11 - ключи
- 12 - источник опорного напряжения любой полярности
- 13 - интегрирующий усилитель
- 14 - компаратор

- 1 - Input divider for measured voltages from 10 V to 1000 V
- 2 - Series resistors for current measurements
- 3 - Switchable filter
- 4 - Modulator
- 5 - AC amplifier
- 6 - Synchronous detector
- 7 - DC amplifier - double integrator
- 8 - Oscillator
- 9 - Precision feedback dividers
- 10 - Range and function selector switch
- 11 - Switches
- 12 - Reference voltage supply of both polarities
- 13 - Integrating amplifier
- 14 - Comparator

- 15 - řídicí logika
- 16 - čítač
- 17 - taktovací generátor
- 18 - vyrovnávací paměť
- 19 - dekodér - převod z BCD kódu 8421 na kód 1 ze sedmi
- 20 - indikační panel
- 21 - jednotka IMS
- 22 - dekodér rozsahu a funkce
- 23 - napájecí zdroj
- 24 - výstup na zapisovač
- 25 - zkratovací svorka (paměť)
- 26 - digitální výstup
- 27 - data IMS

taktu a ze stabilizovaného signálu komparace v příslušných logických obvodech řídicí logiky (15). V době prázdného taktu  $T_r$  integrátor pracuje jako paměť chybové úrovně komparace. Tímto způsobem se provádí automatická kompenzace nulové úrovně komparátoru. Integrační zesilovač (13) a komparátor (14) jsou navrženy tak, že pracují s optimálním rozkmitem měřeného napětí. Tepelné změny odporu v MOS FET spínače v integračním a referenčním taktu se vzájemně kompenzují. V analogově číslicovém modulátoru dochází k transformaci měřeného napětí na impulsově šířkově modulovaný signál  $T_p$  k řízení činnosti čítače (16).

#### Měřené napětí

$$U_x = K_p \frac{T_i}{T_p} \quad (1)$$

$$\text{kde } K_p = U_{ref} \cdot \frac{R_{ref.}}{R_{m\acute{e}r.}}$$

Periody  $T_i$  a  $T_p$  měříme počtem elementárních časových kvant odvozených z taktovacího generátoru. Přitom integrační doba je celým násobkem elementárního časového kvanta (obr. 3a, 3b)

$$T_i = N_i \cdot \Delta T$$

- 15 - управляющая логика
- 16 - счетчик
- 17 - тактовый генератор
- 18 - буферный накопитель
- 19 - декодирующее устройство - переход от кода BCD 8421 в код 1 из 7
- 20 - панель индикации
- 21 - блок ИИС
- 22 - декодирующее устройство предела и режима
- 23 - источник питания
- 24 - выход для самописца
- 25 - короткозамыкающая перемычка (накопитель)
- 26 - цифровой выход
- 27 - данные ИИС

сигнала интегрирующего такта и от стабилизированого сигнала сравнения соответствующих логических схем управляющей логики (15). Во время пустого такта  $T_r$  интегратор работает в качестве накопителя уровня ошибки сравнения. Таким образом, осуществляется автоматическая компенсация нулевого уровня компаратора. Интегрирующий усилитель (13) и компаратор (14) рассчитаны так, чтобы они работали с оптимальным размахом измеряемого напряжения. Температурные изменения сопротивления ключа MOSFET в интегрирующем и опорном тактах взаимно компенсируются. В аналого-цифровом преобразователе имеет место преобразование измеренного напряжения в широтно-модулируемый импульсный сигнал  $T_p$ , предназначенный для управления работой счетчика (16).

#### Измеренное напряжение

$$U_x = K_p \frac{T_i}{T_p} \quad (1)$$

где

$$K_p = U_{опор.} \cdot \frac{R_{опор.}}{R_{изм.}}$$

Периоды  $T_i$  и  $T_p$  измеряются количеством элементарных интервалов времени, вырабатываемых в тактовом генераторе. При этом время интегрирования является целым значением элементарного интервала времени (рис. 3a, 3б)

$$T_i = N_i \cdot \Delta T$$

- 15 - Control logic circuitry
- 16 - Counter
- 17 - Cycling generator
- 18 - Buffer store
- 19 - Decoder - converter of the BCD code 8421 to the code „1 of 7”
- 20 - Display
- 21 - IMS unit
- 22 - Range and function decoder
- 23 - Power supply
- 24 - Recorder output
- 25 - Shorting terminal (store)
- 26 - Digital output
- 27 - Data IMS

integration cycle signal and from the stabilized comparison signal in the pertaining logic circuits of the control logic circuitry (15). During the idle cycle  $T_r$ , the integrator operates as a store of the comparison error level. In this manner, automatic compensation of the zero level of the comparator is carried out. The integrating amplifier (13) and the comparator (14) are designed to operate with optimum amplitude of the measured voltage. Thermal resistance changes of the switching MOSFET during the integration and the idle cycles mutually compensate each other. The transformation of the measured voltage into a pulse-width modulated signal  $T_p$  takes place in the analog/digital modulator; the result serves for controlling the operation of the counter (16).

#### The measured voltage

$$U_x = K_p \frac{T_i}{T_p} \quad (1)$$

$$\text{where } K_p = U_{ref.} \cdot \frac{R_{ref.}}{R_{meas.}}$$

The time periods  $T_i$  and  $T_p$  are measured by the number of elementary time quanta derived from the cycling generator. The integration time is always an integral multiple of the elementary time quantum (Figs. 3a, 3b).

The integration time period

$$T_i = N_i \cdot \Delta T$$



kde  $\Delta T \dots$  je elementární časové kvantum - konstanta

$N_i \dots$  je číslo naplnění čítače při integraci - konstanta

Šířka impulsu  $T_p$  má dvě složky. Složku, která se rovná celému násobku  $N_p$  elementárního časového kvanta  $\Delta T$  a zbytku menšího než elementární kvant  $\Delta t_z < \Delta T$ .

$$T_p = N_p \cdot \Delta T + \Delta t_z$$

Zbytková složka  $\Delta t_z$  je závislá na velikosti měřeného napětí. Z hlediska hazardu nesprávného čtení stavu čítače je nebezpečný stav  $\Delta t_z = 0 + \delta$  a  $\Delta t_z = \Delta T - \delta$ , kde  $\delta$  je libovolně malé kladné číslo větší než 0. Při hazardním stavu je výsledek čtení stavu čítače do vyrovnání paměti neplatný, proto vznik tohoto stavu musíme vyloučit. Vyloučení hazardu zajišťujeme synchronizací asynchronní komparace na nástupní hranu hodinových impulsů, a to:

a) posunutím synchronní komparace vůči asynchronní o časový interval  $(\Delta t_0 - \Delta t_z)$  pro  $\Delta t_z < \Delta t_0 < \Delta T$  (obr. 3a)

b) posunutím synchronní komparace vůči asynchronní a časový interval  $[(\Delta T - \Delta t_z) + \Delta t_0]$  pro  $\Delta t_0 < \Delta t_z < \Delta T$  (obr. 3b)

V případě „b“ po asynchronní komparaci nejprve nastane zvětšení stavu čítače a pak synchronní komparace, čtení do vyrovnávací paměti. Kromě vyloučení hazardních stavů tento způsob umožňuje výhodnou metodu indikace přetížení.

где  $\Delta T \dots$  элементарный интервал времени - постоянная

$N_i \dots$  число, определенное счетчиком при интегрировании - постоянная

Длительность импульса  $T_p$  имеет две составляющие. Составляющую, которая равна целому кратному  $N_p$  элементарного интервала времени  $\Delta T$  и остатку, который меньше элементарного интервала  $\Delta t_z < \Delta T$ .

$$T_p = N_p \cdot \Delta T + \Delta t_z$$

Остаточная составляющая  $\Delta t_z$  зависит от величины измеряемого напряжения. С точки зрения неопределенности правильного отсчета состояния счетчика опасным является состояние  $\Delta t_z = 0 + \delta$  и  $\Delta t_z = \Delta T - \delta$ , где  $\delta$  - любое малое положительное число больше 0. При неопределенном состоянии результат отсчета состояния счетчика до выравнивания накопителя является неправильным, поэтому возникновение такого состояния должно быть исключено. Исключение неопределенности обеспечивается синхронизацией асинхронного сравнения по переднему фронту управляющих импульсов, а именно:

a) путем сдвига синхронного сравнения относительно несинхронного на интервал времени  $(\Delta t_0 - \Delta t_z)$  для  $\Delta t_z < \Delta t_0 < \Delta T$  (см. рис. 3a),

б) путем смещения синхронного сравнения относительно асинхронного на интервал времени  $[(\Delta T - \Delta t_z) + \Delta t_0]$  для  $\Delta t_0 < \Delta t_z < \Delta T$  (см. рис. 3б).

В случае б) после несинхронного сравнения сначала имеет место увеличение состояния счетчика, а затем имеет место синхронное сравнение, перевод в буферный накопитель. Кроме исключения неопределенных состояний этот способ позволяет использовать целесообразный метод индикации перегрузки.

where  $\Delta T \dots$  is the elementary time quantum which is a constant, and

$N_i \dots$  is the full number of the counter and is a constant.

The duration of the pulse  $T_p$  has two constituents: A main component, which is equal to the integral multiple  $N_p$  of the elementary time quantum  $\Delta T$  and a remainder which is smaller than one elementary quantum  $\Delta T$ , i. e.  $\Delta t_z < \Delta T$ .

Thus,  $T_p = N_p \cdot \Delta T + \Delta t_z$

The remainder  $\Delta t_z$  depends on the magnitude of the measured voltage. From the viewpoint of the hazard of incorrect reading of the state of the counter, the states  $\Delta t_z = 0 + \delta$  and  $\Delta t_z = \Delta T - \delta$  are dangerous. The character  $\delta$  designates any positive small number larger than 0. At the hazardous state, the result of reading of the state of the counter up to the compensating of the store is not valid, therefore the occurrence of this state must be precluded. Incorrect readout hazard is eliminated by synchronizing the asynchronous comparison to the rising edge of the clock pulses, i. e.:

a) by shifting the synchronous comparison with regard to the asynchronous one by a time interval  $(\Delta t_0 - \Delta t_z)$  for  $\Delta t_z < \Delta t_0 < \Delta T$  (see Fig. 3a).

b) by shifting the synchronous comparison with regard to the asynchronous one by a time interval  $[(\Delta T - \Delta t_z) + \Delta t_0]$  for  $\Delta t_0 < \Delta t_z < \Delta T$  (see Fig. 3b).

In the case b), after asynchronous comparison, first the state of the counter increases and then synchronous comparison and reading into the buffer store (18) take place. In addition to the elimination of hazardous states, this method enables the indication of overloading in an advantageous manner.



Po obvodové stránce se synchronizace asynchronní komparace realizuje klopným obvodem typu D tak, že na výstup klopného obvodu D se přenesou stav asynchronní komparace nástupní hranou hodinových impulsů s prodlevou  $\Delta t_0$  a opakovací periodou  $\Delta T$ .

Výstupní informace z vyrovnávací paměti je v kódu BCD, což umožňuje přímé spojení na převodník sedmisegmentového kódu a zároveň slouží jako digitální výstup pro možnost zapojení do IMS. Dekodér přímo řídí segmentovky na indikačním panelu. Ovládání desetinné tečky na segmentovkách displeje je provedeno přes dekodér z přepínače rozsahů a funkce. Na displeji je dále indikována polarita měřeného napětí a délka trvání měřicího taktu.

Řídicí logika je řešena tak, že umožňuje zapamatovat si na neomezenou dobu měřenou hodnotu až do vypnutí přístroje. Zapamatování je možno vyvolat přivedením úrovně log. 0 (zkrat k vyvedeným svorkám označeným „PAMĚŤ“) a zrušit napětím log. 1.

Řídicí logika dále obsahuje obvody, které zajišťují součinnost s jednotkou interfejsu IMS-1. Na zadním panelu přístroje jsou spínače S1, S2, S3, S4(21), které v různých kombinacích umožňují jednorázový cyklický podmíněný zápis a různé stupně řídicích vazeb pomocí signálů B1, B2, M1, M2.

Dekodér rozsahu a funkce převádí informace o zařazeném rozsahu, funkci přístroje (měření napětí nebo proudu) a o polaritě měřené veličiny na informaci v BCD kódu 8421 potřebnou pro IMS.

Со схемной точки зрения синхронизация асинхронного сравнения осуществляется с помощью триггера типа D так, что на выходе триггера D обеспечивается состояние асинхронного сравнения по переднему фронту управляющих импульсов с задержкой  $\Delta t_0$  и с периодом повторения  $\Delta T$ .

Выходная информация буферного накопителя дается в коде BCD, что дает возможность прямого подключения к декодирующему устройству один из семи и одновременно цифровой выход может быть использован для работы в системе ИИС. Декодирующее устройство прямо управляет семью сегментными дисплеями на панели индикации. Управление десятичным знаком на дисплее осуществляется с помощью декодирующего устройства от переключателя пределов и режима работы. На дисплее далее показана полярность измеренного напряжения и длительность измерительного интервала.

Управляющая логика дает возможность запомнить на неограниченное время измеренное значение вплоть до выключения прибора. Запоминание можно осуществить путем подачи логического нуля (короткое замыкание выведенных зажимов, обозначенных «Запоминание») и снять с помощью напряжения лог. 1.

Управляющая логика далее содержит цепи, обеспечивающие совместную работу с блоком интерфейса ИИС-1. На задней панели прибора имеются ключи S1, S2, S3, S4 (21), которые в различных комбинациях позволяют осуществлять однократную, циклическую, условную записи различной степени управляющих связей, осуществляемых с помощью сигнала B1, B2, M1, M2.

Декодирующее устройство предела и режима работы преобразует информации о включенном пределе и режиме прибора (измерение напряжения или тока) и о полярности измеряемой величины в информацию в коде BCD 8421, которая необходима для системы ИИС.

As far as circuitry is concerned, synchronization of the asynchronous comparison is accomplished by a D-type flip-flop in such a manner that the state of the asynchronous comparison on the output of this D flip-flop is effected by the rising edge of the clock pulses with a delay of  $\Delta t_0$  and the repetition cycle  $\Delta T$ .

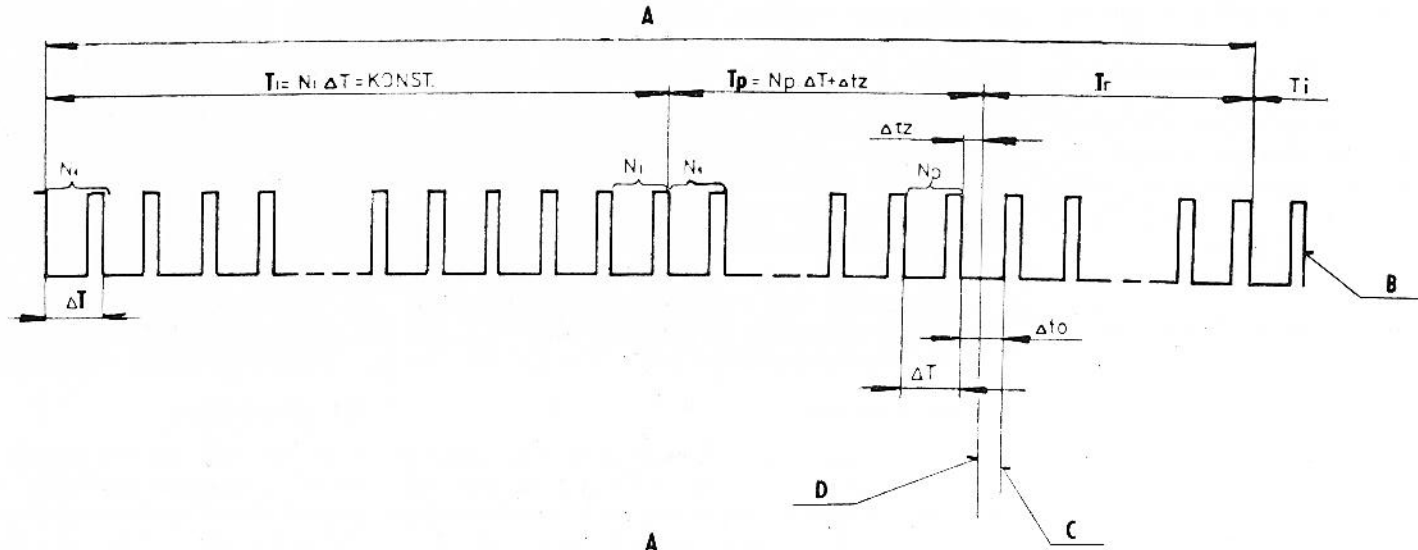
The output information from the buffer store is in the BCD code, thus direct connection to the converter of the 7-segment code is possible and simultaneously it is applicable also as an output for use in an automatic IMS system. The decoder actuates directly the 7 segment number indicators of the display (20). The positioning of the decimal point is accomplished via the decoder by means of the range and function selector switch (10). On the display are indicated also the polarity of the measured voltage and the duration of the measuring cycle. The control logic circuitry (15) is designed so that it enables unlimited storage of the measured value up to switching off of the instrument. Storage can be evoked by the application of log. 0 (shorting of the terminals marked STORE) and cancelled by a voltage of log. 1.

The control logic circuitry contains circuits which ensure co-operation with an interface IMS-1. On the back panel of the BM 545 instrument are switches S1, S2, S3 and S4 which by different combinations enable one-shot, cyclic, conditional recording and various steps of control coupling with the aid of B1, B2, M1, M2 signals.

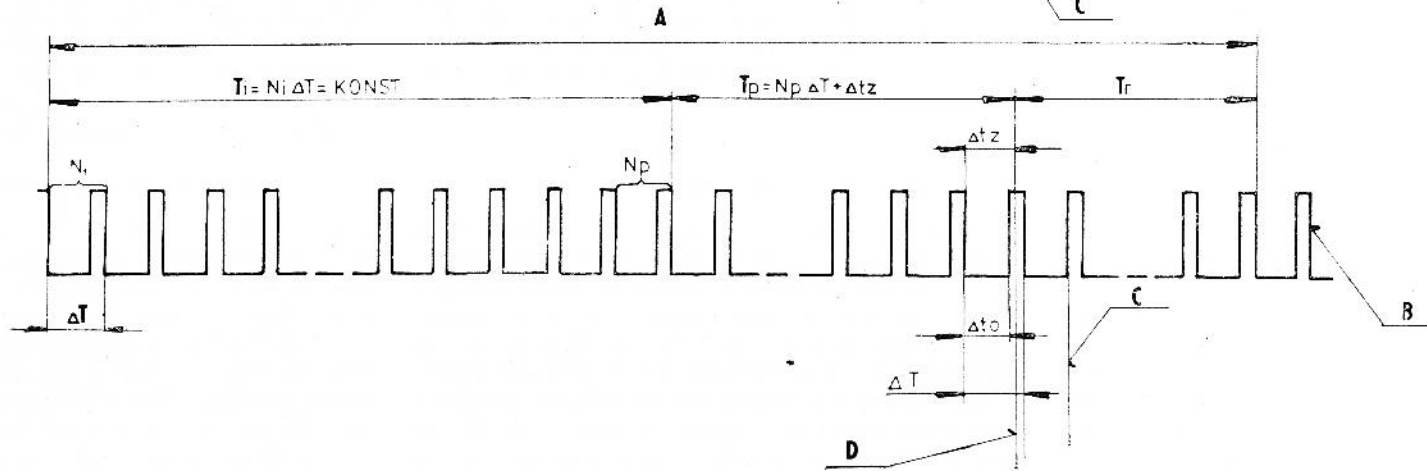
The range and function decoder (22) converts information about the set range, function of the instrument (voltage or current measurement) and about the polarity of the measured variable into information in the BCD code 8421 which is required for an IMS system.



Obr. 3a  
Рис. 3a  
Fig. 3a



Obr. 3b  
Рис. 3b  
Fig. 3b



A - úplný měřicí takt  
B - hodinové impulsy z taktovacího generátoru  
C - okamžik zápisu do vyrovnání paměti  
D - okamžik komparace

A - полный такт измерения  
B - тактовые импульсы от тактового генератора  
C - момент ввода в буферный накопитель  
D - момент сравнения

A - Complete measuring cycle  
B - Clock pulses from the cycling generator  
C - Instant of reading into the buffer store  
D - Instant of comparison

Pro napájení přístroje jsou použity stabilizátory napětí s dobrou filtrací. Všechny obvody jsou řešeny na plovoucí zemi s odpovídající izolací.

Při měření proudu zařazujeme na vstup přístroje odpory (2), voltmetrem měříme úbytek napětí vzniklý protékajícím proudem přes zařazený odpor.

## 5. POKYNY PRO VYBALENÍ A PŘÍPRAVU PŘÍSTROJE K PROVOZU

### 5.1. Vybalení

Přístroj postupně vybalíme a pokud byl skladován v takové teplotě, že by mohl přejít rosným bodem, je nutno jej ponechat aklimatizovat. Doporučujeme, abyste si balení, ve kterém Vám byl přístroj předán, uschovali pro případnou přepravu přístroje.

### 5.2. Příprava k provozu

Přístroj nevyžaduje žádných zásahů před uvedením do chodu a po vybalení je okamžitě schopen používání. Před připojením přístroje k síťovému napětí se přesvědčíme, zda je přístroj připojen na správné síťové napětí. Připojení se provádí voličem napětí, který je umístěn na zadní straně přístroje. Vyšroubujeme šroub uprostřed voliče napětí, kotouč povytáhneme a natočíme tak, aby číslo udávající správné síťové napětí bylo pod trojúhelníkovou značkou. Šroub opět zašroubujeme, a tím kotouček zajistíme. Z výrobního závodu je přístroj přepojen na síťové napětí 220 V.

Для питания прибора использованы стабилизаторы напряжения с хорошей фильтрацией. Все цепи выполнены с плавающей землей и соответствующей изоляцией.

При измерении тока на вход прибора включаются гасящие сопротивления, вольтметром измеряется падение напряжения, вызванное протекаемым током через включенное гасящее сопротивление.

## 5. УКАЗАНИЯ ПО РАСПАКОВКЕ, СБОРКЕ И ПОДГОТОВКЕ ПРИБОРА К ЭКСПЛУАТАЦИИ

### 5.1. Распаковка

Прибор следует распаковать, и если он хранился при температуре, при которой на нем могла образоваться роса, то его необходимо оставить для акклиматизирования. Рекомендуется сохранить тару, в которой прибор был поставлен, для возможной его последующей транспортировки.

### 5.2. Подготовка к эксплуатации

Прибор не нуждается ни в каких вмешательствах перед пуском в ход и после распаковки он готов для непосредственной эксплуатации. Перед подключением прибора к сети необходимо убедиться в том, что он переключен на правильное напряжение сети. Переключение осуществляется переключателем напряжения, установленным на задней стенке прибора. Вывинтить винт в центре переключателя напряжения, диск выдвинуть и повернуть его так, чтобы число, определяющее правильное напряжение сети, находилось против треугольной метки. Винт снова завинтить, в результате чего диск фиксируется. На заводе-изготовителе прибор переключен на напряжение сети 220 В.

For powering, the instrument employs voltage stabilizers with good filtering. All the circuits are designed for operation with floating earth and are insulated accordingly.

For current measurement, resistors (2) are employed and the voltage drop produced across them by the flowing current is measured by the voltmeter.

## 5. INSTRUCTIONS FOR UNPACKING THE INSTRUMENT AND FOR ITS PREPARATION FOR USE

### 5.1. Unpacking

The BM 545 microvoltmeter-picoammeter has to be unpacked carefully and, if it has been stored under such conditions that moisture precipitation on it can be expected, then it must be acclimatized before being put in use. It is advisable to save the packing in which the instrument was delivered, for possible reuse at a later date for transport or storage.

### 5.2. Preparation for application

The instrument does not require any adjustment at all before being put into use; it is ready for carrying out measurements immediately after being unpacked. However, before connecting the instrument to the mains, it is essential to ensure that it is set to the available mains voltage. Switching-over, if necessary, is carried out by means of the voltage selector on the back panel of the instrument, as follows: After removing the screw which retains the selector disc, the latter has to be pulled out partially and turned so that the number indicating the available mains voltage appears below the triangular mark. Then, the disc has to be pushed home again and the retaining screw replaced. Each instrument is set by the makers for 220 V powering.

Přístroj nepotřebuje zvláštní uzemnění, protože kovové části přístroje přístupné dotykem jsou spojeny s ochrannou zemnicí svorkou tvořenou pláštěm přívodky. Při připojení přístroje třížilovou síťovou šňůrou k síťovému rozvodu je zajištěno jeho připojení k ochrannému vodiči. Není dovoleno bez patřičného opatření odpojovat ochranný vodič. Zkontrolujeme, zda je stlačeno tlačítko S4 (21) umístěné na zadním panelu.

## 6. NÁVOD K OBSLUZE A POUŽÍVÁNÍ

### 6.1. Bezpečnostní opatření

Přístroj je konstruován v bezpečnostní třídě I dle ČSN 35 6501. Kovové části přístupné dotykem jsou určeny k připojení na ochranný vodič a izolace pod síťovým napětím vyhovuje uvedené normě.

### 6.2. Uspořádání ovládacích prvků

- 1 - Indikační panel  
Indikuje čtyřmístný údaj měření, polaritu, desetinnou tečku a délku měřicího taktu. Nejnižší řád je vpravo.
- 2 - Tlačítko „filtr“  
Stlačením tlačítka je zapojen na vstup filtr potlačující rušivé napětí síťové frekvence 50 Hz.
- 3 - Tlačítko vstupního odporu 100 k $\Omega$ / $\infty$   
Při nestlačeném tlačítku je vstupní odpor mikrovoltmetru 100 k $\Omega$ . Při stlačeném tlačítku je vstupní odpor mikrovoltmetru uveden v technických údajích (kapitola 3.1.).

Прибор не нуждается в специальном заземлении, так как металлические части прибора, доступные прикосновению, соединены с защитным заземляющим зажимом, образованным внешней оболочкой сетевого гнезда. При подключении прибора с помощью трехжильного сетевого шнура к сети обеспечивается его соединение с защитным проводом. Не допускается без требуемого мероприятия отключить защитный провод. Необходимо убедиться в том, что нажата кнопка S4 (21) на задней панели.

## 6. ИНСТРУКЦИЯ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ ПРИБОРА

### 6.1. Правила техники безопасности

Прибор сконструирован по классу безопасности 1 по предписаниям МЭК. Металлические части, доступные прикосновению, предназначены для подключения к защитному проводу и изоляция частей, находящихся под напряжением сети, удовлетворяет указанный стандарт.

### 6.2. Расположение элементов управления

- 1 - панель индикации  
Служит для индикации четырехразрядного результата измерений, полярности, десятичного знака и длительности измерительного цикла. Младший разряд расположен направо.
- 2 - кнопка «Фильтр»  
Путем нажатия на кнопку включается на входе фильтр, подавляющий мешающее напряжение частоты 50 Гц.
- 3 - кнопка входного сопротивления 100 кОм/ $\infty$   
При ненажатой кнопке входное сопротивление микровольтметра равно 100 кОм. При нажатой кнопке имеет место входное сопротивление микровольтметра, указанное в технических данных (п. 3.1.).

The BM 545 microvoltmeter - picoammeter does not require earthing, as all its metal parts accessible to the touch are bonded and connected to the protective earth terminal formed by the screening of the mains connector. When the instrument is connected to the mains by means of the supplied 3-core cord, it is connected to the protective conductor which must not be interrupted unless the appropriate safety measures are taken. It is necessary to depress the push-button marked S4 (21) on the back panel.

## 6. INSTRUCTIONS FOR ATTENDANCE AND USE OF THE INSTRUMENT

### 6.1. Safety measures

The BM 545 microvoltmeter - picoammeter is designed to meet the stipulations for Class I. intrinsic safety according to the Czechoslovak Standard ČSN 35 6501, in conformity with the pertaining IEC Recommendation (Publication No. 348, 1971). All metal parts accessible to the touch are prepared for connection to the protective mains conductor and their insulation is in accordance with the conditions set forth in the quoted Standard.

### 6.2. Layout of the controls

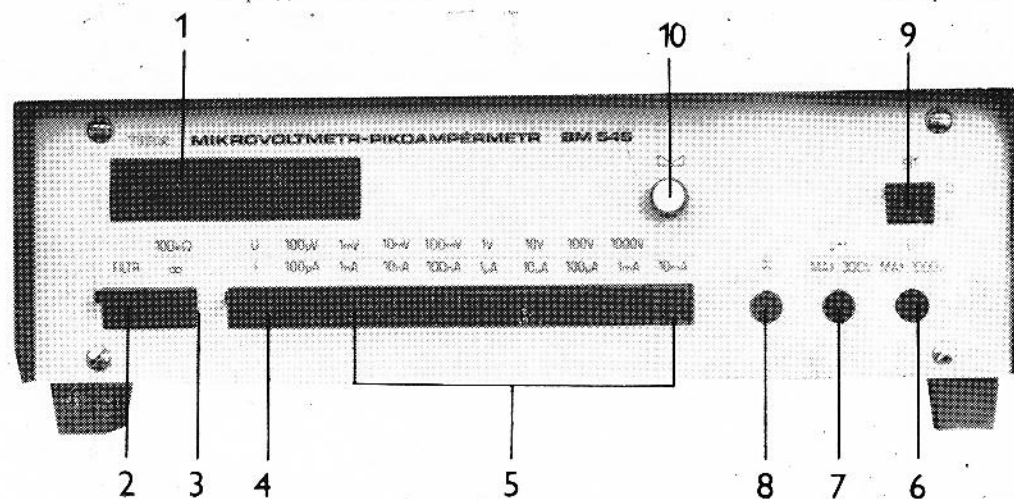
- 1 - Display  
Indicates 4-digit results of measurements, the polarity, decimal point and measuring cycle duration. The lowest order is at the right.
- 2 - Push-button switch FILTER  
When this push-button is depressed, the input filter for suppressing interfering voltages of the mains frequency of 50 Hz operates.
- 3 - Push-button change-over switch „100 k $\Omega$ / $\infty$ “  
When this push-button is not depressed, the input resistance of the microvoltmeter is 100 k $\Omega$ ; when it is depressed, the resistance is as given in the Table in item 3.1.



Přední panel

Передняя панель

Front panel



Obr. 4    Рис. 4    Fig. 4

- 4 - Tlačítko funkce U I  
Při nestlačeném tlačítku je přístroj ve funkci voltmetru. Při stlačeném tlačítku je přístroj ve funkci ampérmetru.
- 5 - Tlačítka pro přepínání rozsahů  
Stlačením příslušného tlačítka se zařadí požadovaný rozsah.
- 6 - Vstupní svorka max. 1000 V  
Svorka pro připojení měřeného napětí, které je větší než 300 V.
- 7 - Vstupní svorka U I  
Svorka pro připojení měřeného napětí, které je menší než 300 V a měřeného proudu pro celý měřicí rozsah
- 8 - Svorka plovoucí země  $\perp$   
Svorka oddělená od kostry přístroje kapacitou 68 000 pF a odporem  $10^9 \Omega$ . Max. plovoucí napětí 250 V<sub>ss</sub>.
- 9 - Vypínač „SÍŤ“  
Stlačením je síť zapnutá.
- 10 - Nula „U“  
Tímto prvkem se nastavuje nula voltmetru na nejcitlivějších rozsazích.

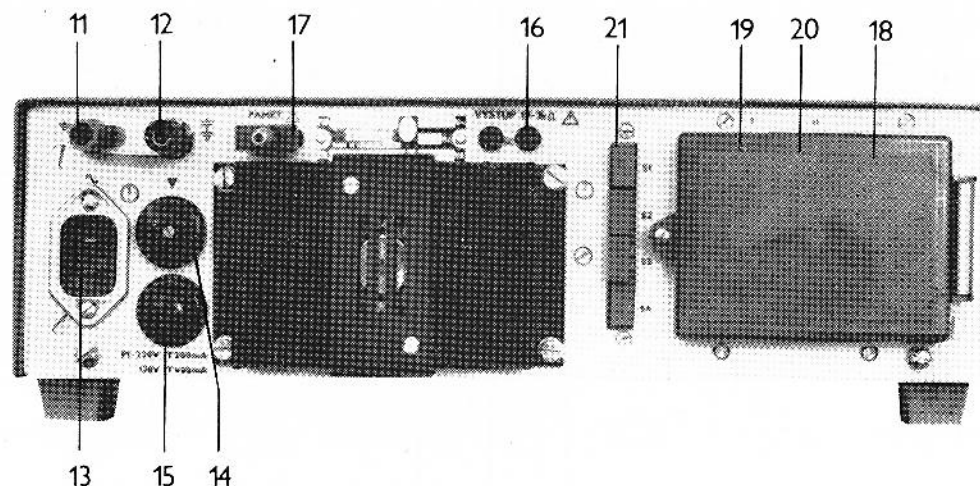
- 4 - кнопка режима работы U, I  
При ненажатой кнопке прибор работает в качестве вольтметра. При нажатой кнопке прибора работает в качестве амперметра.
- 5 - кнопка для переключения пределов  
При нажатии на соответствующую кнопку включается требуемый предел.
- 6 - входной зажим макс. 1000 В  
Зажим для подключения измеряемого напряжения по вольтметру более 300 В.
- 7 - входной зажим U - I  
Зажим для подключения измеряемого напряжения на вход вольтметра менее 300 В и измеряемого тока для всего диапазона измерений.
- 8 - зажим плавающей земли  $\perp$   
Зажим, отделенный от корпуса прибора емкостью 68 000 пФ и сопротивлением  $10^9 \Omega$ . Макс. плавающее напряжение 250 В пост.
- 9 - выключатель «Сеть»  
При нажатии включено питание от сети
- 10 - ноль «U»  
Этим элементом устанавливается ноль вольтметра на самых чувствительных пределах.

- 4 - Push-button change-over switch U I  
When this push-button is not depressed, the instrument operates as a voltmeter; when it is depressed, the instrument operates as an ammeter.
- 5 - Push buttons for range selection  
The required range is selected by depressing the appropriate push-button.
- 6 - Input terminal MAX. 1000 V  
Terminal for the connection of a voltage to be measured which is higher than 300 V.
- 7 - Input terminal U I  
Terminal for the connection of a voltage to be measured which is lower than 300 V, and of a current to be measured within the whole range.
- 8 - Floating earth terminal  $\perp$   
Terminal of 68,000 pF capacitance and  $10^9 \Omega$  insulation resistance, separated from the framework of the instrument. Maximum floating voltage 250 V DC.
- 9 - Master switch MAINS  
When this push-button is depressed, the instrument is powered by the mains.
- 10 - Zero setting U  
Serves for zero setting of the voltmeter when the most sensitive ranges are selected.

Zadní panel

Задняя панель

Back panel



Obr. 5    Рис. 5    Fig. 5

11 - Zemnicí svorka  
Svorka spojená s kostrou přístroje

12 - Svorka plovoucí země  
Svorka shodná se svorkou 8

13 - Síťová přívodka

14 - Volič síťového napětí

15 - Pojistka P1  
0,2 A pro napětí 220 V~ a 0,4 A pro napětí 120 V~

16 - Analogový výstup 0 až 2 V

17 - Paměť  
Zkratováním svorek nastane zapamatování měřené hodnoty na neomezenou dobu až do vypnutí přístroje nebo do odstranění zkratu

18 - Konektor III  
Zapojení konektoru v souladu s interfejsem IMS-1  
Zapojení jednotlivých kontaktů viz tabulka:

11 - заземляющий зажим  
Зажим, соединенный с корпусом прибора

12 - зажим плавающей земли  
Зажим, аналогичный зажиму 8

13 - сетевое гнездо

14 - переключатель напряжения сети

15 - предохранитель P1  
0,2 A для напряжения 220 В перем. и 0,4 A для напряжения 120 В перем.

16 - аналоговый выход 0 - 2 В

17 - запоминающая схема  
При закорачивании зажимов запоминается измеренное значение на неограниченное время, т. е. до выключения прибора или до устранения короткого замыкания.

18 - разъем III  
Схема разъема соответствует правилам Интерфейс ИИС-1.  
Назначение отдельных контактов дано в таблице:

11 - Earth terminal  
Terminal connected to the framework of the instrument.

12 - Floating earth terminal  
Terminal having the same properties as terminal 8.

13 - Mains connector




14 - Mains voltage selector

15 - Mains fuse P1  
Rating: 0.2 A for 220 V AC, or 0.4 A for 120 V AC

16 - Analog output 0 to 2 V

17 - STORE  
By short-circuiting these terminals, the measured value becomes stored for an unlimited length of time, until switching-off of the instrument or removal of the short circuit.

18 - Connector III.  
This connector is wired according to the interface IMS-1. The significance of the individual contacts is given in the following Table:

Kontakt	Význam	Symbol	Poznámka	
1 2 3 4	Povelové signály	(B0)/1 (B0)/2	log. 0	N <sub>in</sub> 1
		(B1) (B2)	log. 1  log. 0	N <sub>in</sub> 1
5 6	Kontrolní signály	(M1)	log. 1  log. 0	N <sub>out</sub> 10
		(M2)	 log. 1 log. 0	N <sub>out</sub> 10

19 - Konektor I

Digitální výstup  
Zapojení kontaktů viz tabulka:

Kontakt	Přiřazení	Pozn.	Kontakt	Přiřazení	Pozn.
1 2 3 4	A B C D	1 1. Dekáda	17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32	Neobsazeno	
5 6 7 8	A B C D	1 2. Dekáda			
9 10 11 12	A B C D	1 3. Dekáda			
13 14 15 16	A } } }	1 4. Dekáda Kostra přístroje			

Nejnižší řád je první dekáda. 4. dekáda je neúplná a má stavy 0 a 1.

20 - Konektor II

Výstupní informační signály v souladu s interfejsem IMS-1. Zapojení kontaktů viz tabulka:

20

Контaкт	Назначение	Сим-вол	Примечание	
1 2 3 4	Командные сигналы	(B0)/1 (B0)/2	лог. 0	N <sub>in</sub> 1
		(B1) (B2)	лог. 1  лог. 0	N <sub>in</sub> 1
5 6	Контрольные сигналы	(M1)	лог. 1  лог. 0	N <sub>out</sub> 10
		(M2)	 лог. 1 лог. 0	N <sub>out</sub> 10

19 - разъем I




Цифровой выход  
Схема контактов - см. таблица:

Контaкт	Соответствие	Примечание	Контaкт	Соответствие	Примечание
1 2 3 4	A B C D	11-я декада	17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32	не занято	
5 6 7 8	A B C D	12-я декада			
9 10 11 12	A B C D	13-я декада			
13 14 15 16	A } } }	14-я декада корпус прибора			

Младший разряд - это первая декада, 4-я декада является неполной и имеет состояния 0 и 1.

20 - разъем II

Выходные информационные сигналы в соответствии с Интерфейс ИИС-1. Назначение контактов дано в таблице:

Contact	Significance	Symbol	Notes	
1 2 3 4	Command signals	(B0)/1 (B0)/2	log. 0	N <sub>in</sub> 1
		(B1) (B2)	log. 1  log. 0	N <sub>in</sub> 1
5 6	Control signals	(M1)	log. 1  log. 0	N <sub>out</sub> 10
		(M2)	 log. 1 log. 0	N <sub>out</sub> 10

19 - Connector I.

Digital output.  
The significance of the individual contacts is given in the following Table:

Contact	Allotment	Notes	Contact	Allotment	Notes
1 2 3 4	A B C D	1 Decade 1.	17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32	Not used	
5 6 7 8	A B C D	1 Decade 2.			
9 10 11 12	A B C D	1 Decade 3.			
13 14 15 16	A } } }	1 Decade 4. Framework of the instrument			

The lowest order is the first decade. The 4th decade is incomplete and its states are 0 and 1.

20 - Connector II.

Output information signals according to the interface IMS-1. The significance of the individual contacts is given in the following Table:



Kontakt	Přiřazení	Vyjádření v BCD kódu 8421				
		1 A	2 B	4 C	8 D	
1 2 3 4	Neobsazeno					
5 6 7 8	A   Znaménko údaje Kostra přístroje	0 1	0 0	0 0	0 0	pro kladnou polaritu pro zápornou polaritu
9 10 11 12	Neobsazeno					
13 14 15 16	A   Charakte- ristika (řád) B C D	0 1 0 1	0 0 1 1	0 0 0 0	0 0 0 0	Odpovídá řádu $10^0$ Odpovídá řádu $10^{-1}$ Odpovídá řádu $10^{-2}$ Odpovídá řádu $10^{-3}$
17 18 19 20	A   Multipli- kační koeficient měrné jednotky B C D	1 0 1 0	0 0 1 0	1 1 0 0	0 0 0 0	l mili mikro nano piko
21 22 23 24	A   Základní měrná jednotka B C D	1 0	0 1	0 0	0 0	volty ampéry
25 26 27 28	A   Znaménko charakte- ristiky B C D	1	0	0	0	znak „ - ”
29 30 31 32	Kostra přístroje					

Контакт	Назначение	Выражение в виде кода				
		1 A	2 B	4 C	8 D	
1 2 3 4	не занято					
5 6 7 8	A   знак показа- ния корпус прибора	0 1	0 0	0 0	0 0	для положительной полярности для отрицательной полярности
9 10 11 12	не занято					
13 14 15 16	A   характе- ристика (разряд) B C D	0 1 0 1	0 0 1 1	0 0 0 0	0 0 0 0	соответствует разряду $10^0$ соответствует разряду $10^{-1}$ соответствует разряду $10^{-2}$ соответствует разряду $10^{-3}$
17 18 19 20	A   коэф- фициент умноже- ния единицы измерения B C D	1 0 1 1	0 0 1 0	1 1 0 0	0 0 0 0	l милли микро нано пико
21 22 23 24	A   основная единица измерения B C D	1 0	0 1	0 0	0 0	вольты амперы
25 26 27 28	A   знак харак- теристики B C D	1	0	0	0	знак « - »
29 30 31 32	корпус прибора					

Contact	Allotment	Notation in the BCD code 8421				
		1 A	2 B	4 C	8 D	
1 2 3 4	Not used					
5 6 7 8	A   Sign of the readout Framework of the instrument	0 1	0 0	0 0	0 0	For positive polarity For negative polarity
9 10 11 12	Not used					
13 14 15 16	A   Characte- ristic (order) B C D	0 1 0 1	0 0 1 1	0 0 0 0	0 0 0 0	Corresponds to order $10^0$ Corresponds to order $10^{-1}$ Corresponds to order $10^{-2}$ Corresponds to order $10^{-3}$
17 18 19 20	A   Multiplica- tion coeffi- cient of the measuring unit B C D	1 0 1 0	0 0 1 0	1 1 0 0	0 0 0 0	l milli micro nano pico
21 22 23 24	A   Basic measuring unit B C D	1 0	0 1	0 0	0 0	Volts Amperes
25 26 27 28	A   Sign of the characte- ristic B C D	1	0	0	0	Sign „ - ”
29 30 31 32	Framework of the instrument					

Tvar slova informace pro IMS

Znaménko údaje	Číselný údaj				Znaménko charakteristiky	Charakteristika	Multiplikační koeficient	Základní měrná jednotka
	4. dekáda	3. dekáda	2. dekáda	1. dekáda				

21 - Ovládací prvky IMS  
Tvoří přepínače S1, S4 a tlačítka S2, S3

**Přepínač S1** - v nestlačené poloze nejsou B1 a B2 vnitřně propojeny, řídicí signály se při provozu v systému musí přivádět na oba vstupy B1, B2. Ve stlačené poloze jsou vstupy B1 a B2 vnitřně propojeny. Funkce může být vyvolána přes kterýkoliv vstup (B1 či B2).

**Tlačítko S2** - stlačením se vyvolá jednorázové vybavení přístroje.

**Tlačítko S3** - jeho stlačení má stejný účinek jako přivedení signálu B0 - vynulování obvodů registrace B1 a B2, příprava pro přivedení signálů B1, B2.

**Přepínač S4** - v nestlačené poloze je pro funkci přístroje nutné přivádět na vstupy B1 a B2 taktovací impulsy, které musí vyhovět podmínkám IMS-1.

Ve stlačené poloze se připojuje taktovací generátor z mikrovoltmetru - pikoampérmetru BM 545.

Vstupy B1 a B2 jsou zablokovány. Není-li mikrovoltmetr - pikoampérmetr zapojen do měřicího systému, musí být tlačítko ve stlačené poloze.

Форма слова информации для ИИС:

Знак показания	Цифровая информация				Знак характеристики	Характеристика	Коэфф. умножения	Основная единица измерения
	4. декада	3. декада	2. декада	1. декада				

21 - элементы управления ИИС - образованы переключателями S1, S4 и кнопками S2, S3

**Переключатель S1** - в ненажатом положении B1 и B2 внутри не соединены, управляющие сигналы при работе в рамках системы должны подаваться на оба входа B1, B2. В нажатом положении входы B1 и B2 соединены друг с другом. Установка функции может осуществляться через любой вход (B1 или B2).

**Кнопка S2** - при нажатии на кнопку осуществляется однократное срабатывание прибора.

**Кнопка S3** - при ее нажатии происходит то же самое, как и при подаче сигнала B0 - установка нуля цепей регистрации B1 и B2, подготовка для подачи сигналов B1, B2.

**Переключатель S4** - в ненажатом положении для работы прибора следует на входы B1 и B2 подавать тактовые импульсы, которые должны удовлетворять условиям ИИС-1.

В нажатом положении включается тактовый генератор от микровольтметра - пикоамперметра BM 545.

Входы B1 и B2 заблокированы. Если микровольтметр - пикоамперметр не включен в измерительную систему, то кнопка должна быть в нажатом положении.

Format of the information word for an IMS system:

Sign of the readout	Numeric data				Sign of the characteristic	Characteristic	Multipl. coefficient	Basic measuring unit
	Decade 4.	Decade 3.	Decade 2.	Decade 1.				

21 - Controls for use in an automatic IMS system  
Formed by the change-over switches S1, S4 and the push-button switches S2, S3.

**Change-over switch S1** - When this switch is not depressed, B1 and B2 are not interconnected mutually; the control signals must be applied during operation to the two inputs B1, B2. When the switch is depressed, the two inputs B1, B2 are interconnected internally; the required function can be evoked via either input (B1 or B2).

**Push-button switch S2** - By depressing this switch, one-shot operation is evoked.

**Push-button switch S3** - Depressing of this push-button has the same effect as the application of the B0 signal - it causes clearing of the registering circuits B1 and B2, i. e. preparation is made for the application of the signals B1, B2.

**Change-over switch S4** - When not depressed, it is necessary to apply to the inputs B1 and B2, for the operation of the instrument, cycling pulses which are in accordance with the conditions for application in an IMS-1 system. When depressed, the cycling generator of the BM 545 microvoltmeter - picoammeter is connected.

The inputs B1 and B2 are blocked. When the BM 545 microvoltmeter - picoammeter is not inserted in an IMS automatic information measuring system, then this push-button must be depressed.

**Poznámka:** Při použití mikrovoltmetru - picoampérmetru v systému není možno použít plovoucí zem.

### 6.3. Pokyny k přípravě pro měření

#### 6.3.1. Měření napětí

Přístroj nepřipojíme na měřený objekt. Připojením mikrovoltmetru do sítě a zapnutím síťového spínače uvedeme přístroj do chodu, což je indikováno rozsvícením segmentovek na indikačním panelu. Nejsou-li zapnuty nejcitlivější napěťové rozsahy a tlačítko 3 není stlačeno, musí být na všech segmentovkách indikačního panelu nula. Vyčkáme dobu náběhu (asi 15 min.) a provedeme nastavení nuly přístroje.

Tlačítka 2, 3 a 4 jsou nestlačená.

Stlačíme tlačítko rozsahů 1 mV. Sledujeme údaj na indikačním panelu. Má-li údaj např. zápornou hodnotu, otáčíme knoflíkem (10) ve vyznačeném kladném směru. Protože správný údaj je vždy na tomto rozsahu asi jednou za 5 s, po každém pootočení knoflíkem pro nastavení nuly vyčkáme na zobrazený údaj na indikačním panelu. Proběhnuté měření je indikováno tečkou v levém horním rohu indikačního panelu. Obdobně se nastavuje nula podle potřeby na ostatních rozsazích. Napěťové rozsahy nastavujeme tlačítky pro přepínání rozsahů (5), při měření předem neznámých velikostí napětí postupujeme od nejvyšších rozsahů. Vstupní odpor mikrovoltmetru při nestlačeném tlačítku 3 je 100 k $\Omega$ . Stlačení tlačítka je tento odpor odpojen a hodnota odporu je uvedena v tabulce v technických údajích (kapitola 3).

**Внимание:** При использовании микровольтметра - пикоамперметра в рамках системы нельзя пользоваться плавающей землей.

### 6.3. Указания по подготовке к измерениям

#### 6.3.1. Измерение напряжения

Прибор не подключается к измеряемому объекту. Путем подключения микровольтметра к сети и включения сетевого выключателя прибор включается, что сопровождается зажиганием индикаторов дисплея на панели индикации. Если не включены самые чувствительные пределы напряжения и кнопка 3 не нажата, то на всех разрядах дисплея панели индикации должны быть нули. Подождать в течение времени установления (прибл. 15 минут) и осуществить установку нуля прибора. Кнопки 2, 3 и 4 не нажаты. Нажать на кнопку пределов 1 мВ. Следить за показанием индикатора. Если показание имеет, например, отрицательное значение, то необходимо вращать ручку (10) в указанном положительном направлении. Ввиду того, что правильное показание всегда имеет место на этом пределе один раз в течение 5 с, после каждого поворота ручки и установки нуля следует ждать появления изображенной информации на панели индикации. Осуществленный процесс измерения сопровождается индикацией в виде точки в верхнем левом углу панели индикации. Аналогично устанавливается ноль по необходимости на остальных пределах. Пределы напряжения устанавливаются кнопками переключателя пределов (5), при измерении ранее неизвестных значений напряжения начинают с высшего предела. Входное сопротивление микровольтметра при ненажатой кнопке 3 составляет 100 кОм. При нажатии на кнопку сопротивление отключено и имеющееся входное сопротивление указано в табли-

**Note:** When the BM 545 instrument is employed in a system, floating earth cannot be utilized.

### 6.3. Instructions for preparing for a measurement

#### 6.3.1. Voltage measurement

The instrument has not to be connected to the object to be measured, but is set in operation by connecting it to AC mains and by depressing the push-button of its master switch. The 7-segment number indicators of the display light up. Except when the most sensitive ranges are set, when the push-button 3 is not depressed, all the indicators of the display must present 0. After the elapse of the warming-up period (15 minutes), the zero of the instrument must be adjusted. The push-buttons 2, 3 and 4 must not be depressed. The range push-button 1 mV must be depressed and the readout on the display followed. If a negative value is shown, then control 10 has to be turned clockwise, as indicated on the panel. As within this range the correct value is shown repeatedly at intervals of 5 seconds, after each adjustment of the control it is necessary to wait for indication on the display. Termination of the measuring cycle is signalled by a dot in the top left-hand corner of the display. The zero can be set, if necessary, in a similar manner also for all the other ranges. The required voltage range has to be selected by depressing the appropriate push-button of the range selector (5); when a voltage of quite unknown value has to be measured, then the ranges must be altered, starting with the highest ones. The resistance of the microvoltmeter, with push-button 3 not depressed, is 100 k $\Omega$ . When this push-button is depressed, this resistance is disconnected and the data given in the Table in item 3.1. apply.



Takto připravený přístroj připojíme k měřicímu objektu. Přepínání polaritы měřeného napětí se děje automaticky, na indikačním panelu je indikována záporná polarita.

Při běžných měřeních je svorka 11 spojena pomocí uzemňovací pásky se svorkou 12. V případě využití přístroje s plovoucí zemí je nutno rozpojit svorky 11 a 12 na zadní stěně přístroje. Měření provádíme shodným způsobem jako při spojených svorkách. Pouze podle velikosti plovoucího napětí dodržujeme příslušná bezpečnostní opatření.

Vadí-li při měření pronikající síťové napětí, zmenšíme jeho vliv zařazením vstupního filtru stlačením tlačítka (2). Při zařazení filtru je nutno znovu nastavit nulu přístroje na nejcitlivějších rozsazích. Možnost zapojení do měřicího informačního systému umožňuje digitální výstup a informace o funkci přístroje v BCD kódu 8421, které jsou vyvedeny na konektorech, umístěných na zadní stěně přístroje. Zapojení konektorů viz kapitola 6.2.

Analogově číslicový převodník mikrovoltmetru - pikoampérmetru je řešen především s ohledem na optimální filtraci signálu z bílého šumu. Z těchto důvodů je upravená rychlost měření na nejcitlivějších rozsazích 1 mV, 1 nA a 100  $\mu$ V, 100 pA asi na 5 s. Požadavek rychlých měření i na uvedených rozsazích splňuje analogový výstup viz obr. 5, který je vyveden na dvojzdíčku (16) na zadním panelu. Zařazením filtru na analogový výstup si určíme vhodnou šířku pásma měření.

це в технических данных (раздел 3). После такой подготовки прибор подключается к измерительному объекту. Переключение полярности измеряемого напряжения осуществляется автоматически, на панели индикации показана отрицательная полярность. При нормальных измерениях зажим 11 соединен с помощью заземляющей полосы с зажимом 12. В случае использования прибора с плавающей землей необходимо разомкнуть 11 и 12 на задней стенке прибора. Измерение осуществляется аналогично, как и в случае соединенных зажимов. Только в зависимости от величины плавающего напряжения необходимо соблюдать соответствующие правила техники безопасности.

Если при измерении мешает просачивание напряжения от сети, то его влияние можно уменьшить путем ввода входного фильтра, для чего следует нажать на кнопку (2). При включении фильтра необходимо снова установить ноль прибора на самых чувствительных пределах. Возможность включения в измерительную информационную систему обеспечивается благодаря цифровому выходу и информации о работе прибора в коде BCD 8421, которые выведены на разъемы, расположенные на задней стенке прибора. Назначение контактов разъемов дано в разделе 6.2.

Аналого-цифровой преобразователь микро-вольтметра - пикоамперметра выполнен с целью обеспечения оптимальной фильтрации сигнала при наличии белого шума. Поэтому установлена скорость измерения на самых чувствительных пределах 1 мВ, 1 нА и 100 мкВ, 100 пА, равная 5 с. Требование быстрых измерений и на указанных пределах обеспечивается с помощью аналогового выхода (см. рис. 5), который соединен с двойным зажимом (16) на задней панели. Путем установки фильтра в цепь аналогового выхода можно установить требуемую ширину полосы пропускания при измерении.

After being prepared in the described manner, the BM 545 instrument is ready for the connection of the object to be measured. Polarity switching of the measured voltage proceeds automatically and the negative polarity is indicated on the display. During routine measurements, terminal 11 is interconnected with terminal 12 by means of a shorting link. When the instrument is applied with floating earth, then these two terminals on the back panel must be separated, but the measuring procedure remains the same as when they are interconnected. However, the safety precautions depending on the floating voltage magnitude must not be ignored.

If the measurement is interfered with by the mains voltage, its influence can be reduced by applying the input filter - push-button 2 has to be depressed. Whenever the filter is inserted, the zero of the instrument must be adjusted anew for the most sensitive ranges. The digital output of the BM 545 instrument, together with the information in the BCD 8421 code about the function brought out to connectors on the back panel, render it applicable in an automatic IMS system. The wiring of the connectors is described in item 6.2.

The A/D converter of the BM 545 microvoltmeter - picoammeter has been designed with due regard to optimum filtering of the signal in order to reject white noise. For this reason, the measuring rate is 5 seconds within the most sensitive ranges 1 mV, 1 nA and 100  $\mu$ V, 100 pA. The requirement of fast measurement also within these ranges is met by the analog output brought out to a pair of sockets (16) on the back of the instrument (Fig. 5). By applying a filter to this analog output, the measuring bandwidth can be determined.

Upozorňujeme, že vyvedené země na konektorech a zdírkách jsou spojeny s plovoucí zemí přístroje. Nemáme-li k dispozici připojená zařízení s plovoucí zemí, nemůže být přístroje využito při měření s plovoucí zemí.

### 6.3.2. Měření proudu

Pokyny k přípravě pro měření proudu jsou shodné s pokyny k přípravě pro měření napětí viz bod 6.3.1. Rozdíl je pouze v tom, že při měření proudu tlačítko funkce UI (4) je stlačeno. Na poloze tlačítka (3) nezáleží, stlačením tlačítka (4) je funkce tlačítka vyřazena.

## 6.4. Pokyny pro měření

### 6.4.1. Pokyny pro měření na rozsahu 100 $\mu$ V a 100 pA

Před měřením na uvedených rozsazích vyčkáme dobu ustálení přístroje. Při měření na uvedených rozsazích je nutno dodržet zásady pro měření velmi malých napětí a proudů. Nevhodné připojení měřeného napětí nebo proudu může značně ovlivnit údaj mikrovoltmetru - pikoampérmetru. Pro spojení mikrovoltmetru s měřicím objektem lze doporučit měděné příводы. Při měření na uvedených rozsazích je před každým měřením nutno nastavit nulu přístroje. Je-li to možné, nulu přístroje nastavujeme při zapojeném měřeném objektu s nulovou úrovní napětí nebo proudu.

Jelikož se jedná o velký dynamický rozsah přístroje na jednom rozsahu, nastavení nuly na

Необходимо обратить внимание на то, что выведенные зажимы земли на разъемах и фишках соединены с плавающей землей прибора. Если нет в распоряжении устройства соединения с плавающей землей, то прибор не может быть использован для измерений с плавающей землей.

### 6.3.2. Измерение тока

Указания по подготовке для измерения тока такие же, как и указания по подготовке для измерения напряжений - см. п. 6.3.1. Разница заключается только в том, что при измерении тока нажата кнопка режима работы UI (4). Положение кнопки (3) может быть любое, при нажатии на кнопку (4) первая кнопка не работает.

## 6.4. Указания по измерениям

### 6.4.1. Указания по измерениям в диапазоне 100 мкВ и 100 пА

Перед измерением на указанных пределах необходимо выждать установления прибора. При измерении на указанных пределах необходимо соблюдать правила измерения очень малых напряжений и токов. Неправильный способ подключения измеряемого напряжения и тока может значительно повлиять на показание микровольтметра - пикоамперметра. Рекомендуется соединить микровольтметр с измеряемым объектом с помощью медных проводов. При измерении на указанных пределах перед каждым измерением следует установить ноль прибора. Если это возможно, то ноль прибора устанавливается при включенном измеряемом объекте с нулевым уровнем напряжения или тока.

Ввиду того, что динамический диапазон прибора большой на одном пределе, установка

It must be pointed out that the earth contacts of the connectors and the earthed sockets are bonded to the floating earth of the instrument. If connecting equipment with floating earth is not available, then the floating earth feature of the BM 545 instrument cannot be utilized in measurements.

### 6.3.2. Current measurement

The instructions for preparing for a current measurement are the same as those for a voltage measurement as described in item 6.3.1., the only difference being that in a current measurement the push-button UI (4) has to be depressed. The setting of push-button 3 is irrelevant, as its function is cancelled by the depressing of push-button 4.

## 6.4. Instructions for carrying out measurements

### 6.4.1. Measurements carried out within the ranges 100 $\mu$ V and 100 pA

Before commencing a measurement within these ranges, the time required for stabilization of the instrument must elapse. When carrying out the measurement proper, the known principles which must be adhered to during the measurement of very low voltages and currents must be applied, as unsuitable connection of the source of the measured voltage or current can greatly impair the correctness of the read-out of the microvoltmeter-picoammeter. It is advisable to employ copper conductors. During a measurement within the given ranges, the zero of the instrument must be adjusted. Whenever possible, this adjustment has to be carried out at zero level of the voltage or current supplied by the object which is already connected.

As the dynamic range of the instrument within each measuring range is wide, and zero setting

segmentovkách displeje by bylo zdouhavé; stačí nastavit hodnotu blízkou nule. Při vyhodnocování měřené veličiny je nutno počítat s touto hodnotou. Postup nastavení nuly je obdobný s postupem uvedeným v bodě 6.3.1. Protože přístroj umožňuje provádět velmi citlivá a přesná měření malých napětí a proudu, doporučujeme zachovat určenou zásadu při vyhodnocování měřené veličiny. Provedeme několik měření jedné hodnoty napětí nebo proudu. Výslednou hodnotu určíme jako aritmetický průměr z naměřených hodnot. Použije-li se při měření vstupní filtr, nastavujeme nulu přístroje při zařazeném filtru. Při delším měření na uvedených rozsazích je vhodné občas kontrolovat nulu přístroje.

#### 6.4.2. Pokyny pro měření na rozsahu 1000 V

Provádíme-li měření napětí vyššího než 300 V, připojujeme měřený objekt pouze na svorku označenou 1000 V, která je speciálně konstruována na vyšší napětí. Dále dbáme, aby měřená napětí nepřekročilo 1000 V.

#### 6.5. Kontrola přesnosti

Součásti a díly přístroje jsou pečlivě zvoleny a kontrolovány. Může však dojít ke změnám jejich vlastností, které mohou mít na dodržení chyby měření vliv. Doporučujeme proto provádět kontrolu chyb v údobí 6 měsíců a provádět dostavení podle statě pokyny pro opravy (kapitola 10).

нуля на дисплее была бы длительной. Поэтому достаточно установить значение, близкое к нулю. При обработке результата измерения необходимо принять во внимание это значение. Способ установки нуля аналогичен способу, описанному в пункте 6.3.1. Ввиду того, что прибор дает возможность производить очень чувствительные и точные измерения малых напряжений и токов, рекомендуется соблюдать определенный способ обработки измеряемой величины. Осуществить несколько измерений одного значения напряжения или тока. Результирующее значение определить в качестве арифметического среднего от измеренных значений. Если при измерении использован входной фильтр, то необходимо установить ноль прибора при включенном фильтре. При дальнейшем измерении на указанных пределах целесообразно время от времени проконтролировать ноль прибора.

#### 6.4.2. Указания по измерению на пределе 1000 В

Если измеряется напряжение выше 300 В, то измеряемый объект подключается только к зажиму, обозначенному 1000 В, который специально сконструирован для повышенного напряжения. Необходимо следить за тем, чтобы измеряемое напряжение не превысило 1000 В.

#### 6.5. Контроль точности

Детали и узлы прибора тщательно рассчитаны и проконтролированы. Однако, в течение времени могут измениться их параметры, которые могут оказать влияние на погрешность измерения. Поэтому рекомендуется контролировать величину погрешности один раз через 6 месяцев и осуществить регулировку в соответствии с разделом 10. «Указания по ремонту».

according to the number indicators would be tedious, it is sufficient to set a value close to zero. However, in the evaluation of the readout, this initial value must be reckoned with. The zero setting procedure is similar to the one described in item 6.3.1. As the BM 545 instrument enables the very accurate and sensitive measurement of low voltages and currents, it is recommended to adhere to the following rule in the evaluation of the measured quantities: Several measurements of the same voltage or current value have to be carried out and the definite result ascertained as the arithmetic mean of the individual readouts. If the input filter has to be used, the zero of the instrument must be adjusted with the filter inserted. If several measurements have to be carried out within the most sensitive ranges, it is advisable to check the zero setting from time to time.

#### 6.4.2. Instructions for carrying out measurements within the voltage range 1000 V

If a voltage higher than 300 V has to be measured, its source must be connected only to the terminal marked 1000 V which is designed for high voltages. It is essential to ensure that the measured voltage does not exceed 1000 V.

#### 6.5. Checking the accuracy

The components and parts of the BM 545 instrument have been selected with the utmost care and checked to high standards. However, it can happen that the properties of some which have an influence on the measuring error suffer a change. Therefore, it is recommended to check the measuring errors at 6-month intervals and, if necessary, to adjust the instrument according to the advice offered in Section 10. - „Instructions for repairs“.



## 7. POPIS MECHANICKÉ KONSTRUKCE

Přístroj je vestavěn do jednoúčelové skříně, jejíž stavba je odvozená z typizované řady. Pře-  
vážná většina dílů je vyrobena z hliníkové sli-  
tiny. Pro usnadnění obsluhy a čtení je skřínka  
opatřena sklopnou podpěrou, přepínače a sí-  
ťový vypínač jsou tlačítkové, ovládané kláve-  
sami. Vnitřní zástavba byla zvolena na třech  
deskách s plošnými spoji, které jsou vzájemně  
propojeny běžnou kabeláží. Regulační tranzis-  
tor stabilizátoru byl z důvodů intenzivnějšího  
chlazení umístěn i s chladičem vně na zadním  
panelu. Zásuvky INTERFACE jsou zakryty od-  
klopným víčkem. Obě zemnicí svorky propojuje  
„neztratitelná spojka“.

## 8. PODROBNÝ POPIS ZAPOJENÍ

### 8.1. Popis funkce analogové části (1X1 834 35)

#### 8.1.1. Měření napětí

Tlačítko funkce (4) označené UI je nestlačené.  
Měřená napětí do 300 V se přivádějí na svorku  
označenou „max. 300 V“. Pro rozsahy 100  $\mu$ V -  
- 1 V jsou odpory R4, R96, R5 zkratovány a  
měřené napětí se přivádí přes vypínatelný filtr  
(nastavený na maximální potlačení 50 Hz od-  
porem R10) na moduliátor tvořený R11, R6, R7,  
R8 a E1. Pro rozsahy 10 V, 100 V, 1000 V se  
spojením tlačítka bodu 4 s bodem 2 vytvoří  
z odporu R4, R96, R5 a R3 dělič napětí a mů-  
žeme na této svorce měřit napětí do 300 V max.  
Vyšší napětí musíme připojit na svorku ozna-  
čenou „U<sub>max</sub> 1000 V“, kde je zapojen dělič z od-

## 7. ОПИСАНИЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ КОНСТРУКЦИИ ПРИБОРА

Прибор установлен в специальном ящике,  
конструкция которого соответствует типовой  
конструкции прибора. Подавляющее большин-  
ство деталей ящика изготовлено из алюминия-  
вого сплава. Для облегчения обслуживания и  
отсчета ящик оснащен откидной опорой, пе-  
реключателем и сетевые выключатели являют-  
ся кнопочными и управляются клавишами. Вну-  
тренняя компоновка выполнена на трех пла-  
тах печатного монтажа, соединенных друг  
с другом с помощью обычной кабельной про-  
водки. Регулировочный транзистор стабилиза-  
тора с целью надежного охлаждения установ-  
лен вместе с радиатором вне прибора на зад-  
ней панели. Розетки «Интерфейс» закрыты от-  
кидной крышкой. Оба заземляющих зажима  
соединяются «невыпадающей перемычкой».

## 8. ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ СХЕМЫ

### 8.1. Описание принципа действия аналоговой части (1X1 834 35)

#### 8.1.1. Измерение напряжения

Кнопка режима работы 4, обозначенная U, I  
не нажата.  
Измеренное напряжение до 300 В подается на  
зажим, обозначенный «UI макс 300 В». Для  
пределов 100 мкВ - 1 В сопротивления R4,  
R96, R5 закорочены и измеренное напряжение  
через выключаемый фильтр (настроенный на  
максимальное подавление сигнала 50 Гц со-  
противлением R10) подается на модулятор,  
образованный R11, R6, R7, R8 и E1. На преде-  
лах 10, 100, 1000 В в результате соединения  
кнопками точки 4 и точки 2 образуется дели-  
тель напряжения на сопротивлениях R4, R96,

## 7. DESCRIPTION OF THE MECHANICAL DESIGN

The BM 545 microvoltmeter - picoammeter is  
built into a single-purpose cabinet, the design  
of which is based on the standard line of TES-  
LA cabinets. The great majority of the cabinet  
parts are aluminium-alloy castings. In order to  
facilitate servicing and reading of the results  
of measurements, the cabinet is provided with  
a support for tilting; the change-over switches  
and the master (mains) switch are of the  
push-button type, controlled by means of keys.  
The circuitry of the instrument is on three  
printed circuit boards which are mutually in-  
terconnected by means of classical cable  
forms. The control transistor of the power sup-  
ply stabilizer is mounted together with its heat  
sink on the back panel to ensure better cool-  
ing. The sockets for the connection of the in-  
terface unit are covered by a hinged lid. A  
captive link is provided for the interconnection  
of the two earth terminals.

## 8. DETAILED DESCRIPTION OF THE CIRCUITRY

### 8.1. Description of the operation of the analog section (1X1 834 35)

#### 8.1.1. Voltage measurement

The function selector push-button 4, marked  
UI, is not depressed.  
If a voltage up to 300 V has to be measured,  
it has to be applied to the terminal marked  
„Max. 300 V“. When the range 100  $\mu$ V to 1 V  
is set, the resistors R4, R96, R5 are short-cir-  
cued and the voltage to be measured is ap-  
plied to the modulator formed by R11, R6, R7,  
R8 and E1 via a switchable filter (which is set  
by means of the resistor R10 so as to suppress  
the frequency of 50 Hz). When the range 10 V,  
100 V or 1000 V is set, point 4 is interconnect-  
ed with point 2 by means of the appropriate

porů R1, R95, R2 a R3. Tento způsob je zaveden proto, aby napětí 1000 V nebylo rozvedeno po přístroji a konstrukční prvky nemusely být dimenzovány na toto napětí. Střídavé napětí vzniklé na modulátoru se přes kondenzátor C9 přivádí na nízkošumový hybridní integrovaný zesilovač E8. Zesílené střídavé napětí se synchronním detektorem tvořeným MOS-FETy E9, E10 usměrní a přivede na ss zesilovač tvořený dvěma integrátory. Každý z nich je realizován integrovaným operačním zesilovačem, první E11 MAA 725 a druhý E12 MAA 501. Přepínáním kondenzátorů C19 až C21 u prvního integrátoru a změnou časové konstanty obvodu C28, R92 připojením odporu R91 pro první měřící rozsah u druhého integrátoru upravujeme dynamickou stabilitu a optimální rychlost měření analogové části mikrovoltmetru. Obvod R86, R87, C26, C27 pomáhá filtrovat modulační produkt. Z výstupu integrátoru E12 přes ochranný odpor R93 se přivádí napětí do číslicové části (bod 11) a do zpětnovazebních děličů z odporů: pro rozsahy 100  $\mu$ V - R69 až R73, 1 mV - R74 až R77, 10 mV (10 V) - R61 až R64, 100 mV (100 V) - R65 až R68. Výstupy těchto děličů se připojují pomocí tlačítek na modulátor, pro rozsah 100  $\mu$ V a 1 mV na dělič R26, R25 (bod 13) a pro 10 mV (10 V), 100 mV (100 V) do bodu 46 (emitor E1 a R25). Pro rozsah 1 V (1000 V) je zpětná vazba bez děliče, takže zesílení analogové části je jedna.

R5 и R3 и на этом зажиме можно измерять напряжение макс. 300 В. Большое напряжение должно подаваться на зажимы, обозначенные «U макс. 1000 В», где включен делитель сопротивлений R1, R95, R2 и R3. Такое решение принято для того, чтобы напряжение 1000 В не распространялось внутри прибора и чтобы остальные элементы не нужно было рассчитывать на это напряжение. Переменное напряжение, возникающее в модуляторе, подается через конденсатор C9 на малощумящий гибридный интегральный усилитель E8. Усиленное переменное напряжение выпрямляется с помощью синхронного детектора, собранного на транзисторах MOSFET E9, E10, и подается на усилитель постоянного тока, состоящий из двух интеграторов. Каждый из них выполнен на интегральном операционном усилителе, первый - E11 MAA 725 и второй - E12 MAA 501. Путем переключения конденсаторов C19 - C21 первого интегратора и изменения постоянной времени цепи C28, R92 путем подключения сопротивления R91 для первого предела измерения второго интегратора, устанавливается динамическая стабильность и оптимальная скорость измерения аналоговой части микровольтметра. Схема R86, R87, C26, C27 помогает фильтровать продукт модуляции. С выхода интегратора E12 через гасящее сопротивление R93 подается напряжение в цифровую часть (точка 11) и в делители обратной связи, состоящие из сопротивлений R69 - R73 для предела 100 мкВ, R74 - R77 для предела 1 мВ, R61 - R64 для предела 10 мВ (10 В), R65 - R68 для предела 100 мВ (100 В).

Выходы этих делителей подключаются с помощью кнопок к модулятору для предела 100 мкВ и 1 мВ к делителю R26, R25 (точка 13) и для пределов 10 мВ (10 В), 100 мВ (100 В) к точке 46 (эмиттер E1 и R25). Для предела 1 В (1000 В) обратная связь работает без делителя, в результате чего коэффициент усиления аналоговой части равен 1.

push-button, and thus the resistors R4, R96, R5 and R3 form a voltage divider and voltages up to 300 V can be applied to this terminal. Higher voltages must be connected to the terminal marked „Max. 1000 V“, to which the divider formed by R1, R95, R2 and R3 is connected. This system was chosen by the designers of the instrument in order to prevent the distribution of 1000 V over the instrument and to avoid the necessity of using components rated for this high voltage. The AC produced by the modulator is applied to a low-noise hybrid integrated amplifier (E8) via the capacitor C9. The amplified AC voltage is rectified by a synchronous detector formed by the MOSFETs E9, E10 and then is applied to an amplifier which is composed of two integrators, each of which is formed by an integrated operational amplifier - the first by E11 (MAA 725), the second by E12 (MAA 501). By switching the capacitors C19 to C21 of the first integrator, and by altering the time constant of the circuit C28, R92 of the second one by connecting the resistor R91 for the 1st measuring range, the dynamic stability and the optimum measuring rate are adjusted for the analog section of the microvoltmeter. The circuit R86, R87, C26, C27 helps to filter the product of modulation. The voltage passes from the output of the integrator E12, via the protective resistor R93, into the digital section (point 11) and into the feedback dividers formed by the resistors R69 to R73 for the range 100  $\mu$ V, R74 to R77 for the range 1 mV, R61 to R64 for the range 10 mV (10 V) and R65 to R68 for the range 100 mV (100 V). The outputs of these dividers are connected to the modulator by means of push-buttons, as follows: To the divider R26, R25 (point 13) for the ranges 100  $\mu$ V and 1 mV, and to point 46 (emitter of E1 and R25) for the ranges 10 mV (10 V) and 100 mV (100 V). The feedback for the range 1 V (1000 V) is without a divider, thus the gain of the analog section is unity.

Výstup druhého integrátoru vede rovněž na výstupní svorky, kde je možné připojit analogový zapisovač. Maximální výstupní napětí na výstupu analogové části pro každý rozsah je asi 3 V. (Číslicová část při větším napětí než 1,999 V ukazuje stav přetížení). Vstup přístroje je chráněn proti přetížení tranzistory E3, E4 v zapojení jako diody a sériovými odpory R6, R7, R8, R11. Pro dosažení vysoké proudové citlivosti pracuje modulátor E1 ve zvláštním režimu. Z hlediska maximálního potlačení proudového offsetu je spínací napětí modulátoru sníženo na hodnotu asi 200 mV a současně doplněno vhodným ss předpětím tak, aby změna odporu spínače E1 byla maximální v dané oblasti odporové charakteristiky, zde v rozmezí asi 0,5 až 100 MΩ. Snížená hodnota spínacího napětí je nastavena děličem R143, R144 a přes kondenzátor C56 vedena na bázi E1. Stejněsměrné předpětí vhodné velikosti se nastavuje potenciometrem R146, R150. Teplotní závislost a nastavená hodnota předpětí je automaticky udržována pomocí MOS-FETu E45 a operačního zesilovače E44. Vzhledem k malému spínacímu napětí může modulátor zpracovat jen malá měřená napětí. Odstranění tohoto nedostatku je dosaženo zavedením výstupního napětí z analogové části (bod 42) buď přímo (rozsah 1 V) nebo přes dělič (R94, R158) do obvodu automatického udržování předpětí tak, že ss napětí mezi kolektorem a bází E1 je stále optimální z hlediska funkce modulátoru. Další zmenšení proudového offsetu se dosahuje kom-

Выход второго интегратора соединен также с выходными зажимами, к которым можно подключить аналоговый самописец. Максимальное выходное напряжение на выходе аналоговой части на любом пределе составляет прибл. 3 В. (При напряжении более 1,999 В цифровая часть сигнализирует состояние перегрузки). Вход прибора защищен от перегрузки транзисторами E3, E4, включенными по схеме диодов с последовательными сопротивлениями R6, R7, R8, R11. Для обеспечения высокой чувствительности по току модулятор E1 работает в специальном режиме. С точки зрения максимального подавления сдвига тока управляющее напряжение модулятора уменьшено до значения прибл. 200 мВ и одновременно оснащено подходящим напряжением смещения так, чтобы изменение сопротивления ключа E1 было максимальным в заданной области характеристики сопротивления, т. е. в пределах от 0,5 до 100 МОм. Уменьшенное значение управляющего напряжения устанавливается делителем R143 и R144 и через конденсатор C56 напряжение подается на базу E1. Напряжение смещения постоянного тока нужной величины устанавливается потенциометрами R146, R150. Температурная зависимость и установленное значение напряжения смещения автоматически поддерживается с помощью транзистора MOSFET E45 и операционного усилителя E44. Ввиду малого управляющего напряжения модулятор может обрабатывать только малые измеряемые напряжения. Этот недостаток устраняется путем подачи выходного напряжения из аналоговой части (точка 42) непосредственно (предел 1 В) или через делитель (R94, R158) в цепь автоматического поддержания напряжения смещения, в результате чего напряжение постоянного тока между коллектором и базой E1 является все время оптимальным с точки зрения работы модулятора. Дальнейшее уменьшение сдвига тока обеспечивается благодаря

The output of the second integrator passes also to the output terminals, to which an analog recorder can be connected. The maximum output voltage across the output of the analog section is approximately 3 V in every range. (The digital section indicates overloading as soon as the voltage exceeds 1.999 V). The input of the BM 545 instrument is protected against overloads by transistors E3, E4 which operate as diodes, and by series resistors R6, R7, R8, R11. In order to attain high current sensitivity, the modulator (E1) operates in a special mode. In order to suppress current offset in an optimum manner, the switching voltage of the modulator is reduced to approximately 200 mV and simultaneously is supplemented by a suitable DC bias so as to obtain maximum resistance change from the switch E1 within the given range of the resistance characteristic, i. e. within the range of approximately 0.5 to 100 MΩ. The reduced value of the switching voltage is set by means of a divider formed by R143, R144 and is applied to the base of E1 via capacitor C56. The DC bias is set as required with a potentiometer formed by R146, R150. The thermal dependence and the set bias value are automatically maintained by MOSFET E45 and an operational amplifier (E44). As the switching voltage is low, the modulator can process only low measured voltages. This drawback is eliminated by the application of the output voltage of the analog section (point 42) to the automatic bias voltage control circuit, either directly (range 1 V), or via a divider (R94, R158). Thus, the DC voltage between the collector and the base of E1 has always the optimum value as far as the working of the modulator is concerned. Further reduction of the current offset is achieved by compensating the modulating voltage which penetrates through the base-collector capacitance of E1. For this purpose also is utilized the capacitance between the base and the



penzací pronikajícího modulačního napětí přes kapacitu báze - kolektor E1. Ke kompenzaci se využívá rovněž kapacity báze - emitor MOS-FETu E2. Výhodou je stejná tepelná závislost. Optimální kompenzace (velikost kompenzačního napětí) se nastavuje potenciometrem R152. Potenciometrem R29, jehož hřídel je vyvedena na panel, lze nastavit nulu voltmetru v rozmezí větším než  $\pm 100 \mu\text{V}$ .

### 8.1.2. Měření proudu

Měření se provádí měřením úbytku napětí na odporech. Tyto bočníky jsou tvořeny odpory R12 až R18 a R97. Úbytky napětí jsou pro 1. rozsah  $100 \mu\text{V}$ , 2. rozsah  $1 \text{ mV}$  a pro ostatní rozsahy  $10 \text{ mV}$ . Přepnutí do funkce měření proudu zajišťuje tlačítko funkce UI (4) stlačené do polohy I. Provedou se tyto změny:

- odpojí se zpětnovazební děliče pro napětové rozsahy  $10 \text{ mV}$  (R61 až R64) a  $100 \text{ mV}$  (R65 až R68)
- zkratuje se trvale vstupní dělič R4, R5, R96
- uzemní se bočníky R12 až R18, R97 (přes tlačítka rozsahů)
- odpojí se výstup analogové části (bod 11) od obvodu pro automatickou regulaci ss předpětí modulátoru E1
- změní se informace pro IMS z měření napětí na měření proudu
- připojí se zpětnovazební dělič (R78 až R81) určující rozsah  $10 \text{ mV}$  pro měření proudu

компенсации просачивающего напряжения модуляции через емкость базы - коллектор E1. Для компенсации используется также емкость база-эмиттер MOSFET E2. Преимущество заключается в одинаковой температурной зависимости. Оптимальная компенсация (величина компенсирующего напряжения) устанавливается потенциометром R152. Потенциометром R29, вал которого соединен с панелью, можно установить ноль вольтметра в пределах  $> \pm 100 \text{ мкВ}$ .

### 8.1.2. Измерение тока

Измерение осуществляется путем измерения падения напряжения на сопротивлениях. Эти шунты образованы сопротивлениями R12 - R18 и E 97. Падение напряжений для 1-го диапазона  $100 \text{ мкВ}$ , 2-го диапазона -  $1 \text{ мВ}$  и для всех остальных диапазонов -  $10 \text{ мВ}$ . Переключение в режим измерения тока обеспечивается кнопкой режима работы, которую следует нажать в положение 1. При этом осуществляются следующие изменения:

- отключаются делители обратной связи для пределов напряжения  $10 \text{ мВ}$  (R61 - 64) и  $100 \text{ мВ}$  (R65 - R68)
- постоянно закорачивается входной делитель R4, R5, R96
- заземляются шунты R12 - R18, R97 (через кнопки пределов)
- отключается выход аналоговой части (точка 11) от цепи автоматической регулировки напряжения смещения постоянного тока модулятора E1
- изменяется информация для ИИС (переход от измерения напряжения на измерение тока)
- подключается делитель обратной связи R78 - R81), определяющий предел  $10 \text{ мВ}$  для измерения тока на пределах  $10 \text{ нА}$  -

emitter of the MOSFET E2. An advantage is the same thermal dependence. Optimum compensation (magnitude of the compensating voltage) is set by means of the potentiometer R152. The zero of the voltmeter can be adjusted within a range  $> \pm 100 \mu\text{V}$  by operating the potentiometer R29, the shaft of which is brought out to the panel of the instrument.

### 8.1.2. Current measurement

The measurement is carried out by measuring the voltage drop on resistors. The pertaining shunts are formed by resistors R12 to R18 and R97. The voltage drop is  $100 \mu\text{V}$  for the 1st current range,  $1 \text{ mV}$  for the second one, and  $10 \text{ mV}$  for all the other ranges. Push-button (4) - Fig. 4 - serves for altering the mode of operation from microvoltmeter to picoammeter. By depressing this push-button, the following changes are caused:

- The feedback dividers for the voltage ranges  $10 \text{ mV}$  (R61 to R64) and  $100 \text{ mV}$  (R65 to R68) become disconnected
- The input divider R4, R5, R96 becomes short-circuited
- The shunts R12 to R18 and R97 become earthed via the range selector push-buttons
- The output of the analog section (point 11) becomes disconnected from the circuit which automatically regulates the DC bias of modulator E1
- The information for the IMS system changes from „Voltage measurement“ to „Current measurement“
- The feedback divider R78 to R81, which makes the range  $10 \text{ mV}$  suitable for current measurements within the ranges  $10 \text{ nA}$  to  $10 \text{ mA}$ , becomes connected and the feed-

v rozsazích 10 nA až 10 mA a odpojí se zpětná vazba pro rozsah 1 V

- upraví se časová konstanta prvního integrátoru (E11) pro rozsahy 10 nA až 10 mA sériovým připojením kondenzátoru C2 k C20, C21.

Ostatní funkce zůstávají stejné jako při měření napětí.

### 8.1.3. Zdroj modulačního kmitočtu a napájecí zdroje

Budící napětí pro modulatory získáváme astabilním multivibrátorem tvořeným obvodem E43 a upravujeme na symetrické obdélníky klopným obvodem E42. Kmitočet je asi 175 Hz a je nastavitelný potenciometrem R149. Amplitudu a ss předpětí pro synchronní detektor E9, E10 upravují tranzistory E40, E41 a děliče napětí R135 až R138. Napájecí zdroje dodávají napětí  $\pm 15$  V a  $+5$  V. V zapojení zdroje  $+15$  V je použito integrovaného obvodu E26 s tranzistorem E22 pro zvýšení výkonu. Pro zdroj  $-15$  V je využit integrovaný obvod E25 s tranzistorem E27. Oba zdroje jsou jištěny proti zkratu (zdroj  $-15$  V tranzistorem E21). Ve zdroji  $+5$  V je rovněž použito integrovaného obvodu E34 s výkonovým tranzistorem E33. Zdroj je jištěn jak proti zkratu, tak proti zvýšenému napětí na výstupu. Zvýšené napětí otevře diodu E32, protékající proud sepne tyristor E35, který zkratuje usměrňovač a přeruší tavnou pojistku P2.

- 10 mA и отключается обратная связь для предела 1 В

- устанавливается постоянная времени первого интегратора (E11) для пределов 10 нА - 10 мА путем последовательного подключения конденсатора C2 к C20, C21.

Остальные функции остаются без изменений, как и при измерении напряжения.

### 8.1.3. Источник модуляционной частоты и источники питания

Напряжение возбуждения для модуляторов вырабатывается мультивибратором, собранным на схеме E43 и оно формируется в симметричный прямоугольный сигнал триггером E42. Частота сигнала прибл. 175 Гц устанавливается потенциометром R149. Амплитуда и напряжение смещения для синхронного детектора E9, E10 устанавливаются транзисторами E40, E41 и делителями напряжений R135 - R138.

Источник питания обеспечивает напряжение  $\pm 15$  В и  $+5$  В. В схеме источника  $+15$  В использована интегральная микросхема E26 с транзистором E22 для повышения мощности.

Для источника  $-15$  В использована интегральная микросхема E25 с транзистором E27. Оба источника защищены от короткого замыкания (источник  $-15$  В транзистором E21). В источнике  $+5$  В также использована интегральная микросхема E34 с мощным транзистором E33. Источник защищен от короткого замыкания, а также от повышенного напряжения на выходе. При повышенном напряжении отпирается диод E32, протекающий ток отпирает тиристор E35, который шунтирует выпрямитель и обрывает плавкий предохранитель P2.

back of the range 1 V becomes disconnected

- The time constant of the first integrator (E11) becomes adapted to the ranges 10 nA to 10 mA by series connection of capacitor C2 to the capacitor C20, C21.

All the other functions remain the same as when voltages are measured.

### 8.1.3. Source of the modulating frequency and the powering supplies

The driving voltage for the modulators is produced by an astable multivibrator formed by an IC E43 and adjusted to symmetrical rectangles by the IC flip-flop E42. The produced frequency is approximately 175 Hz and is adjustable with potentiometer R149. The amplitude and the DC bias voltage for the synchronous detector E9, E10 is processed by transistors E40, E41 and voltage divider R135 to R138.

The power supplies produce voltages of  $\pm 15$  V and  $+5$  V. In the supply of  $+15$  V (E26) is employed an IC of the type with a transistor E22 for power increase. The supply of  $-15$  V (E25) employs an IC together with transistor E27. These two power supplies are safeguarded against short circuits (the  $-15$  V supply by the transistor E21). Also in the  $+5$  V supply is employed an IC (E34) together with a power transistor (E33). This power supply is safeguarded against excessive voltage on the output, as well as against short circuits. An increased voltage opens diode E32, the current closes thyristor E35 which short-circuits the rectifier and blows the fuse P2.

## 8.2. Analogově-číslicový převodník (1X1 834 35)

### 8.2.1. Integrátor, spínače

Integrátor je tvořen operačním zesilovačem E9. Frekvenční korekce je provedena RC členy R5, C10 a C11. Ve zpětné vazbě zesilovače je zapojena integrační kapacita C1. Proud úměrný velikosti měřené veličiny je v 1. taktu měření připojován do sumačního bodu zesilovače pomocí vstupního spínače tvořeného MOSFET tranzistorem E2. Způsob spínání tranzistoru E2 bude popsán v popisu řídicí logiky (kapitola 8.2.4.). V prvním taktu je tranzistor E1 uzavřen. Napěťová nula integrátoru se nastavuje potenciometrem R19 přes dělič tvořený odpory R51, R50 a R49 a R18. Proudová nula integrátoru se nastavuje potenciometrem R17 přes napěťový dělič R16, R15 a R14. Pro dosažení účinné filtrace signálu z bílého šumu na nejcitlivějších rozsazích 100  $\mu$ V a 1 mV je paralelně k integračnímu kondenzátoru C1 přes ovládací tlačítka připojen kondenzátor C12 a C13.

### 8.2.2. Komparátor

Vstupní část komparátoru tvoří diferenciální zesilovač s tranzistory E10 a E11, v jehož emitorovém obvodu je zdroj konstantního proudu tvořený tranzistorem E12. Diferenciální zesilovač spolu s tranzistorem E13 zajišťují potřebné zesílení komparátoru. Tranzistor E24 je zapojen jako sledovač signálu.

Pro dosažení pravoúhlého průběhu výstupního napětí komparátoru je na výstupu komparátoru

## 8.2. Аналого-цифровой преобразователь (1X1 834 35)

### 8.2.1. Интегратор, ключи

Интегратор образован операционным усилителем E9. Частотная коррекция осуществляется цепочками RC - R5, C10 и C11. В цепи обратной связи усилителя включена интегрирующая емкость C1. Ток, пропорциональный значению измеряемой величины, в первом такте измерения подключается к точке сложения усилителя с помощью одного ключа, образованного транзистором MOSFET E2. Способ включения транзистора E2 будет описан в разделе, посвященном описанию логики управления (п. 8.2.4.). В первом такте транзистор E1 заперт. Ноль напряжения интегратора устанавливается потенциометром R19 через делитель сопротивлений R51, R50 и R49, R18. Ток нуля интегратора устанавливается потенциометром R17 через делитель напряжения R16, R15 и R14. Для обеспечения эффективной фильтрации сигнала в условиях действия белого шума на самых чувствительных пределах 100 мкВ и 1 мВ параллельно интегрирующему конденсатору C1 подключаются конденсаторы C12 и C13 посредством кнопок управления.

### 8.2.2. Компаратор

Входная часть компаратора образована дифференциальным усилителем на транзисторах E10 и E11, в цепи эмиттера которых имеется источник постоянного тока, выполненный на транзисторе E12. Дифференциальный усилитель вместе с транзистором E13 обеспечивает необходимый коэффициент усиления компаратора. Транзистор E24 включен по схеме повторителя.

Для обеспечения прямоугольной формы выходного напряжения компаратора на выходе

## 8.2. Analog-to-digital converter (1X1 834 35)

### 8.2.1. Integrator and switches

The integrator is formed by operational amplifier E9, the frequency correction of which is carried out by the RC elements R5, C10 and C11. An integration capacitor C1 is employed in the feedback loop. The current, which is proportional to the measured quantity, is connected in the first step of the measurement to the junction point of the amplifier with the aid of the input switch which is a MOSFET (E2). The switching of this transistor is described further in the description of the control logic circuitry (item 8.2.4.). During the first step (cycle) of the measurement, transistor E1 is closed. The voltage zero of the integrator is adjustable by means of the potentiometer R19 via a divider formed by the resistors R51, R50, R49 and R18. The current zero of the integrator is adjustable with the potentiometer R17 via a voltage divider formed by R16, R15 and R14. In order to ensure efficient filtering of the signal (elimination of the white noise) within the most sensitive ranges 100  $\mu$ V and 1 mV, capacitors (C12 and C13) are connected parallel to the integration capacitor C1 via the control push-buttons.

### 8.2.2. Comparator

The input part of the comparator is a differential amplifier formed by transistors E10 and E11; in the emitter circuit is a constant current supply employing transistor E12. This differential amplifier, together with transistor E13, ensures the necessary amplification of the comparator. Transistor E24 is connected as a signal follower.

In order to obtain a rectangular output waveform from the comparator, its output is pro-



zapojen Schmittův klopný obvod tvořený tranzistory E14 a E15.

Na výstupu klopného obvodu dostavíme úroveň napětí pro log. 0 a log. 1 odpovídající úrovním pro ovládání TTL logických obvodů.

### 8.2.3. Normálové zdroje a spínače

V druhém taktu měření je do sumačního obvodu integračního zesilovače zaveden proud z normálového zdroje E7 nebo E8 přes spínače E3 nebo E4 podle polarity měřeného napětí.

Normálové zdroje E7 a E8 jsou teplotně kompenzované Zenerovy diody s výstupním napětím 7,8 až 8,4 V. Proud tekoucí Zenerovou diodou E7 je určen odporem R2 a proud tekoucí Zenerovou diodou E8 je určen odporem R8.

Odpory R3, R4, R6 a R7 určují normálový proud pro kladnou polaritu měřeného napětí. Jemné dostavení se provádí potenciometrem R3.

Odpory R9, R10, R12 a R13 určují normálový proud pro zápornou polaritu měřeného napětí. Jemné dostavení se provádí potenciometrem R9.

### 8.2.4. Ovládání spínačů

Řídicí logika pracuje s kladnou úrovní napětí pro log. 0 0 až 0,8 V a pro log. 1 2,4 V až 5 V. Aby tranzistory E1 až E4 (MOS-FET) spolehlivě pracovaly jako spínače, potřebují budící napětí v rozmezí 0 V až - 4,5 V, což vylučuje přímé spojení hradel řídicí logiky s bázemi spínačích tranzistorů.

Převaděče úrovní napětí pro jednotlivé spínače jsou tvořeny tranzistory E20 až E23. Emitory

komparatora včlenen trigger, образованный транзисторами E14 и E15.

На выходе триггера получается сигнал, уровни напряжения которого для лог. 0 и лог. 1 соответствуют уровням логических микросхем TTL.

### 8.2.3. Эталонные источники и ключи

Во втором такте измерения в схему сложения интегрирующего усилителя подается ток из эталонного источника E7 или E8 через ключи E3 или E4 в зависимости от полярности измеряемого напряжения.

Эталонные источники E7 - E8 - это стабилизаторы с температурной компенсацией, обеспечивающие выходное напряжение 7,8 - 8,4 В. Ток, протекающий через стабилитрон E7, определяется сопротивлением R2 и ток, протекающий через стабилитрон E8, определяется сопротивлением R8.

Сопротивления R3, R4, R6 и R7 определяют эталонный ток для положительной полярности измеряемого напряжения. Точная установка осуществляется потенциометром R3.

Сопротивления R9, R10, R12 и R13 определяют эталонный ток для отрицательной полярности измеряемого напряжения. Точная установка осуществляется потенциометром R9.

### 8.2.4. Управление ключами

Управляющая логика работает при положительном уровне напряжения для лог. 0 0 ÷ 0,8 В и для лог. 1 2,4 ÷ 5 В. Для того, чтобы транзисторы E1 - E4 (MOSFET) надежно работали в качестве ключей, они возбуждаются напряжением в пределах 0 В ÷ - 4,5 В, что исключает возможность прямого соединения вентилей управляющей логики с базами включаемых транзисторов.

Преобразователи уровней напряжения для отдельных ключей выполнены на транзисторах

vided with a Schmitt flip-flop by transistors E14, E15.

The voltage levels for log. 0 and log. 1, corresponding to the levels necessary for controlling TTL logic circuits, have to be adjusted at the output of this flip-flop.

### 8.2.3. Standard supplies and switches

During the second cycle of a measurement, the junction point of the integrating amplifier obtains a current from the standard supply E7 or E8 via switch E3 or E4, depending on the polarity of the measured voltage.

The standard supplies E7 and E8 are temperature-compensated Zener diodes of 7.8 to 8.4 V output voltage. The current flowing through diode E7 is determined by resistor R2 and that flowing through E8 by the resistor R8.

The resistors R3, R4, R6 and R7 determine the standard current for the positive polarity of the measured voltage. Fine adjustment is enabled with the potentiometer R3.

The resistors R9, R10, R12 and R13 determine the standard current for the negative polarity of the measured voltage. Fine adjustment is enabled with the potentiometer R9.

### 8.2.4. Control of the switches

The control logic of the BM 545 instrument operates at positive voltage level - log. 0 is 0 to 0.8 V, log. 1 is 2.4 to 5 V.

In order to ensure reliable operation of the switching transistors E1 to E4 (which are MOSFETs) they must obtain a driving voltage within the range 0 V to - 4.5 V; consequently, direct connection of their bases to the gates of the control logic is not feasible.

The voltage level converters for the individual switches are formed by transistors E20 to E23.

tranzistorů E20 až E23 jsou přímo zapojeny na výstupy řídicí logiky. Předpětí tranzistorů E20 až E23 dané odporem R32 a diodami E17, E18 a E19 zajišťuje, že změna úrovně napětí převaděče nastane, je-li výstupní napětí z řídicí logiky menší nebo větší než 2,4 V. Je-li na výstupu řídicí logiky úroveň log. 0 (0,8 V), je emitor tranzistoru E20 (nebo E21, E22, E23) spojen přes výstup hradla na zem. Tranzistor je otevřen. Budicí napětí spínače E2, které je dáno odporovým děličem R37, R35, snížené o saturační napětí tranzistoru a o úroveň log. 0 (0,8 V), je asi - 4,8 V. Tímto napětím je spínač uzavřen.

Je-li na výstupu řídicí logiky úroveň log. 1 (> 2,4 V), je tranzistor E20 (nebo E21, E22, E23) uzavřen a budicí napětí spínače je dáno součtem napětí na kolektoru E20 (nebo E21, E22, E23) a napětím zdroje - 15 V (v našem případě je toto napětí - 1,5 V) a tímto napětím je spínač otevřen.

#### 8.2.5. Logické obvody

Funkci logických obvodů lze popsat souhrnně vzhledem k její těsné logické souvislosti. Taktovací generátor hodinových impulsů je tvořen třemi hradly E25 1.2.4. Předpokládejme, že na vstupech 1, 2 hradla E25.1 je log. 0, na výstupu 11 hradla E25.4 log. 1. Kondenzátor C75 se nabíjí přes odpor R53. Dosáhne-li napětí na kondenzátoru úrovně log. 1, nastane překlopení hradel a změna úrovně na vstupech a výstupech jednotlivých hradel. Kondenzátor C75 se začne vybíjet přes paralelní kombinaci odporů R52 a R53 a diodu E42 do úrovně log. 0, čímž opět nastane změna napětí úrovně

E20 - E23. Эмиттеры транзисторов E20 - E23 непосредственно подключены к выходам управляющей логики. Напряжение смещения транзисторов E20 - E23, определенное сопротивлением R32 и диодами E17, E18 и E19, обеспечивает изменение уровня напряжения преобразователя в том случае, если выходное напряжение, снимаемое с управляющей логики, меньше или больше напряжения 2,4 В. Если на выходе управляющей логики уровень лог. «0» (0,8 В), то эмиттер транзистора E20 (или E21, E22, E23) соединен через выход вентиля на землю. Транзистор открыт и напряжение возбуждения E2 определяется делителем сопротивления R37, R35, уменьшенное на напряжение насыщения транзистора и на уровень лог. 0 (0,8 В) до прибл. - 4,8 В. Этим напряжением ключ заперт.

Если на выходе управляющей логики уровень лог. 1 (более 2,4 В), то транзистор E20 (или E21, E22, E23) заперт и напряжение возбуждения ключа определяется суммой напряжения на коллекторе E20 (или E21, E22, E23) и напряжением источника - 15 В в нашем случае это напряжение составляет - 1,5 В и этим напряжением ключ открыт.

#### 8.2.5. Логические схемы

Функцию логических схем можно описать вместе, ввиду их узкой логической связи друг с другом. Тактовый генератор управляющих импульсов образован тремя вентилями E25 1.2.4. Предположим, что на входах 1, 2 вентиля E25.1 имеется лог. 0, на выходе 11 вентиля E25.4 имеется лог. 1. Конденсатор C75 заряжается через сопротивление R53. Как только напряжение на конденсаторе достигает уровня лог. 1, имеет место опрокидывание вентиля и изменение уровней на входах и выходах отдельных вентилях. Конденсатор C75 начинает разряжаться через параллельную комбинацию сопротивлений R52 и R53 и диод E42 до уровня лог. 0, в результате чего опять

The emitters of these transistors are connected directly to the outputs of the control logic. The bias voltage for the transistors E20 to E23, produced by the resistor R32 and the diodes E17, E18, E19, ensures that level conversion takes place when the output voltage of the control logic is either lower or higher than 2.4 V.

When the level of log. 0 (0 V to 0.8 V) is on the output of the control logic, then the emitter of transistor E20 (or of E21, E22, E23) is connected to earth via the gate output. The transistor is open; the driving voltage for the switch E2, given by the voltage of the resistive divider R37, R35, reduced by the saturation voltage of the transistor and by the level of log. 0 (0.8 V) is approximately - 4.8 V; this voltage blocks the switch.

If log. 1 (> 2.4 V) is on the output of the control logic, transistor E20 (or E21, E22, E23) is closed and the driving voltage of the switch is given by the sum of the voltage on the collector of E20 (or of E21, E22, E23) and the voltage of the - 15 V supply, i. e. in this case this voltage is - 1.5 V which opens the switch.

#### 8.2.5. Logic circuits

As the operation of the logic circuits is based on close logic co-operation, it can be described on the whole as follows:

The cycling generator of clock pulses is formed by three gates (E25.1.2.4.). Supposing that log. 0 is on the inputs 1, 2 of the gate E25.1 and log. 1 is on the output 11 of the gate E25.4, then capacitor C75 is charged via resistor R53. When the voltage across this capacitor reaches the level of log. 1, the gates reverse and the levels on the inputs and outputs of the gates alter. The capacitor C75 starts to be discharged through the parallel combination of the resistors R52, R53 and the diode E42, until log. 0 is reached; thus a change of the

na jednotlivých hradlech. Hradlem E25.3 se dosahuje větší ostrost náběžných a týlových hran impulsů. Kmitočet generátoru je asi 10 kHz.

Signál z generátoru je veden do asynchronního čítače, který je tvořen čtyřmi dvojkově desítkovými čítači E26, E28, E30, E32. Jejich výstupy v BCD kódu 8421 jsou napojeny na vyrovnávací paměti E27, E29, E31, E33. Z výstupu 08 čítače E32 je odvozený úplný měřicí takt (viz obr. 2), který pozůstává z integračního taktu  $T_i$ , referenčního taktu  $T_p$ , z prázdného taktu  $T_r$  a z taktu indikace přetížení.

Vydeme ze stavu ukončení jednoho úplného měřicího taktu. Čítač počítá impulsy z taktovacího generátoru od 0 do 6000. Po tuto dobu probíhá integrační takt  $T_i$ . Stav log. úrovně jednotlivých obvodů řídicí logiky je uveden v grafu – obr. 2.

Po uvedené dobu je na výstupu 08 čítače E32 log. 0. To způsobuje prostřednictvím hradel E36.1, 2, 3 a E37.3, 4 a tranzistorů E20 až E23 (viz kapitola 8.2.4.), že je otevřen pouze spínač E2. Proudem, uměrným napětí  $\frac{+U_x}{R1}$ , je nabíjen kondenzátor C1, nebo paralelní kombinace C1, C12 a C13. Log. 0 na asynchronním vstupu 13 bistabilního klopného obvodu E34.2 způsobuje nastavení výstupu 08 na log. 1 a výstup 09 na log. 0. Hodinovými impulsy H (z taktovacího generátoru) je logická nula přenášena i na výstup 05 bistabilního klopného obvodu E39.1. Prostřednictvím hradel E38.3, E38.4 a E43.1 se objeví logická nula na vstupu 03 hradla E41.2, což způsobí, že na výstup 06 je log. 1. Logická 1 je rovněž na výstupu 08 hradla E41.3. (Vstup 09 hradla E41.3 má log. 0, úroveň uchovaná na výstupu E33.2 po předchozím měřicím tak-

имеет место изменение уровней напряжения на отдельных вентилях. Вентиль E25.3 обеспечивает большую крутизну передних и задних фронтов импульсов. Частота генератора составляет порядка 10 кГц.

Сигнал с выхода генератора подается в асинхронный счетчик, собранный на четырех двоично-десятичных счетчиках E26, E28, E30, E32. Выходы счетчиков в виде кода BCD 8421 подключены к буферным накопителям E27, E29, E31, E33. С выхода 08 счетчика E32 создается сигнал измерительного такта (см. рис. 2), который состоит из такта интегрирования  $T_i$ , такта сравнения  $T_p$  и свободного такта  $T_r$ . С выхода 09 снимается сигнал индикации перегрузки.

Начнем описания, исходя из состояния окончания одного полного измерительного такта. Счетчик считает импульсы тактового генератора от 0 до 6000. В течение этого времени происходит такт интегрирования  $T_i$ . Состояние лог. уровней отдельных цепей управляющей логики указано в графике на рис. 2. По истечении этого времени на выходе 08 счетчика E32 имеется лог. 0. В результате этого благодаря вентилям E36, 1, 2, 3 и E37.3, 4 и транзисторам E20 – E23 (см. раздел 8.2.4.) стперт только ключ E2. Током, пропорциональным напряжению  $\frac{+U_x}{R1}$ , заряжается конденсатор

C1 или параллельная комбинация C1, C12 и C13. Лог. 0 на асинхронном входе 13 двоичного триггера E34.2 способствует установке выхода 08 до уровня лог. 1 и выхода 09 до уровня лог. 0. Управляющими импульсами H (ст тактового генератора) лог. ноль передается и на выход 05 триггера E39.1. Посредством вентилей E38.3, E38.4 и E43.1 логический ноль передается на вход 03 вентиля E41.2, в результате чего на выходе 06 имеется лог. 1. Логическая 1 имеется также на выходе 08 вентиля E41.3. (Вход 09 вентиля E41.3 имеет лог. 0, уровень сохраненный на выходе E33.2 после

voltage level on the individual gates takes place again. The gate E25.3 ensures increased steepness of the rising and trailing edges of the produced pulses. The frequency of the cycling generator is approximately 10 kHz.

The signal passes from the generator into the asynchronous counter which is formed by four binary decimal counters (made up from E26, E28, E30, E32), the outputs of which are applied in the BCD 8421 code to the buffer store E27, E29, E31 and E33. The complete measuring cycle is derived from the output 08 of counter E32 (see Fig. 2); it consists of the integration cycle  $T_i$ , the reference cycle  $T_p$ , the idle cycle  $T_r$  and the overload cycle. Starting from the state of the termination of a previous complete measuring cycle, the counter records pulses from 0 up to 6000 arriving from the cycling generator. During this period of time the integration cycle  $T_i$  takes place. The state of the logic levels of the individual circuits of the control logic is given in Table of Fig. 2. During this period of time, the level of output 08 of the counter E32 is log. 0 which, via the gates E36.1.2.3 and E37.3.4 and the transistors E20 to E23 (see item 8.2.4.), causes that only switch E2 is open. A current which is proportional to  $\frac{+U_x}{R1}$  charges capacitor C1, or the

parallel combination C1, C12 and C13. Log. 0 on the asynchronous input 13 of the bistable flip-flop E34.2 causes log. 1 to be on the output 08 and log. 0 on the output 09. By means of the clock pulses H (from the cycling generator), log. 0 is passed also to the output 05 of the bistable flip-flop of E39.1. By means of the gates E38.3, E38.4 and E43.1, log. 0 appears on the input 03 of the gate E41.2, causing log. 1 to be on the output 06. Log. 1 is also on the output 08 of the gate E41.3 (the level of input 09 of the gate E41.3 is log. 0, which is the level on the output of E33.2 from the previous measuring cycle). Log. 1 on the inputs of gate



tu.) Logická 1 на входе вентиля E43.2 způsobuje на выходе 08 логickou 0, což brání přepisu stavu čítače na výstupy vyrovnávací paměti E27, E29, E31 a E33.

Integrace končí naplněním čítače stavem 6000. Týlovou hranou posledního hodinového impulsu H se změni výstup 08 čítače E32 z log. 0 na log. 1. Nástupní hranou impulsu na vstupu 03 je log. 1 ze vstupu 02 přenesena na výstup 05 bistabilního klopného obvodu E34.1, na výstupu 06 je log. 0; tím je zapamatována polarita měřeného napětí. Stav bistabilního klopného obvodu E34.2 zůstává na výstupech zachován. Na všech vstupech hradla E36.2 je log. 1, na výstupu 06 je logická nula a tím je na výstupu E37.4 log. 1 a spínač E4 je otevřen. Rovněž je otevřen spínač E1, ostatní spínače jsou uzavřeny. Probíhá referenční takt. Do součtového obvodu integrátoru teče proud úměrný  $\frac{+U_R}{R}$  a způsobuje vybíjení integračního kondenzátoru C1 nebo C12, C13 až do okamžiku, kdy napětí na výstupu integračního zesilovače dosáhne nulového napětí, to odpovídá době  $T_x$ . Na výstupu komparátoru se změni úroveň z log. 1 na log. 0. Při naměření napětí 1999 V včetně musí  $T_x$  nastat dříve, než čítač napočítá 8000, stav jednotlivých logických obvodů je v grafu - obr. 2. Logická nula se objeví na vstupech hradla E35.3, na výstupu 08 je log. 1, která je rovněž na vstupech 05 hradla E35.2. Stav bistabilního klopného obvodu E34.1 zůstává na výstupu 05 a 06 zachován. Logická 1 je rovněž

предшествующего измерительного такта). Логическая 1 на входах вентиля E43.2 способствует появлению на выходе 08 логического нуля, что препятствует записи информации о состоянии счетчика в буферный накопитель E27, E29, E31 и E33.

Интегрирование завершается заполнением счетчика, достигающим состояния 6000. Задним фронтом последнего управляющего импульса H изменяется выходной сигнал 08 счетчика E32, переходя из лог. 0 в лог. 1. Передним фронтом импульса на входе 03 передается лог. 1 на входе 02 к выходу 05 триггера E34.1, на выходе 06 имеется лог. 0. В результате этого запоминается полярность измеряемого напряжения. Состояние триггера с двумя устойчивыми состояниями E34.2 сохраняется на его выходах. На всех входах вентиля E36.2 имеется лог. 1, на выходах 06 имеется логический ноль и в результате этого на выходе E37.4 имеется лог. 1 и ключ E4 отперт. Также отперт ключ E1, остальные ключи заперты. Осуществляется такт сравнения. В схеме сложения интегратора протекает ток, пропорциональный  $\frac{+U_R}{R}$ , что способствует разрядке интегрирующего конденсатора C1 или (C12, C13) до момента, когда напряжение на выходе интегрирующего усилителя достигает нулевого значения, что соответствует времени  $T_x$ . На выходе компаратора изменяется уровень из лог. 1 до лог. 0. При измерении напряжения 1999 включительно момент  $T_x$  должен иметь место ранее момента, когда счетчик считает 8000. Состояние отдельных логических схем приведено в графике на рис. 2. Логический ноль появляется на входах вентиля E35.3, на выходе 08 имеется лог. 1, которая имеется также на входах 05 вентиля E35.2. Состояние триггера с двумя устойчивыми состояниями E34.1 остается на выходе 05 и 06. Логическая 1 имеется также на входах 04 вентиля E35.2, на выходе 06 имеется лог. 0,

E43.2 causes log. 0 to be on the output 08; this prevents transcribing of the state of the counter to the outputs of the buffer store E27, E29, E31 and E33.

Integration terminates by filling the counter to the state 6000. The trailing edge of the last clock pulse H changes output 08 of counter E32 from log. 0 to log. 1. The rising edge at the input 03 transfers log. 1 from the input 02 to the output 05 of the bistable flip-flop E34.1; log. 0 is on the output 06 and thus the polarity of the measured voltage is stored. The state of the bistable flip-flop E34.2 on the outputs remains unchanged. All the inputs of gate E36.2 carry log. 1 and the outputs 06 log. 0; thus log. 1 is on the output of E37.4 and switch E4 is open. Switch E1 is also open, but all the other switches are closed. The reference cycle takes place. A current proportional to  $\frac{+U_R}{R}$  flows into the junction point of the integrator, causing discharging of the integration capacitor C1 or (C12, C13) up to the instant when the voltage on the output of the integrating amplifier reaches zero, i. e. in the time  $T_x$ . The level on the comparator output changes from log. 1 to log. 0. When the voltage 1999 V has been measured,  $T_x$  must take place before the counter can record 8000. The states of the individual logic circuits are given in Table of Fig. 2, log. 0 appears on the inputs of gate E35.3, log. 1 is on the output 08 and is also on the inputs 05 of the gate of E35.2. The state of the bistable flip-flop E34.1 remains without change at the outputs 05 and 06. Log. 1 is also on the inputs 04 of gate E35.2; log. 0 is on the output 06 and also appears on the input 01 of

na vstupech 04 hradla E35.2, na výstupu 06 je log. 0, která se rovněž objeví na vstupu 01 hradla E35.1, na výstupu 03 nastane změna logické 0 na log. 1. Náběžnou hranou impulsu nastane změna úrovně na výstupech bistabilního klopného obvodu E34.2. Na výstupu 08 je logická nula, která způsobí prostřednictvím hradel E35.2 a E37.4 uzavření spínače E4 a na výstupu 09 E34 se objeví log. 1, která signalizuje provedení asynchronní komparace. Náběžnou hranou následujícího hodinového impulsu H z taktovacího generátoru se přenese log. 1 na výstup 05 bistabilně klopného obvodu E39.1. Na výstupu 08 monostabilního klopného obvodu E38.3 a E38.4 se objeví impuls  $\square$ , jehož šířka je dána časovou konstantou 0,5 . R55 . C15. Na výstupu 06 hradla E43.1 se objeví inverze impulsu  $\square$ , který prostřednictvím hradel E41.2 a E43.2 způsobí přepis obsahu čítače na výstup paměti E27, E29, E31 a E33.

Výstup z paměti čítače je vyveden v přímém BCD kódu 8421. Převod BCD kódu na sedmi-segmentový kód se provádí pomocí obvodů E44, E45, E46. Z výstupu dekodéru jsou přímo řízeny katody segmentovek displeje E49, E50, E51. Segmentovka displeje E52 má pouze stavy 0 a 1. Katody segmentu znázorňující jedničku jsou trvale připojené na zem přes odpor R62. Zbylé katody segmentů na doplnění nuly jsou spínané na zem přes tranzistor E47 přivedením log. 1 na bázi tranzistoru. Desetinné tečky na segmentovkách displeje jsou ovládané z přepínače rozsahu přes hradla E54.1, E54.2 a E54.3 a tranzistory E55, E56 a E57. Stlačením příslušného tlačítka rozsahu např. 100  $\mu$ V nastává změna úrovně z log. 1 na log. 0, na vstupu 01 hradla E54.1, na výstupu hradla 12 se objeví log. 1, která způsobí otevření tranzistoru E55 a tím

ktorýí появляется также на входе 01 вентиля E35.1, на выходе 03 имеет место изменение лог. 0 в лог. 1. Передний фронт импульса вызывает изменение уровня на выходах триггера с двумя устойчивыми состояниями E34.2. На выходе 08 имеется логический ноль, который посредством вентиля E35.2 и E37.4 вызывает запираание ключа E4 и на выходе 09 E34 появляется лог. 1, которая сигнализирует выполнение асинхронной компарации. Передним фронтом последующего управляющего импульса H, снимаемого с тактового генератора, передается лог. 1 на выход 05 триггера E39.1. На выходе 08 триггера с одним устойчивым состоянием E38.3 и E38.4 появляется импульс  $\square$ , длительность которого определяется постоянной времени 0,5 . R55 . C15. На выходе 06 вентиля E43.1 появляется инвертированный импульс  $\square$ , который с помощью вентиля E41.2 и E43.2 обеспечивает запись информации о содержании счетчика в накопителе E27, E29, E31 и E33.

Выход из накопителя счетчика выполнен в прямом коде BCD 8421. Преобразование кода BCD в код 1 из 7 осуществляется с помощью схем E44, E45, E46. С выхода деодирующего устройства осуществляется непосредственное управление катодами семисегментных индикаторов E49, E50, E51. Индикатор дисплея E52 имеет только состояния 0 и 1. Катоды сегмента, определяющие единицу, постоянно подключены к земле через сопротивление R62. Остальные катоды сегментов для дополнения в ноль замыкаются на землю через транзистор E47 путем подачи лог. 1 на базу транзистора. Десятичные знаки индикаторов управляются переключателем пределов через вентили E54.1, E54.2 и E54.3 и транзисторы E55, E56 и E57. Путем нажатия на соответствующую кнопку в пределах 100 мкВ изменяется уровень от лог. 1 до лог. 0 на входе вентиля 01 E54.1, на выходе вентиля 12 появляется лог. 1, которая способствует отпирани-

the gate E35.1. On the output 03 log. 0 changes into log. 1. The rising edge of the pulse causes a level change on the outputs of the bistable flip-flop E34.2. On output 08 is log. 0 which causes closing of the switch E4 by the intermediary of the gates E35.2 and E37.4. On output 09 of E34 appears log. 1 which signals the carrying out of the asynchronous comparison. The rising edge of the next clock pulse H, supplied by the cycling generator, transfers log. 1 to output 05 of the bistable flip-flop E39.1. On output 08 of the monostable flip-flop E38.3 and E38.4 appears a rectangular pulse of the shape  $\square$ , the duration of which is determined by the time constant 0.5 . R55 . C15. On output 06 of the gate E43.1 appears the inverse shape of the rectangular pulse, i. e.  $\square$ , which causes the transcription of the counter contents to the output of the store E27, E29, E31 and E33 via the gates E41.2 and E43.2.

The output of the counter store is brought out in direct BCD 8421 code form. Conversion of this code into the 7-segment code is carried out by means of the circuits E44, E45, E46. The cathodes of the 7-segment display elements E49, E50, E51 are controlled directly by the output of this decoder; the element marked E52 has only two states, i. e. 0 and 1, and its cathodes which indicate „1” are earthed permanently via resistor R62; the other cathodes for completing the indication of „0” are switched to earth via the transistor E47 by applying log. 1 to its base. The decimal points of the display elements are controlled from the range selector switch via the gates E54.1, E54.2 and E54.3 and the transistors E55, E56, E57. When the appropriate push-button of the range selector is depressed, e. g. the one marked 100  $\mu$ V, the level of log. 1 changes to log. 0 on input 01 of the gate E54.1; log. 1 appears on the output 12 of the gate and causes the

připojení katody desetinné tečky segmentovky E49 na zem.

### 8.2.6. Indikace polarity

Na segmentovce displeje E53 je indikována pouze záporná polarita měřeného napětí nebo proudu rozsvícením středního segmentu. Předpokládejme měřené napětí kladné polarity.

Integrační takt končí naplněním čítače stavem 6000. Týlovou hranou posledního impulsu se změní výstup 08 čítače E32 z log. 0 na log. 1. Nástupní hranou impulsu na vstupu 03 je log. 1 na vstupu 02 přenesená na výstup 05 bistabilního klopného obvodu E34.1, na výstupu 06 je log. 0 (viz obr. 2). Stav bistabilního obvodu zůstává zachován až do příštího ukončení integračního taktu. Log. 0 z výstupu 06 E34.1 je přivedena na vstup 03 vyrovnávací paměti E33. Impulsem při přepisu obsahu čítače na výstup paměti se přenesou log. 0 na výstup 15 paměti E33. Transistor E48 je uzavřen a segment displeje E53 se nerozsvítí.

Při měření napětí záporné polarity na vstupu 06 E34.1 je log. 1, která se přenesou i na výstup 15 paměti E33. Transistor E48 se otevře a spojí katodu segmentu na zem, což se projeví rozsvícením segmentu.

### 8.2.7. Indikace přetížení

Uvažujeme případ, že komparace nenastala do napočítání čítače 8000 – stav jednotlivých log. obvodů je na obr. 2. Stavem čítače 8001 a více jsou na výstupech 08 a 09 čítače E32 log. 1. Log. 1 jsou i na vstupech E38.1 01 a 02, na výstupu 03 nastane změna na log. 0. Tato změna vyvolá

нию транзистора E55 и, следовательно, замыканию катода десятичного знака индикатора E49 на землю.

### 8.2.6. Индикация полярности

На индикаторе дисплея E53 показывается только отрицательная полярность измеряемого напряжения или тока путем зажигания центрального сегмента. Предположим наличие измеряемого напряжения положительной полярности. Такт интегрирования завершается заполнением счетчика, достигшего состояния 6000. В результате прохождения заднего фронта последнего импульса изменяется выходной сигнал 08 счетчика E32 от лог. 0 до лог. 1. Передним фронтом импульса на входе 03 передается лог. 1 со входа 02 к выходу 05 триггера с двумя устойчивыми состояниями E34.1. На выходе 06 имеется лог. 0 (см. рисунок 2). Состояние триггера с двумя устойчивыми состояниями сохраняется вплоть до окончания такта интегрирования. Лог. 0 с выхода 06 E34.1 подается на вход 03 буферного накопителя E33. С помощью импульса при записи содержания счетчика в накопитель передается лог. 0 на выход 15 накопителя E33. Транзистор E48 заперт и сегмент дисплея E53 не зажигается.

При измерении напряжения отрицательной полярности на входе 06 E34.1 имеется лог. 1, которая передается и на выход 15 накопителя E33. Транзистор E48 отпирается и замыкает катод сегмента на землю, в результате чего сегмент зажигается.

### 8.2.7. Индикация перегрузки

Предположим случай, что сравнение не осуществилось до момента подсчета 8000 – состояние отдельных логических схем приведено на рис. 2. При появлении состояния счетчика 8001 и более на выходах 08 и 09 счетчика E32 имеет место лог. 1. Лог. 1 имеется и на

transistor E55 to open. Thus, the cathode of the decimal point of the indicating element E49 becomes connected to earth.

### 8.2.6. Polarity indication

Only the negative polarity of the measured voltage or current is indicated by the centre segment of E53 (LQ 400) on the display of the instrument lighting up.

Supposing a positive voltage is being measured and the integration cycle terminates by the counter state of 6000, then the trailing edge of the last pulse changes the state of output 08 of the counter E32 from log. 0 to log. 1. By the rising edge of the pulse on input 03, the level of log. 1 is transferred from input 02 to output 05 of the bistable flip-flop E34.1; log. 0 is on output 06 (see Fig. 2). The state of the bistable circuit remains maintained up to the next termination of the integration cycle. Log. 0 from output 06 of E34.1 is applied to input 03 of the buffer store E33. When the contents of the counter are transcribed to the output of the store, the pulse transfers log. 0 to output 15 of the store E33. Transistor E48 is closed and the segment of the display element E53 remains dark.

When a voltage of negative polarity is measured, then log. 1 is on input 06 of E34.1 and is transferred also to output 15 of the store E33. Transistor E48 opens and connects the cathode of the pertaining segment to earth, thus causing the negative sign to light up.

### 8.2.7. Overloading indication

Provided comparison has not taken place before the counter recorded 8000 (the states of the individual logic circuits are given in Table Fig. 2), the state 8001 or more of the counter causes the level log. 1 to be on the outputs 08 and 09 of the counter E32. The same level is



na výstupu 06 monostabilního klopného obvodu E37.1 a E37.2 impuls, jehož šířka je dána časovou konstantou R56 C14. Na výstupu 06 hradla E38.2 se objeví inverze impulsu, který způsobí přenos obsahu vstupu 06 paměti E33.2, v našem případě log. 1 na výstup 10. (Protože nenastala komparace, nezměnil se průběh na výstupu E34.2. Hodinovými impulsy H z taktovacího generátoru je na výstup E39.1 05 přenesena log. 0. Nula na vstupu 09 E38.4 způsobí na výstupu 06 E43.1, log. 0, která na výstupu 06 E41.2 způsobí log. 1, a ta je přivedena na vstup 09 a 10 E43.2.) Tato log. 1 se dostane i na vstup 09 hradla E41.3. Na vstupech 10 a 11 jsou log. 1. Na výstupu 08 nastane změna z log. 1 na log. 0. Tato log. 0 je přivedena na vstupy 12 a 13 hradla E43.2 a na výstupu 08 nastane změna úrovně z log. 0 na log. 1. Náběžnou hranou impulsu a po čas trvání log. 1 (přetlžení) je proveden přepis obsahu čítače na výstup paměti. Na segmentovkách displeje se objeví blikání všech číslic displeje v rytmu naplňování čítače.

### 8.2.8. Obvody IMS

Budeme uvažovat, že tlačítka S1, S2, S3, S4 nejsou stlačena. Přepojením záznamového zařízení k mikrovoltmetru - picoampérmětru BM 545 na vstupu 01 hradla E65.1 nastala změna úrovně z log. 1 na log. 0. (Povelový signál B1, funkční jednotka je připravena pro spouštění signálem B2). Na výstupu 03 hradla E65.1 je změna z log. 0 na log. 1. Integrovaný člen R119 a C21 zaručuje potlačení rušivých signálů. Následující Schmittův klopný obvod tvořený hrad-

выходах E38.1 01 и 02, на выходе 03 осуществляется изменение сигнала в лог. 0. Это изменение вызывает на выходе 06 триггера с одним устойчивым состоянием E37.1 и E37.2 появление импульса, длительность которого определяется постоянной времени R56, C14. На выходе 06 вентиля E38.2 появляется инвертированный импульс, который обеспечивает передачу содержания входа 06 в накопитель E33.2, в нашем случае речь идет о лог. 1, передаваемой к выходу 10 (ввиду того, что не осуществлено сравнение, не имеет место изменение сигнала на выходе E34.2. С помощью управляющих импульсов H тактового генератора на выходе E39.1 05 передается лог. 0. Ноль на входе 09 E38.4 вызывает появление лог. 0 на выходе 06 E43.1, который способствует появлению лог. 1 на выходе 06 E41.2. Этот сигнал лог. 1 подается на вход 09 и 10 E43.2). Этот сигнал лог. 1 поступает и на вход 09 вентиля E41.3. На входах 10 и 11 имеется лог. 1. На выходе 08 имеет место изменение от лог. 1 до лог. 0. Этот лог. 0 подается на входы 12 и 13 вентиля E43.2 и на выходе 08 имеет место изменение уровня от лог. 0 до лог. 1. С помощью переднего фронта импульса во время существования лог. 1 (перегрузки) осуществляется запись содержания счетчика в накопитель. На индикаторах дисплея появляется мигание всех цифр дисплея с частотой заполнения счетчика.

### 8.2.8. Схемы ИИС

Предположим, что кнопки S1, S2, S3, S4 не нажаты. Путем подключения устройства записи к микровольтметру - picoамперметру BM 545 на входе 01 вентиля E65.1 имело место изменение уровня от лог. 1 до лог. 0 (командный сигнал «B1» - функциональный блок подготовлен для запуска сигналом «B2»). На выходе 03 вентиля E65.1 имеет место изменение сигнала от лог. 0 до лог. 1. Интегрирующее звено R119 и C21 обеспечивает по-

also on the inputs 01 and 02 of E38.1, and the level on output 03 changes to log. 0. This change evokes on output 06 of the monostable flip-flop E37.1 and E37.2 a pulse, the duration of which is determined by the time constant R56, C14. On output 06 of the gate E38.2 appears the inverted pulse which causes the transfer of the contents of input 06 of the store E33.2, in this case log. 1, to output 10. (The comparison has not caused a change on the output of E34.2. The clock pulses H, supplied by the cycling generator, transfer log. 0 to output 05 of E39.1. Zero on input 09 of E38.4 causes log. 0 to be on output 06 of E43.1, which in turn causes log. 1 to be on output 06 of E41.2 which passes also to inputs 09 and 10 of gate E43.2). This log. 1 reaches also input 09 of gate E41.3. The level on inputs 10 and 11 is log. 1. On output 08, the level log. 1 changes to log. 0. Inputs 12 and 13 of gate E43.2 obtain this log. 0 and the level on output 08 changes from log. 0 to log. 1. During the state log. 1 (overload), the rising edge of the pulse carries out the transcription of the counter contents to the output of the store. All the number indicators of the display flicker in the rhythm of the counter operation.

### 8.2.8. IMS circuits

It is supposed that the push-buttons S1 to S4 are not depressed. The connection of a recording equipment to the BM 545 microvoltmeter - picoammeter has caused a change from log. 1 to log. 0 at the input 01 of the gate E65.1. (The command signal B1 has caused the unit to be ready for starting by means of the signal B2). On output 03 of the gate E65.1, log. 0 has changed to log. 1. The integrating element formed by R119 and C21 suppresses interfer-

ly E65.2 a E65.3 regeneruje signály deformované integračním členem. Na výstupech hradla E65.3 nastane změna úrovně z log. 0 na log. 1.

Pomocí hradel E65.4, E67.3 nastane na výstupu 06 hradla E67.2 změna úrovně log. 1 na log. 0. Derivační člen C22 R122 a R124 vytvoří záporné impulsy pro nastavení RS klopného obvodu sestaveného z hradel E68.2 a E71.3. Na výstupu 08 hradla E71.3 je úroveň log. 1. Informace zaregistrování povelového signálu B1 v RS klopném obvodě se přenesou prostřednictvím hradel E68.4 a E70.1 na výstup M2, kde bude log. 1, což signalizuje, že informační signály na výstupu voltmetru nejsou platné. Povelový signál B2 se zpracovává stejným způsobem jako povelový signál B1 (stejně zapojení logických obvodů E64.1 až 4 a E67.4 a E67.1).

Výstup 06 hradla E71.2, které tvoří spolu s hradlem E68.3 RS klopný obvod, bude po zaregistrování povelového signálu B2 log. 0. Zaregistrování B2 se projeví po inverzi hradlem E69.3 ještě na výstupu M1 (log. 1) hlášením, že informační signály na vstupu voltmetru se zpracovávají, nepřipouští-li se změna stavu těchto signálů. Zaregistrování obou signálů B1, B2 se přes hradlo E71.1 a invertor E68.1 přenesou na výstup 03 log. 1.

Po skončení komp. taktu na výstupu hradla E41.1 nastane změna z log. 1 na log. 0. Tato změna způsobí změnu stavu klopného obvodu E39.2. Na výstupu 08 nastane změna úrovně z log. 0 na log. 1. Tato změna způsobí na výstupu 08 monostabilního obvodu (hradlo E69.1 a 2) impuls  $\square$ , který způsobí změnu stavu RS klopného obvodu (hradla E71.2, E68.3 a E71.3,

давление сигналов помех. Последующий триггер, собранный на вентилях E65.2 и E65.3, восстанавливает сигналы, деформированные интегрирующей цепочкой. На выходах вентиля E65.3 имеет место изменение уровня от лог. 0 до лог. 1. С помощью вентилях E65.4, E67.3 на выходе 06 вентиля E67.2 изменяется уровень лог. 1 в уровень лог. 0. Дифференцирующая цепочка C22, R122 и R124 создает отрицательные импульсы для установки триггера типа RS, состоящего из вентилях E68.2 и E71.3. На выходе 08 вентиля E71.3 имеется уровень лог. 1. Информация регистрации командного сигнала B1 в триггере RS передается посредством вентилях E68.4 и E70.1 на выход M2, где имеется лог. 1, в результате чего сигнализируется неправильность информационных сигналов на выходе вольтметра. Командный сигнал B2 обрабатывается так же, как и командный сигнал B1 (одинаковая схема логических микросхем E64.1 - 4 и E67.4 и E67.1).

Выход 06 вентиля E71.2, который вместе с вентилям E68.3 образует триггер RS, будет после регистрации командного сигнала B2 находиться на уровне лог. 0. Регистрация (B2) проявляется после инвертирования (вентиль E69.3) также на выходе M1 (лог. 1) сигнализацией того, что информационные сигналы на входе вольтметра обрабатываются и не допускается изменение состояния этих сигналов. Регистрация обоих сигналов (B1), (B2) через вентиль E71.1 и инвертор E68.1 передается на выход 03 лог. 1.

После окончания такта сравнения на выходе вентиля E41.1 имеет место переход от лог. 1 на лог. 0. Это изменение вызывает изменение триггера E39.2. На выходе 08 имеет место изменение уровня от лог. 0 в лог. 1. Это изменение вызывает на выходе 08 триггера с одним устойчивым состоянием (вентиль E69.1 и 2) появление импульса  $\square$ , который вызывает изменение состояния триггера RS (венти-

ing signals. The Schmitt flip-flop which follows is formed by the gates E65.2 and E65.3; it regenerates the signals distorted by the integrating element. The level on the outputs of the gate E65.3 changes from log. 0 to log. 1. With the aid of the gates E65.4, E67.3, the level on output 06 of the gate E67.2 is changed from log. 1 to log. 0. The differentiating network C22, R122 and R124 produces negative pulses for setting the RS flip-flop which is formed by the gates E68.2 and E71.3. The level on output 08 of the gate E71.3 is log. 1. The information about the registering of the command signal B1 by the RS flip-flop is transferred to the output M2, via the gates E68.4 and E70.1, where the level is now log. 1; this indicates that the information signals on the voltmeter output are not valid.

The command signal B2 is processed in the same manner as the signal B1 (the logic circuits E64.1 to 4 and E67.4, E67.1 are wired in the same manner).

Output 06 of the gate E71.2 which, together with the gate E68.3, forms an RS flip-flop, will carry log. 0 after the registering of the command signal B2. This registering of B2 exhibits itself after inversion (by gate E69.3) on the output M1 (log. 1) by announcing that the information signals on the input of the voltmeter are being processed and that any change in these signals is not permissible. The registering of both signals B1 and B2 is transferred to output 03 as log. 1 via the gate E71.1 and the inverter E68.1.

When the comparison cycle has terminated, the level on the output of gate E41.1 changes from log. 1 to log. 0. This change causes the state of the flip-flop E39.2 to alter. The level on output 08 changes from log. 0 to log. 1, produces on output 08 of the monostable circuit (gate E69.1 and 2) a pulse  $\square$  which alters the state of the RS flip-flop (gates E71.2, E68.3 and E71.3, E68.2). Thus, the signal M1 changes

E68.2). Tím se změní signál M1 z log. 1 na log. 0.

Tento signál dává informaci, že informační signály na výstupu mikrovoltmetru - picoampérometru BM 545 jsou platné, změna signálu je nepřipustná. Toto je zajištěno tím, že změna výstupu RS klopného obvodu se přenese přes hradla E71.1 a E68.1 jako logická nula.

#### Tlačítka S1 a S2

Hradla E63.1 a E63.4 tvoří RS klopný obvod. Stlačením tlačítka S1 nastane změna úrovně z log. 1 na log. 0, na vstupu 01 hradla E63.1, na výstupu 03 bude změna úrovně z log. 0 na log. 1. Tím jsou uvolněna hradla E63.2 a E63.3 a nastane vnitřní propojení vstupů B1 a B2, přičemž lze spouštět přes kterýkoliv vstup. Rovněž na výstupu 11 hradla E63.4 nastane změna úrovně z log. 1 na log. 0, na derivačním členu C17, R101 a R103 vznikne impuls, který způsobí jednorázové spuštění záznamového zařízení. Jednorázového spuštění dosáhneme stlačením tlačítka S2.

#### Tlačítko S3

Stejnou funkci jako signál B0 plní tlačítko S3. Na vstupu 01, 02 hradla E65.1 nastane změna úrovně log. 1 na log. 0, na výstupu 03 bude změna log. 0 na log. 1. Na výstupu 11 hradla E65.4 nastane změna z log. 1 na log. 0. To způsobí vynulování RS klopných obvodů pro registraci signálu B1 a B2.

#### Tlačítko S4

Stlačením tlačítka S4 nastane zablokování signálu B1 a B2. Na vstupu hradla E64.1 a E65.1 nastane změna log. 1 na log. 0. Úplný měřicí takt je přiváděn na vstupy hradel E67.1 a E67.2.

li E71.2, E68.3 a E71.3, E68.2). В результате этого изменяется сигнал M1, переходя из лог. 1 в лог. 0.

Этот сигнал дает информацию о том, что информационные сигналы на выходе микровольтметра - пикоамперметра BM 545 действительны, изменение сигнала не допускается. Последнее обеспечивается путем передачи выходного уровня триггера RS через вентили E71.1 и E68.1 в качестве логического нуля.

#### Кнопки S1 и S2:

Вентили E63.1 и E63.4 образуют триггер RS. При нажатии на кнопку S1 происходит изменение уровня из лог. 1 в лог. 0, на входе 01 вентиля E63.1, на выходе 03 имеет место изменение уровня от лог. 0 до лог. 1. В результате этого освобождаются вентили E63.2 и E63.3 и имеет место внутреннее проключение входов B1 и B2, причем запуск можно осуществлять через любой вход. Также на выходе 11 вентиля E63.4 имеет место изменение уровня из лог. 1 в лог. 0, на дифференцирующей цепочке C17, R101 и R103 возникает импульс, вызывающий однократный запуск устройства записи. Однократный запуск осуществляется нажатием на кнопку S2.

#### Кнопка S3:

Кнопка S3 играет такую же роль, как и сигнал (B0). На входе 01, 02 вентиля E65.1 имеет место изменение логического уровня из лог. 1 в лог. 0, на выходе 03 имеет место изменение лог. 0 в лог. 1. На выходе 11 вентиля E65.4 происходит изменение от лог. 1 в лог. 0. Это вызывает сброс триггеров RS для регистрации сигнала (B1 и B2).

#### Кнопка S4:

При нажатии на кнопку S4 имеет место блокировка сигнала B1 и B2. На входе вентиля E64.1 и E65.1 имеет место изменение лог. 1 в лог. 0. Полный измерительный такт подает на входы вентиля E67.1 и E67.2.

from log. 1 to log. 0. This signal offers information that the information signals on the output of the BM 545 microvoltmeter - picoammeter are valid and that alteration of the signal is not permissible; this is ensured so that the change of the output of the RS flip-flop circuit is transferred as logic zero via the gates E71.1 and E68.1.

#### Push-buttons S1 and S2

The gates E63.1 and E63.4 form an RS flip-flop. By depressing push-button S1, the level on input 01 of the gate E63.1 changes from log. 1 to log. 0; the level on output 03 changes from log. 0 to log. 1. Thus the gates E63.2 and E63.3 are freed and the inputs B1 and B2 are interconnected internally, so that triggering can be accomplished via either input. A change takes place also on the output 11 of the gate E63.4 (from log. 1 to log. 0); on the differentiating element C17, R101 and R103 a pulse is created which in the one-shot mode triggers the recording equipment. One-shot triggering can be evoked also by depressing the push-button marked S2.

#### Push-button S3

This push-button has the same function as the signal B0. The level on the inputs 01, 02 of the gate E65.1 changes from log. 1 to log. 0; on output 03, the change will be from log. 0 to log. 1. The output 11 of the gate E65.4 changes from log. 1 to log. 0 and causes zeroizing (clearing) of the RS flip-flop for the registering signals B1 and B2.

#### Push-button S4

When this push-button is depressed, the signals B1 and B2 are blocked. The level on the inputs of the gates E64.1 and E65.1 changes from log. 1 to log. 0. The complete measuring cycle is applied to the inputs of the gates E67.1 and E67.2.



### 8.2.9. Dekodér

Dává informaci o znaménku údaje, o zařazeném rozsahu a druhu měřené veličiny. Je tvořený hradly E58 až E62. Jednotlivé vstupy hradel jsou ovládány z přepínače rozsahu a funkce. Stlačením tlačítka (rozsahu nebo funkce) nastává změna úrovně na vstupu příslušných hradel z log. 1 na log. 0.

## 9. POKYNY PRO ÚDRŽBU

Mikrovoltmetr - pikoampérmetr neobsahuje náročné mechanické díly, které by vyžadovaly zvláštní údržbu.

Při kontrole přesnosti, nebo při opravách náhodných poruch jednotlivých obvodů provedeme vyčištění vnitřku přístroje od prachu a nečistot.

## 10. POKYNY PRO OPRAVY

Při opravách, kdy je nutno přístroj odkrytovat, je třeba dodržet zásady bezpečnosti práce na obvodech pod nebezpečným napětím. Při výměně polovodičových součástek je nutno postupovat opatrně, aby se vlivem zahřátí tyto nepoškodily. Při hledání závady nikdy neotáčejte nastavovací prvky. Ty se nastavují jen při celkovém nastavení mikrovoltmetru - pikoampérmetru BM 545. Dále jsou uvedeny případy závad, jejich příčiny a způsob oprav.

### 8.2.9. Декодирующее устройство

Оно дает информацию о знаке величины, о включенном пределе и о виде измеряемой величины. Оно образовано вентилями E58 - E62. Отдельные входы вентиляей управляются переключателем пределов и режима работы. При нажатии на кнопку (предела или режима работы) осуществляется изменение уровня на входе соответствующих вентиляей от лог. 1 до лог. 0.

## 9. УКАЗАНИЯ ПО УХОДУ ЗА ПРИБОРОМ

Микровольтметр - пикоамперметр не содержит требовательных механических частей, которые нуждались бы в специальном уходе. При контроле точности или при ремонте случайных неисправностей отдельных схем необходимо очистить внутреннюю часть прибора от пыли и загрязнений.

## 10. УКАЗАНИЯ ПО РЕМОНТУ

При ремонте в случае необходимости снятия крышек прибора следует соблюдать правила техники безопасности при работе с цепями, находящимися под опасным напряжением. При замене полупроводниковых деталей необходимо работать осторожно, чтобы их не вывести из строя в результате нагрева. При отыскании неисправности не следует вращать подстроечными элементами. Они устанавливаются только при общей регулировке микровольтметра - пикоамперметра BM 545. Далее приводятся неисправности, их причины и способ устранения.

### 8.2.9. Decoder

This circuit offers information about the polarity sign, the selected range and the character of the measured variable. The decoder is formed by the gates E58 to E62. The individual gate inputs are controlled with the range and function selectors. When either of these push-buttons (range or function) is depressed, a level change from log. 1 to log. 0 takes place on the input of the appropriate gates.

## 9. INSTRUCTIONS FOR MAINTENANCE

The BM 545 microvoltmeter - picoammeter does not contain any sensitive mechanical parts which would require special maintenance measures.

When the accuracy is being checked, or during the repair of an accidental defect of a circuit, it is advisable to clean dust and other impurities from the interior of the instrument.

## 10. INSTRUCTIONS FOR REPAIRS

During repairs, for the carrying out of which the covers of the BM 545 microvoltmeter - picoammeter have to be removed, the safety regulations concerning instruments operating with electricity must be adhered to. Whenever a semiconductor device is being exchanged, great care must be taken so as to preclude damage through overheating during soldering. When the cause of a failure is being sought, the settings of the internal controls of the instrument must not be altered, as they have been adjusted correctly during production and must be reset only when the BM 545 microvoltmeter - picoammeter is being overhauled. A description of possible defects and advice for their remedy follow for operator convenience.

## 10.1. Analogová část

### 10.1.1. Výstupní napětí v bodě 11 (analogový výstup)

při zkratovaných vstupních svorkách není nulové (na všech rozsazích).

Pravděpodobnost závady je v zesilovačích včetně modulátorů a jejich buzení.

Kontrola.

Zkratujeme vstupní svorky. Rozpojíme spojku S23. Na měřicí bod 10 připojíme osciloskop, na osciloskopu má být tvar napětí podle obr. 6 (stlačeno tlačítko rozsahu 1 mV).

## 10.1. Аналоговая часть

### 10.1.1. Выходное напряжение в точке 11 (аналоговый выход)

при закороченных входных зажимах не равно нулю (на всех пределах).

Возникшая неисправность может быть в усилителях, включая модуляторы и их возбуждение.

Контроль:

закоротить входные зажимы, разомкнуть перемычку S23. К измерительной точке 10 подключить осциллоскоп. На нем должно быть напряжение по рис. 6 (нажата кнопка предела 1 мВ).

## 10.1. Analog section

### 10.1.1. If the analog voltage on point 11 (analog output)

is not zero when the input terminals are short-circuited, and has a certain value regardless to the selected range, then the defect is probably in the amplifiers, including the modulators and their drive.

In order to locate the defect, the following procedure has to be carried out:

With the input terminals short-circuited, the link S23 has to be disconnected and an oscilloscope connected to point 10. The displayed waveform should be as shown in Fig. 6 when the range selector push-button 1 mV is depressed.

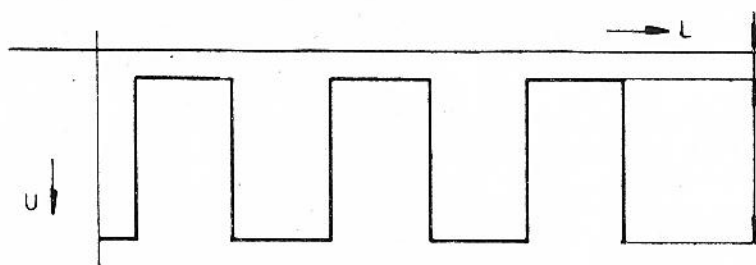


Obr. 6  
Рис. 6  
Fig. 6

Není-li, kontrolujeme obvod zdroje modulačního napětí, měřicí body 4, 6, kde je napětí podle obr. 7

В противном случае проконтролировать схему источника напряжения модуляции, измерительные точки 4, 6, где должно быть напряжение по рис. 7

If this is not the case, the source of the modulating voltage must be checked. The voltage on the test points 4, 6 should be as shown in Fig. 7.



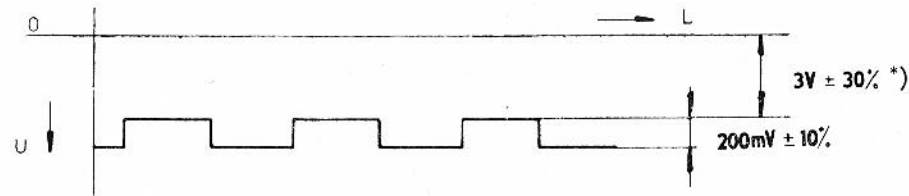
0,3 V ± 50 %	0,3 B ± 50 %	0,3 V ± 50 %
3,5 V ± 1 V	3,5 B ± 1 B	3,5 V ± 1 V
= 175 Hz ± 10 %	= 175 Гц ± 10 %	= 175 Hz ± 10 %

Obr. 7    Рис. 7    Fig. 7

a na měřicím bodě 5 (měřeno osciloskopem se vstupním odporem 1 MΩ) - obr. 8.

и в измерительной точке 5 (измеряется осциллографом с входным сопротивлением 1 МОм) на рис. 8.

The voltage on test point 5, measured with an oscilloscope of 1 MΩ input impedance, should have the shape shown in Fig. 8.



Obr. 8 Рис. 8 Fig. 8

Hodnota značená hvězdičkou se liší podle použitého MOS-FETu E1.

Значение, обозначенное звездочкой, зависит от используемого транзистора MOSFET E1.

\*) This value depends on the MOSFET E1 employed and, therefore, can vary.

Neodpovídají-li průběhy požadovaným, kontrolujeme MOS-FET E1, případně E2 a E9, E10. Jsou-li tyto polovodiče v pořádku, zkontrolujeme:

Если сигналы не соответствуют требуемым, то необходимо прсконтролировать MOSFET E1 или E2 и E9, E10. Если эти полупроводники исправны, то следует проверить:

If the results obtained from these measurements do not tally with the required waveforms, then the MOSFET E1 and/or E2 and E9, E10 must be checked. If these semiconductor devices are in order, then the following tests have to be carried out:

- je-li správné ss předpětí pro modulátor E1 (obr. 8), obvod automatického předpětí tvořený E44, E45;
- je-li správné ss předpětí pro synchronní detektor (obr. 7), tranzistory E40, E41 a odpory R135 - R138;
- není-li napětí obdélníkového průběhu, zkontrolujeme integrované obvody E42, E43.

- наличие правильного напряжения смещения модулятора E1 (рис. 8), схему автоматического смещения напряжения, собранную на E44, E45
- наличие правильного напряжения смещения постоянного тока синхронного детектора (рис. 7), транзисторы E40, E41 и сопротивления R135 - R138
- при отсутствии напряжения прямоугольной формы проконтролировать интегральные микросхемы E42, E43.

- If the DC bias voltage (Fig. 8) for the modulator E1 is incorrect, then the circuit of the automatic bias, formed by E44 and E45, must be checked.
- If the DC bias voltage (Fig. 7) for the synchronous detector is incorrect, then the transistors E40, E41 and the resistors R135 to R138 must be tested.
- If the voltage has not the correct rectangular shape, then the integrated circuits E42 and E43 must be checked.

#### 10.1.2. Kontrola celého zesilovače analogové části

#### 10.1.2. Контроль общего усилителя аналоговой части

#### 10.1.2. When the whole analog section of the instrument

Spojka S23 rozpojená. Přemostíme kondenzátor C18 odporem  $R_a = 220 \text{ k}\Omega/\text{B}$  (zesilovač E11) a kondenzátor C30 odporem  $R_f = 1 \text{ M}\Omega$  (zesilovač E12), stlačíme tlačítko 1 mV. Na

Перемычка S23 разомкнута. Шунтировать конденсатор C18 сопротивлением  $R_a = 220 \text{ k}\Omega/\text{B}$  (усилитель E11) и конденсатор C30 сопротивлением  $R_f = 1 \text{ M}\Omega$  (усилитель

has to be checked for correctness, then the link S23 has to be disconnected and the capacitor C18 shunted by a resistor  $R_a = 220 \text{ k}\Omega/\text{B}$  (amplifier E11) and the capacitor C30 by a re-



vstup připojíme zdroj ss napětí (svorka U<sub>1</sub> „300 U<sub>max</sub>“) s napětím U<sub>1</sub> = +1 mV (-1 mV). Na analogovém výstupu musí být napětí U<sub>2</sub> = 1 V ± 20 %.

10.1.3. Zesilovací větve bez závady (podle bodu 1, 2) při spojené spojce S23 a vstupních svorkách zkratovaných:

a) na analogovém výstupu není nulové napětí. Pro citlivé rozsahy musíme nulu nastavit potenciometrem R29

b) výstupní napětí na analogovém výstupu se periodicky mění.

Pravděpodobná závada:

ad a) závada je v přerušení zpětné vazby (nepřináá tlačítková souprava, přerušená zpětnovazební dělič)

ad b) poškozené nebo nepřipojené kondenzátory C18 - C21, C28 nebo odpor R91 (R92).

## 10.2. Analogově číslicový převodník

Je-li vstupní část v pořádku, zkontrolujeme analogově-číslcový převodník.

Především zkontrolujeme napájecí napětí, na kontaktu 7 operačního zesilovače E9 musí být +15 V a na kontaktu 4 musí být -15 V. Rovněž zkontrolujeme napětí ve vyznačených bodech komparátoru, musí odpovídat údajům napětí, vyznačeným na schémate. Jsou-li napájecí napětí v pořádku, připravíme mikrovoltmetr-pikoampérmetr pro měření napětí na rozsahu

E12). Нажать на кнопку 1 мВ. На вход подключить источник постоянного напряжения (зажим U<sub>1</sub> «300 U макс.») с напряжением U<sub>1</sub> = +1 мВ (-1 мВ). На аналоговом выходе должно быть напряжение U<sub>2</sub> = 1 В ± 20 %.

10.1.3. Усилительный тракт исправен (по пункту 1, 2)

при соединенной перемычке S23 и закороченных входных зажимах:

a) на аналоговом выходе нет нулевого напряжения. На самых чувствительных пределах необходимо установить ноль потенциометром R29

б) выходное напряжение на аналоговом выходе периодически изменяется.

Вероятная причина:

к пункту а) неисправность заключается в обрыве цепи обратной связи (не включает кнопку, обрыв делителя обратной связи)

к пункту б): поврежденные или неподключенные конденсаторы C18 - C21, C28 или сопротивление R91 (R92).

## 10.2. Аналого-цифровой преобразователь

Если входная часть исправна, то проконтролировать аналого-цифровой преобразователь.

Прежде всего, проконтролировать напряжение питания, на контакте 7 операционного усилителя E9 должно быть +15 В и на контакте 4 должно быть -15 В. Также проконтролировать напряжение на указанных точках компаратора, которое должно соответствовать данным, приведенным на схеме. Если напряжения питания правильны, то перевести микровольтметр-пикоамперметр в режим изме-

sistor R<sub>f</sub> = 1 MΩ (amplifier E12). The push-button 1 mV must be depressed. A DC voltage supply has to be connected to the terminals (U<sub>1</sub>, 300 V max.) and the input set to U<sub>1</sub> = +1 mV (-1 mV). The analog output must carry a voltage U<sub>2</sub> = 1 V ± 20 %.

10.1.3. The above tests have proved that the amplifier chain

is in order, however when the link S23 is applied and the input terminals are short-circuited, the following faults are noticeable:

a) The voltage on the analog output is not zero. The potentiometer R29 must be adjusted in order to set zero voltage with the most sensitive ranges selected.

b) The voltage on the analog output changes periodically.

In the case a), the defect is caused probably by interruption of the feedback (the push-button set does not make contact, or the feedback divider is defective).

In the case b), one of the capacitors C18 to C21, C28, or the resistor R91 (R92) is either defective or disconnected.

## 10.2. Analog-to-digital converter

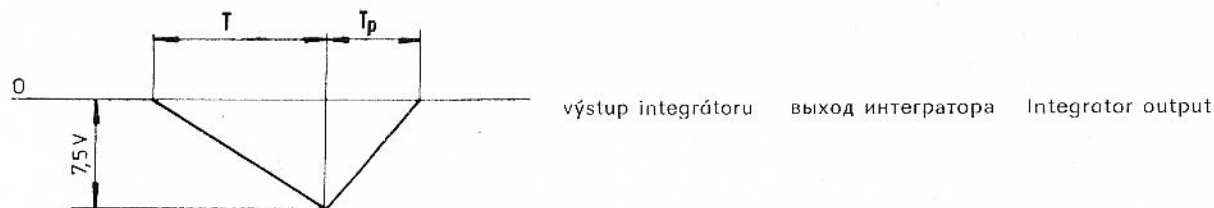
If the input section of the instrument has been found to be in order, then the A/D converter will have to be checked.

First of all, the powering voltage must be checked for correctness; contact 7 of the operational amplifier E9 must carry +15 V and -15 V must be on the contact 4. It is essential to check the voltages on the points marked on the wiring diagram. If they are in order, the BM 545 instrument has to be prepared for a voltage measurement within the 1 V range. A DC supply of 1.5 V has to be connected to

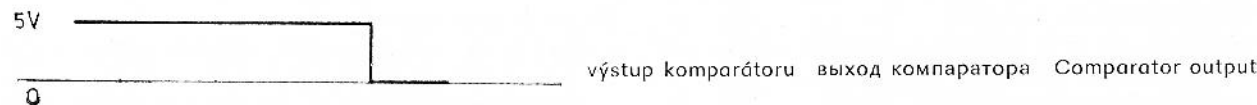
1 V. Na měřicí svorky připojíme stejnosměrný zdroj o napětí 1,5 V. Na měřicí bod 3 a zem se připojí pomaloběžný osciloskop s napětovou citlivostí 1 V/cm a s časovou základnou 0,5 až 5 Hz. Je-li osciloskop vícecestový, připojíme druhou stopu na kolektor tranzistoru E15 (výstup komparátoru). Na stínítku obrazovky se musí objevit signál podle obr. 9.

рения напряжения на пределе 1 В. К измерительным зажимам подключить источник постоянного тока напряжением 1,5 В. К измерительным точкам 3 и земле подключить осциллоскоп медленных явлений с чувствительностью 1 В/см и с частотой развертки 0,5 - 5 Гц. Если осциллоскоп многоканальный, то второй канал подключить к коллектору транзистора E15 (выход компаратора). На экране трубки должен иметь место сигнал по рис. 9.

the measuring terminals and an oscilloscope of 1 V/cm sensitivity and with a time base range of 0.5 to 5 Hz applied between the test point 3 and earth. If this oscilloscope is of double-beam design, then the second beam has to be connected to transistor E15 (comparator output). The signals displayed on the CRT screen should have the shape shown in Fig. 9.



Obr. 9  
Рис. 9  
Fig. 9



Odpovídá-li signál na stínítku obr. 9, je závada v řídicí logice. Podle statě 8 „Logické obvody“ zkontrolujeme funkci jednotlivých logických obvodů. Převážně se zaměříme na logické obvody E34, E39, E38.3, E38.4, E43.1, E41.2 a E43.2.

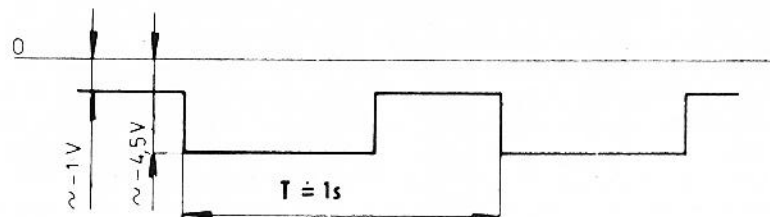
Если сигнал на экране соответствует рис. 9, то неисправна управляющая логика. По пункту 8 «Логические схемы» проконтролировать работу отдельных логических схем. Необходимо сосредоточить внимание на логические схемы E34, E39, E38.3, E38.4, E43.1, E41.2 и E43.2.

If the shapes of the signals on the CRT screen tally with those in Fig. 9, then the defect is in the control logic, the functions of the individual circuits of which must be checked according to the description given in Section 8. - „Logic circuits“. Special attention must be paid to the integrated circuits E34, E39, E38.3, E38.4, E43.1, E41.2 and 43.2.

Neodpovídá-li průběh na stínítku osciloskopu obr. 9, zkontrolujeme tranzistor E1 a E2. Na bá-

Если форма сигнала на экране осциллоскопа (рис. 9) не соответствует требуемой, то про-

If the images displayed on the CRT screen do not tally with those in Fig. 9, then the transistors E1 and E2 will have to be tested. The voltage



Obr. 10  
Рис. 10  
Fig. 10

zi tranzistoru E1 musí mít napětí průběh odpovídající obr. 10.

Na bázi tranzistoru E2 musí být inverze průběhu z obr. 10. Je-li buzení v pořádku, proměříme oba tranzistory, vadné tranzistory vyměníme.

Neodpovídá-li průběh signálu buzení tranzistorů E1 a E2, zkontrolujeme průběh signálu úplného měřicího taktu, na emitoru tranzistoru E23 musí být průběh podle obr. 11.

верить транзисторы E1 и E2. На базе транзистора должно быть напряжение по рис. 10.

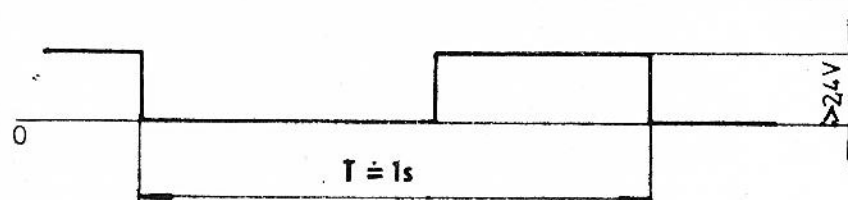
На базе транзистора E2 может быть инвертированный сигнал, показанный на рис. 10. Если возбуждение правильно, то измерить оба транзистора и негодный транзистор заменить.

Если сигнал возбуждения транзисторов E1, E2 не соответствует требуемому, то проконтролировать форму сигнала полного измерительного такта, на эмиттере транзистора E23 должен быть сигнал по рис. 11.

on the base of E1 must have the same shape as shown in Fig. 10.

The voltage on the base of E2 must be the inversion of that on E1 (Fig. 10). If the drive is in order, then both these transistors will have to be tested and, if found to be defective, exchanged.

If the signal for driving the transistors E1 and E2 does not meet the requirements, the shape of the whole signal of the measuring cycle must be checked; the voltage on the emitter of transistor E23 must be the same shape as shown in Fig. 11.

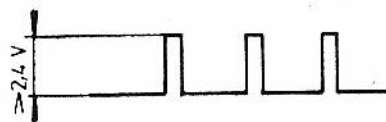


Obr. 11 Рис. 11 Fig. 11

Na emitoru E20 musí být inverze průběhu signálu z obr. 11. Neodpovídá-li, zkontrolujeme průběh a kmitočet signálu z taktovacího generátoru. Na kontaktu 08 E25 musí být průběh podle obr. 12. Kmitočet 10 kHz (2 kHz pro rozsahy 1 mV, 100  $\mu V$ ).

На эмиттере E20 должен быть инвертированный сигнал, показанный на рис. 11. В противном случае проконтролировать форму и частоту сигнала на выходе тактового генератора. На контакте 08 E25 должен быть сигнал по рис. 12. Частота 10 кГц (2 кГц для пределов 1 мВ, 100 мкВ).

On the emitter of E20 must be the inversion of the signal shown in Fig. 11. If this is not the case, the shape and frequency of the signal supplied by the cycling generator will have to be checked. On the contact 08 of E25, the signal must have the same shape as given in Fig. 12. The frequency must be 10 kHz (2 kHz for the ranges 1 mV, 100  $\mu V$ ).



Obr. 12 Рис. 12 Fig. 12

Je-li kmitočet i průběh signálu z taktovacího generátoru správný a přesto průběh úplného měřicího taktu neodpovídá průběhu vyznačenému na obr. 12, zkontrolujeme podle pravdivostní tabulky logického integrovaného obvodu vý-

Если частота и форма сигнала тактового генератора исправны и форма сигнала измерительного такта не соответствует сигналу на рис. 12, то необходимо проконтролировать в соответствии с таблицей логических состоя-

If the shape and frequency of the signal produced by the cycling generator are in order, but nevertheless the shape of the whole measuring cycle differs from that given in Fig. 12, then, based on the Truth Table of the logic in-



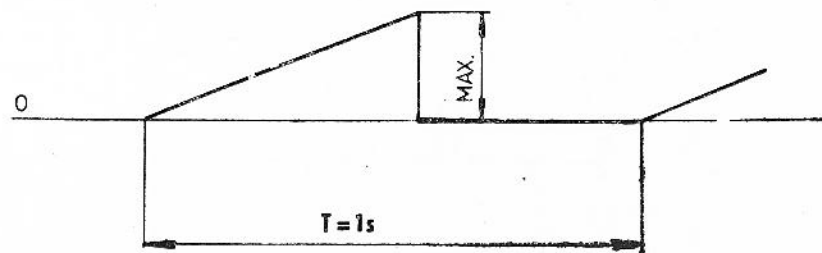
stupy desítkových čítačů E26, E28, E30 a E32. Vadný čítač vyměníme. I přesto, že průběhy signálu buzení spínačů E1 a E2 jsou v pořádku, ale průběh na osciloskopu v měřicím bodě 3 neodpovídá průběhu vyznačenému na obr. 9 nebo je nulový, zkontrolujeme operační zesilovač E9, rovněž zkontrolujeme integrační kondenzátor C1, zda není odpojen nebo přerušen. Vadné součástky vyměníme. Byl-li vyměňován operační zesilovač, musíme nastavit nulu integrátoru následujícím způsobem. Odpojíme přívod č. 11 od vstupní analogové části. Mezi měřicím bod č. 3 a zem připojíme pomaloběžný osciloskop s citlivostí 1 mV/cm. Stlačíme tlačítko 1 mV. Pootočíme střídavě potenciometrem R19 a R17. Signál na obrazovce osciloskopu se musí blížit průběhu vyznačenému na obr. 13.

Po několika nastaveních obou potenciometrů musí signál na stínítku obrazovky odpovídat obr. 13.

ний интегральной микросхемы выходы десятичных счетчиков E26, E28, E30 и E32. Негодный счетчик заменить. И в том случае, когда форма сигнала возбуждения ключей E1 и E2 является правильной, но форма сигнала на осциллоscope в измерительной точке 3 не соответствует сигналу, приведенному на рис. 9, или является нулевым, то проконтролировать операционный усилитель E9, а также проконтролировать интегрирующий конденсатор C1, убедиться в том, что он не оборван или отключен. Негодные детали заменить. После замены операционного усилителя E9 необходимо установить ноль интегратора следующим образом. Отключить вывод № 11 от входной аналоговой части. К измерительной точке № 3 и земле подключить осциллоscope медленных явлений с чувствительностью 1 мВ/см. Нажать на кнопку 1 мВ. Поворачивать постепенно потенциометры R19 и R17. Сигнал на экране осциллоscope должен приближаться по форме к сигналу, приведенному на рис. 13.

После нескольких повторных установок обоих потенциометров сигнал на экране трубки должен соответствовать рис. 13.

tegrated circuit, the outputs of the decadic counters E26, E28, E30 and E32 must be checked. The defective counter must be exchanged. If the shapes of the driving voltages of the switches E1 and E2 are in order, and in spite of this the shape of the signal on test point 3 displayed on the CRT screen does not tally with the shape given in Fig. 9, or it is missing altogether, then the operational amplifier E9 must be tested; also the integration capacitor C1 must be tested as to whether it has broken down, or become disconnected. If it has been necessary to exchange the operational amplifier E9, the zero of the integrator will have to be readjusted in the following manner: The connection 11 has to be removed from the analog section. The oscilloscope has to be connected between point 3 and earth and its sensitivity set to 1 mV/cm. The push-button 1 mV must be depressed. The potentiometers R19 and R17 have to be turned alternately. The signal displayed on the CRT screen must have a shape close to the one shown in Fig. 13. The signal displayed on the CRT screen must be adjustable by means of the mentioned two potentiometers to take up the shape shown in Fig. 13.



Obr. 13  
Рис. 13  
Fig. 13

Je-li trvale v měřicím bodě č. 3 napětí větší než 10 V = (může být jak kladné tak záporné), může být vadný operační zesilovač E9. Při vý-

Если в измерительной точке № 3 напряжение все время более 10 В пост. (оно может быть положительным и отрицательным), то вероятно неисправен операционный усилитель E9.

If the voltage on test point 3 is constantly higher than 10 V (it can be positive or negative), then the operational amplifier E9 may be the cause. If it has had to be exchanged, the zero

měně operačního zesilovače se musí nastavit nula integrátoru podle předchozího odstavce. Je-li operační zesilovač v pořádku, překontrolujeme podle předchozí kapitoly tranzistory E1 a E2. Jsou-li v pořádku, překontrolujeme tranzistory E3 a E4, nejsou-li přerušené, nebo zda nemají zkrat emitor - kolektor. Rovněž zkontrolujeme buzení na bázích obou tranzistorů. Rozpojíme spojku S1 a na spoj směrem k řídicí logice přivedeme úroveň log. 1 ( $> 2,4$  V).

Odpovídá-li průběh signálů úplnému měřicímu taktu (obr. 11), musí se na emitoru E22 objevovat změna úrovně z log. 0 na log. 1 a na bázi tranzistoru E4 musí nastat změna napětí z  $-4,5$  V na  $-1,5$  V. Na spoji směrem k řídicí logice změníme úroveň z log. 1 na log. 0 ( $< 0,8$  V). Na emitoru E21 se musí objevovat změna úrovně z log. 0 na log. 1 a na bázi tranzistoru E3 musí nastat změna napětí z  $-4,5$  V na  $-1,5$  V. Rovněž překontrolujeme napětí referenčních zdrojů. Na svorkách referenčního zdroje E7 musí být napětí v rozmezí  $7,5$  až  $8,4$  V a na svorkách referenčního zdroje E8 musí být napětí o rozmezí  $-7,5$  V až  $-8,4$  V.

Jsou-li součástky integrátoru v pořádku, zkontrolujeme napětí v kontrolních bodech komparátoru (podle schématu) a spoj mezi komparátorem a řídicí logikou.

Odpovídá-li průběh signálu v kontrolním bodě č. 3 průběhu na obr. 9 a přesto voltmetr a pikoampérmetr vykazuje nesprávnou funkci, je chyba v řídicí logice. Zaměříme se na prověření funkce logických obvodů podle bodu 8.2.5. Především se zaměříme na obvody E38, E39, E40, E41, E43. Jsou-li obvody řídicí logiky

При замене операционного усилителя необходимо установить 0 интегратора по сказанному выше. Если операционный усилитель исправен, то по предшествующему пункту проконтролировать транзисторы E1 и E2. Если они исправны, то проконтролировать транзисторы E3 и E4, если они не имеют обрыва или короткого замыкания в цепи эмиттер-коллектор. Также проконтролировать возбуждение в цепях баз обоих транзисторов. Разомкнуть перемычку S1 и на соединение, идущее к управляющей логике, подать уровень лог. 1 (более  $2,4$  В). Если форма сигнала соответствует сигналу полного измерительного такта (рис. 11), то на эмиттере E22 должно появиться изменение уровня от лог. 0 до лог. 1 и на базе транзистора E4 должно иметь место изменение напряжения от  $-4,5$  В до  $-1,5$  В. На соединении, идущем к управляющей логике, изменить уровень лог. 1 на лог. 0 (менее  $0,8$  В). При этом на эмиттере E21 должно быть изменение уровня от лог. 0 до лог. 1 и на базе транзистора E3 должно измениться напряжение от  $-4,5$  В до  $-1,5$  В. Также проконтролировать напряжение опорных источников. На зажимах опорного источника E7 должно быть напряжение в пределах  $7,5 - 8,4$  В и на зажимах опорного источника E8 должно быть напряжение в пределах  $-7,5$  В ÷  $-8,4$  В.

Если детали интегратора исправны, то проконтролировать напряжение в контрольных точках компаратора по схеме и наличие сигнала на соединении между компаратором и управляющей логикой.

Если форма сигнала в контрольной точке № 3 соответствует сигналу на рис. 9 и вольтметр - пикоамперметр все же не работает правильно, то неисправна управляющая логика. Необходимо проверить работу логических схем по п. 8.2.5. При этом необходимо обратить внимание на микросхемы E38, E39, E40, E41, E43. Если цепи управляющей логики

of the integrator must be readjusted (see the description above). If the operational amplifier is in order, then the transistors E1 and E2 must be tested (as described above). If they are in order, then the transistors E3 and E4 must be tested as to whether they are interrupted or are short-circuited between emitter and collector; also the drive on their bases must be checked. The link S1 must be interrupted and log. 1 ( $> 2.4$  V) applied to the conductor leading to the control logic. If the shapes of the signals tally with that of the complete measuring cycle (Fig. 11), then on the emitter of E22 must appear the change of log. 0 into log. 1 and on the base of transistor E4 must take place a voltage change from  $-4.5$  V to  $-1.5$  V. On the conductor leading to the control logic, the level has to change from log. 1 to log. 0 ( $< 0.8$  V); on the emitter of E21 the level must change from log. 0 to log. 1 and on the base of transistor E3 the voltage must change from  $-4.5$  V to  $-1.5$  V. Also it is necessary to check the voltage of the reference supplies. The voltage across the terminals of the reference supply E7 must be within the range  $7.5$  to  $8.4$  V and that on the terminals of the reference supply E8 must be within the range  $-7.5$  to  $-8.4$  V.

If the components of the integrator are in order, the voltages on the test points of the comparator must be checked according to the wiring diagram, and the connecting link between the comparator and the control logic inspected.

If the signal on test point 3 tallies with the shape in Fig. 9, but the operation of the BM 545 microvoltmeter - picoammeter is still incorrect, then the defect must be in its control logic and it will be necessary to concentrate on testing the operation of the logic circuits according to item 8.2.5., where details of their operation are given. First of all, the function-

v pořádku, ověříme funkci logických obvodů jednotky IMS podle kapitoly 8.2.8.

### 10.3. Nastavení přístroje

#### 10.3.1. Kontrola nastavení zdrojů

##### 10.3.1.1. Zdroj $\pm 15$ V

Na desce 1AF 017 59 odpojíme spojky S20, S21, S22 a spoj z bodu č. 11 na desku 1AF 017 58. Síťový volič nastavíme na 220 V. Vyjmeme vložku P2 z pojistného držáku. Při napětí sítě 220 V  $\pm 2$  % v bodech 1 a  $\perp$  změříme napětí voltmetrem, např. DU 20  $\pm 15$  V  $\pm 3$  %. Je-li hodnota napětí menší než udávaná, zmenšíme hodnotu odporu R113. Po nastavení kladného zdroje změříme napětí, mezi body 2 a  $\perp$  musí být  $-15$  V  $\pm 3$  %.

Změníme síťové napětí 220 V o  $\pm 10$  %, změříme výstupní napětí obou zdrojů číslicovým voltmetrem MT 100. Při okrajových tolerancích síťového napětí může se měnit napětí číslicového voltmetru MT 100 max. o 10 mV.

Po ověření zdrojů  $\pm 15$  V připojíme spojky S21, S22.

##### 10.3.1.2. Zdroj 5 V

Nastavení přepětové ochrany  
Vložku P2 z pojistkového držáku necháme vyjmutou. Kontakty pojistkového držáku vložky P2 zapojíme podle obr. 14. Na odpor R130 přivedeme napětí asi +4 V z proměnného zdroje.

исправны, то проверить работу логических схем блока ИИС по разделу 8.2.8.

### 10.3. Установка прибора

#### 10.3.1. Контроль установки источников

##### 10.3.1.1. Источник $\pm 15$ В

На плате 1AF 017 59 отключить перемычки S20, 21, 22 и перемычку 11 на плате 1AF 017 58. Сетевой переключатель перевести в положение 220 В. Вынуть вставку P2 из предохранителя. При напряжении сети 220 В  $\pm 2$  % в точках 1 и  $\perp$  измерить напряжение вольтметром, например, DU 20  $\pm 15$  В  $\pm 3$  %. Если величина напряжения меньше сказанного, то уменьшить сопротивление R113. После установки источника положительного напряжения измерить напряжение между точками 2 и земли. Оно должно быть  $-15$  В  $\pm 3$  %. Изменить напряжение сети 220 В на  $\pm 10$  %, измерить выходное напряжение обоих источников цифровым вольтметром MT 100. При предельных значениях напряжения сети напряжение, измеряемое цифровым вольтметром, должно отличаться от номинального на макс. 10 мВ.

После проверки источников  $\pm 15$  В установить перемычки S21, S22.

##### 10.3.1.2. Источник 5 В

Установка защиты от перенапряжения:  
Вставку предохранитель P2 еще не вставлять. Контакты держателя предохранителя P2 включить по рис. 14.  
На сопротивление R130 подать напряжение прил. +4 В от источника регулируемого на-

ing of the circuits of E38, E39, E40, E41 and E43 must be checked. If the circuits of the control logic operate correctly, then the logic circuits of the IMS unit (item 8.2.8.) will have to be checked.

### 10.3. Adjustment of the instrument

#### 10.3.1. Checking the adjustment of the supplies

##### 10.3.1.1. Supply of $\pm 15$ V powering voltage

The links S20, 21, 22 and the connection 11 must be disconnected from the printed circuit boards 1AF 017 59 and 1AF 017 58 respectively. The mains voltage selector has to be set to 220 V and the fuse cartridge P2 removed from its holder. Provided the mains voltage is 220 V  $\pm 2$  %, the voltage between the points 1 and  $\perp$ , ascertained with a DC voltmeter (e. g. DU 20), must be  $\pm 15$  V  $\pm 3$  %. If the voltage is lower than this value, then the resistance of R113 will have to be reduced. After adjusting the voltage of the positive supply, the voltage between the points 2 and  $\perp$  must be  $-15$  V  $\pm 3$  %.

After altering the mains voltage of 220 V by  $\pm 10$  %, the output voltages of the two supplies have to be measured anew by applying a digital voltmeter (MT 100). At the limit tolerances of the mains voltage, the instrument readout of the digital voltmeter may alter by maximum 10 mV.

After testing the two voltage supplies, the links S21, S22 have to be replaced.

##### 10.3.1.2. Supply of 5 V powering voltage

The overvoltage protection has to be adjusted as follows: With the fuse cartridge P2 still removed, the contacts of its holder have to be connected as shown in Fig. 14.

A controllable supply of approximately 4 V has to be connected to the resistor R130 and its

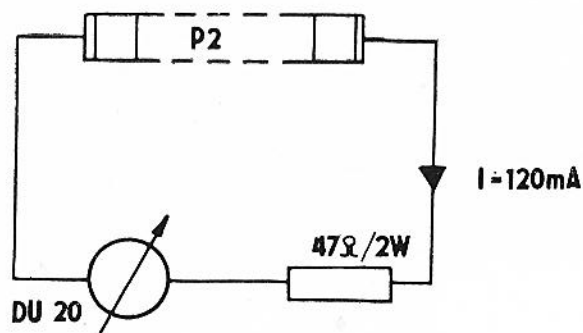


Postupně zvyšujeme uvedené napětí a zároveň pozorujeme výchylku ručky ampérmetru.

постепенно повышать указанное напряжение и одновременно наблюдать за отклонением стрелки амперметра.

voltage increased slowly, simultaneously following the readout of the ammeter (DU 20).

P2 - držák pojistky  
P2 - держатель предохранителя  
P2 - Fuse holder



Obr. 14  
Рис. 14  
Fig. 14

Nastane-li zvýšení proudu, nastalo sepnutí tyristoru E35 a na voltmetru proměnného zdroje odečteme napětí. Toto napětí musí být v toleranci 5,9 až 6,3 V. Není-li, snížíme napětí zdroje na 4 V a vypneme celý přístroj a opět zapneme, aby se tyristor opět uzavřel. Nastavení správného napětí provedeme potenciometrem R134. Po nastavení napětí vložíme do držáku pojistkovou vložku P2.

При повышении тока имело место срабатывание тиристора E35 и по вольтметру, подключенному к источнику регулируемого напряжения, отсчитать напряжение. Это напряжение должно быть в пределах 5,9 - 6,3 В. В противном случае необходимо уменьшить напряжение источника до 4 В, выключить прибор и снова его включить так, чтобы тиристор заперся. Установка правильного напряжения осуществляется потенциометром R134. После установки напряжения вставить в держатель предохранитель P2.

At the instant when a current increase is noticeable, i. e. when the thyristor E35 becomes operative, the voltage of the controllable supply must be read - it should be between 5.9 and 6.3 V. If this is not the case, the voltage will have to be reduced to 4 V and the procedure repeated to cause the thyristor striking anew. The correct instant of the thyristor striking is adjustable by means of the potentiometer R134. After correct adjustment, the P2 fuse cartridge has to be replaced in its holder.

#### Kontrola napětí 5 V

Při napětí sítě 220 V  $\pm 2\%$  v bodech 3 a  $\perp$  změříme napětí voltmetrem DU 20, musí být 5 V  $\pm 4\%$ .

Zatížíme zdroj odporem 4  $\Omega$ /10 W. Změníme síťové napětí 220 V o  $\pm 10\%$ , změříme výstupní napětí zdroje číslicovým voltmetrem např. MT 100. Při okrajových tolerancích síťového napětí může se měnit napětí číslicového voltmetru max. 15 mV.

Po ověření zdroje 5 V připojíme spojku S20.

#### Контроль напряжения 5 В:

При напряжении сети 220 В  $\pm 2\%$  в точках 3 и  $\perp$  измерить напряжение вольтметром DU 20, оно должно быть 5 В  $\pm 4\%$ . Установить нагрузку 4 Ома/10 Вт. Изменить напряжение сети 220 В на  $\pm 10\%$ , измерить выходное напряжение источника цифровым вольтметром, например, МТ 100. При предельных значениях напряжения сети напряжение, измеряемое цифровым вольтметром, должно отличаться от номинального не более 15 мВ. После проверки источника 5 В установить переключку S20.

The voltage of 5 V has to be checked as follows: With a mains voltage of 220 V  $\pm 2\%$  applied, the voltage between points 3 and  $\perp$  has to be measured with a suitable voltmeter (DU 20) - it should be 5 V  $\pm 4\%$ . Then, the supply has to be loaded by means of a resistor of 4  $\Omega$ /10 W and the 220 V mains voltage altered by  $\pm 10\%$ . The output voltage of the supply, measured with a digital voltmeter (e. g. MT 100) under the limit tolerance conditions of the mains voltage may alter by maximum 15 mV. After this test of the 5 V supply, the link S20 must be replaced.

### 10.3.2. Nastavení vstupního filtru

Na přístroji stlačíme tlačítko označené „FILTR“ a rozsah 1 V. Přístroj odpojíme od sítě. Na vstupní svorku označenou „UI“ přivedeme z generátoru, např. BM 524 sinusový signál o amplitudě  $3\text{ V} \pm 2\%$  a kmitočtu 50 Hz. Na výstup filtru do bodu 7 (kondenzátor C7) připojíme voltmetr, např. BM 494. Potenciometrem R10 nastavíme minimální výchylku (menší než 50 mV).

### 10.3.2. Установка входного фильтра

На вольтметре нажать на кнопку, обозначенную «фильтр» и предел 1 В. Прибор отключить от сети. Ко входному зажиму, обозначенному «U, I», подать синусоидальный сигнал частотой 50 Гц, амплитудой  $3\text{ В} \pm 2\%$  с выхода генератора, например, BM 524. К выходу фильтра - точка 7 - (конденсатор C7) подключить вольтметр например, BM 494. Потенциометром R10 установить минимальное отклонение (менее 50 мВ).

### 10.3.2. Adjustment of the input filter

The push-button marked FILTER of the instrument must be depressed and the measuring range 1 V selected. A sinusoidal voltage derived from a suitable generator, e. g. BM 524, the frequency of which is 50 Hz and the amplitude  $3\text{ V} \pm 2\%$ , has to be connected to the input terminal UI. An electronic voltmeter, e. g. BM 494, has to be connected to the output of the input filter, i. e. to point 7 (capacitor C7), and potentiometer R10 set so that minimum deflection (less than 50 mV) is obtained.

### 10.3.3. Nastavení přenosu modulátoru

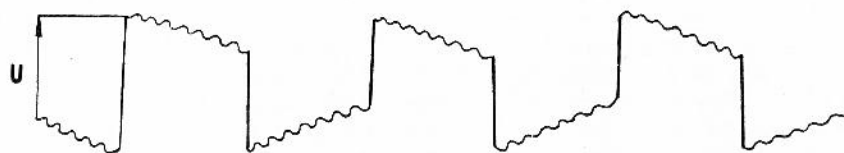
Přístroj připojíme na síť. Rozpojíme zpětnou vazbu, rozpojíme spojku S23. Na vstupní svorku označenou „UI“ voltmetru přivedeme napětí 10 mV. Tlačítko funkce „UI“ nestlačeno, tlačítko rozsahu 100 mV stlačeno. Do kontrolního bodu 10 připojíme osciloskop, např. BM 564 s nastavenou citlivostí 1 V/cm, na stínítku osciloskopu je signál podle obr. 15.

### 10.3.3. Установка передачи модулятора

Прибор подключить к сети. Разомкнуть обратную связь (разомкнуть переключку S23). К входному зажиму, обозначенному «U, I» вольтметра подать напряжение 10 мВ. Кнопка режима работы UI не нажата. Кнопка предела 100 мВ нажата. К контрольной точке 10 подключить осциллоскоп, например, BM 564 с чувствительностью 1 В/см и на экране осциллоскопа будет сигнал по рис. 15.

### 10.3.3. Adjustment of the modulator transfer function

The BM 545 microvoltmeter - picoammeter has to be connected to the mains and the feedback loop interrupted (link S23 disconnected). A voltage of 10 mV has to be applied to the input terminal UI. The push-button UI must remain undepressed and the range 100 mV selected. An oscilloscope, e. g. BM 564, with its sensitivity set to 1 V/cm, connected to test point 10 must display a signal as shown in Fig. 15.



Obr. 15    Рис. 15    Fig. 15

Potenciometrem R146 a R150 nastavíme max. úroveň signálu U.

Потенциометром R146 и R150 установить максимальный уровень сигнала U.

Maximum signal level has to be set by adjusting the potentiometers R146 and 150.

#### 10.3.4. Kompenzace napěťových špiček superponovaných na výstupní napětí modulátoru

Pracoviště ponecháváme zapojené jako v bodě 10.3.3. Pouze odpojíme napětí 10 mV.

Potenciometrem R152 podle osciloskopu nastavíme velikost špiček menší než 5 mV.

#### 10.3.5. Nastavení stejnosměrného zesilovače

Zapojíme zpětnou vazbu. Do zdíčky na zadním panelu označené „VÝSTUP 1 V“ připojíme stejnosměrný voltmetr, např. BM 518. Potenciometr R29 pro nastavení napěťové kompenzace „NULA“ vytočíme do středu. Na přepínači rozsahů stlačíme tlačítko označené 1 mV. Potenciometrem R56 nastavíme výchylku na voltmetru, např. BM 518 menší než 1 mV.

#### 10.3.6. Nastavení napěťové citlivosti mikrovoltmetru - pikoampérmetru

Nastavení provádíme při teplotě okolí  $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ .

##### 10.3.6.1. Nastavení rozsahu 1 V

Na měřicí svorky mikrovoltmetru připojíme kalibrační soupravu. Na mikrovoltmetru stlačíme tlačítko 1 V. Stlačíme tlačítko  $R/\infty$ . Tlačítko funkcí „UI“ nestlačeno. Na zdroji kalibrační soupravy pomocí číslicového voltmetru, např. MT 100 nastavíme napětí  $+999,3\text{ mV}$ . Potencio-

#### 10.3.4. Компенсация пиков напряжения, наложенных на выходном напряжении модулятора

Измерительную установку оставить такой же, как и в пункте 10.3.3. Только отключить напряжение 10 мВ.

Потенциометром R152 установить по осциллоскопу размах пиков менее 5 мВ.

#### 10.3.5. Установка усилителя постоянного тока

Включить обратную связь. К зажиму на задней панели, обозначенному «Выход 1 В», подключить вольтметр постоянного тока, например, BM 518. Потенциометр R29 для установки компенсации напряжения «Ноль» установить в среднее положение. На переключателе пределов нажать на кнопку, обозначенную 1 мВ. Потенциометром R56 установить отклонение по вольтметру, например, BM 518, менее 1 мВ.

#### 10.3.6. Установка чувствительности по напряжению микровольтметра - пикоамперметра

Установка осуществляется при температуре окружающего воздуха  $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ .

##### 10.3.6.1. Установка предела 1 В

К измерительным зажимам микровольтметра подключить комплект калибровки. На микровольтметре нажать на кнопку 1 В. Нажать на кнопку  $R/\infty$ . Кнопка режима работы U, I не нажата. На источнике комплекта калибровки установить напряжение  $+999,3\text{ мВ}$  с помощью цифрового вольтметра, например, MT 100. Потенциометром R9 на плате 1AF 017 58 установить по микровольтметру значение  $+0,999\text{ В}$

#### 10.3.4. Compensation of the voltage peaks superimposed on the modulator output voltage

The setup remains as described in item 10.3.3., except that the voltage of 10 mV has to be disconnected from the input.

The voltage peaks have to be reduced to less than 5 mV by means of the potentiometer R152.

#### 10.3.5. Adjustment of the DC amplifier

The feedback has to be reconnected. A DC voltmeter, e. g. BM 518, has to be connected to the sockets marked OUTPUT 1 V on the back panel of the instrument. Potentiometer R29 for voltage compensation, marked ZERO, has to be set to the centre of its track and the voltage measuring range selector 1 mV depressed. The deflection on the voltmeter (e. g. BM 518) has to be reduced to less than 1 mV with the potentiometer R56.

#### 10.3.6. Adjustment of the voltage sensitivity of the instrument

This adjustment has to be carried out at the reference ambient temperature of  $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ .

##### 10.3.6.1. Adjustment of the voltage range 1 V

A calibrating setup has to be connected to the input terminals of the BM 545 microvoltmeter-picoammeter, its range selector push-button 1 V and input resistance selector  $R/\infty$  must be depressed, whereas the function selector UI remains undepressed. The calibrating setup has to be set with the aid of a digital voltmeter (e. g. MT 100) to supply a voltage  $+999.3\text{ mV}$ . With the aid of the potentiometer



metrem R9 na desce 1AF 017 58 schéma 1X1 834 35 nastavíme na mikrovoltmetru hodnotu  $+0,999$  V tak, aby při změně napětí na kalibrační soupravě na  $+999,7$  mV nastávala změna hodnoty na mikrovoltmetru z  $0,999$  V na  $1,000$  V. Změníme polaritu napětí kalibrační soupravy.

Obdobným způsobem jako pro kladné napětí nastavíme potenciometrem R3 na téže desce citlivost pro záporné napětí. Při měření záporného napětí musí se rozsvítit na displeji před měřením napětí znaménko mínus. Na zdroji kalibrační soupravy pomocí číslicového voltmetru MT 100 nastavíme napětí  $500,0$  mV. Údaj na mikrovoltmetru se může lišit vůči nastavenému napětí o  $\pm 2$  mV. Na zdroji kalibrační soupravy pomocí číslicového voltmetru MT 100 nastavíme napětí  $100,0$  mV. Údaj na mikrovoltmetru se může vůči nastavenému napětí lišit o  $\pm 2$  mV.

#### 10.3.6.2. Nastavení rozsahu $100 \mu\text{V}$

Na měřicí svorky mikrovoltmetru připojíme kalibrační soupravu s přesným děličem  $1 : 1000$ . Výstupní odpor  $100 \Omega$ . Na mikrovoltmetru stlačíme tlačítky  $100 \mu\text{V}$ . Stlačíme tlačítko  $R/\infty$ . Tlačítko funkcí „UI“ nestlačeno. Potenciometrem R29 NULA nastavíme nuly na segmentovkách displeje při nulovém výstupním napětí z kalibrační soupravy. Nastavená nula může být v rozmezí  $\pm 30 \mu\text{V}$ . Na kalibrační soupravě nastavíme  $100$  mV, na mikrovoltmetru odečteme hodnotu napětí. Znovu zkontrolujeme nulu mikrovoltmetru; na kalibrační soupravě nastavíme  $100$  mV a odečteme hodnotu napětí na mikrovoltmetru. Toto opakujeme 5 krát.

так, чтобы при изменении напряжения на комплекте калибровки до значения  $+999,7$  В имело место изменение значения на микро-вольтметре от  $0,999$  В до  $1,000$  В. Изменить полярность напряжения комплекта калибровки.

Аналогичным образом установить потенциометр R3 той платы для достижения требуемой чувствительности по отрицательному напряжению. При измерении отрицательного напряжения должен на дисплее гореть знак минуса. На источнике комплекта калибровки установить напряжение  $500,0$  мВ с помощью цифрового вольтметра MT 100. Показание микро-вольтметра может отличаться от установленного напряжения на  $\pm 2$  мВ. С помощью цифрового вольтметра MT 100 установить напряжение  $100,0$  мВ источника комплекта калибровки. Показание микро-вольтметра может отличаться от установленного напряжения на  $\pm 2$  мВ.

#### 10.3.6.2. Установка предела $100 \text{ мкВ}$

К измерительным зажимам микровольтметра подключить комплект калибровки с точным делителем  $1 : 1000$ . Выходное сопротивление  $100 \text{ Ом}$ . Нажать на кнопку  $100 \text{ мкВ}$  микровольтметра. Нажать на кнопку  $R/\infty$ . Кнопка режима работы U, I не нажата. Потенциометром R29 «Ноль» установить ноль на дисплее при нулевом выходном напряжении комплекта калибровки. Установленный ноль должен находиться в пределах  $\pm 30 \text{ мкВ}$ . На комплекте калибровки установить  $100$  мВ, по микровольтметру отсчитать значение напряжения. Снова проконтролировать ноль микровольтметра. Установить  $100$  мВ комплекта калибровки и отсчитать значение напряжения по микровольтметру. Операцию повторить 5 раз.

R9 on the PCB 1AF 017 58 (diagram 1X1 834 35), the microvoltmeter readout has to be set to  $0.999$  V so that when the output of the calibrating setup is altered to  $+999.7$  mV, the readout of the BM 545 instrument changes from  $0.999$  V to  $1.000$  V. Then, the polarity of the calibrating voltage must be reversed.

Similarly as when the positive voltage was used the potentiometer R3 is set to obtain the same sensitivity at the negative input voltage. When the negative voltage is being measured, the minus sign on the display must glow. The voltage of the calibrating setup has to be re-adjusted to  $500.0$  mV with the aid of a digital voltmeter (MT 100). The readout of the BM 545 microvoltmeter-picoammeter may differ from the selected voltage by  $\pm 2$  mV. Then, the calibrating voltage of  $100.0$  mV has to be set on the calibrating setup with the aid of the digital voltmeter and the readout of the BM 545 instrument checked; it may differ from the selected value by  $\pm 2$  mV.

#### 10.3.6.2. Adjustment of the voltage range $100 \mu\text{V}$

The calibrating setup, provided with a precision divider  $1 : 1000$ , has to be connected to the BM 545 instrument. The output resistance is  $100 \Omega$ . The measuring range  $100 \mu\text{V}$  has to be selected and the push-button  $R/\infty$  depressed; the push-button UI remains undepressed. The potentiometer R29, marked ZERO, must be adjusted to obtain zero on all the display elements when the output voltage of the calibrating setup is zero. The zero of the instrument can be within the range of  $\pm 30 \mu\text{V}$ . Then the calibrating setup has to be adjusted to supply  $100$  mV and the indicated value read on the BM 545 display. Afterwards, the zero of the instrument must be checked once more, the calibrating setup adjusted to supply  $100$  mV and the displayed value read. This procedure has to be repeated five times.

Příklad:

Měření:	1	2	3	4	5
Odečtené napětí na BM 545:	$U_{11}$	$U_{12}$	$U_{13}$	$U_{14}$	$U_{15}$
Odečtená nula na BM 545:	$U_{01}$	$U_{02}$	$U_{03}$	$U_{04}$	$U_{05}$

Skutečná hodnota:

$$\begin{aligned}U_1 &= U_{11} - U_{01} \\U_2 &= U_{12} - U_{02} \\U_3 &= U_{13} - U_{03} \\U_4 &= U_{14} - U_{04} \\U_5 &= U_{15} - U_{05}\end{aligned}$$

$\sum_{n=1}^5 \frac{U_n}{5} = U$  - hodnota měřeného napětí; je-li tato hodnota v toleranci  $\pm 1,1\%$ , je kalibrace správná. Není-li, provedeme nastavení potenciometrem R70 na desce 1AF 017 59.

### 10.3.6.3. Nastavení rozsahu 1 mV a 10 mV

Na měřicí svorky mikrovoltmetru připojíme kalibrační soupravu s přesným děličem. Na mikrovoltmetru stlačíme tlačítko 1 mV. Stlačíme R/∞. Tlačítko funkcí „UI“ nestlačeno, potenciometrem R29 NULA nastavíme nuly na segmentových displejích při nulovém výstupním napětí z kalibrační soupravy.

Na zdroji kalibrační soupravy pomocí voltmetru MT 100 nastavíme napětí 1000,0 mV.

Potenciometrem R75 nastavíme na mikrovoltmetru hodnotu 1000 mV.

Na zdroji kalibrační soupravy pomocí voltmetru MT 100 nastavíme napětí 500,0 mV. Údaj na

Пример:

Измерение:	1	2	3	4	5
Отсчитанное напряжение по BM 545:	$U_{11}$	$U_{12}$	$U_{13}$	$U_{14}$	$U_{15}$
Отсчитанный ноль по BM 545:	$U_{01}$	$U_{02}$	$U_{03}$	$U_{04}$	$U_{05}$

Действительное значение:

$$\begin{aligned}U_1 &= U_{11} - U_{01} \\U_2 &= U_{12} - U_{02} \\U_3 &= U_{13} - U_{03} \\U_4 &= U_{14} - U_{04} \\U_5 &= U_{15} - U_{05}\end{aligned}$$

$\sum_{n=1}^5 \frac{U_n}{5} = U$  - значение измеряемого напряжения; если это значение находится в пределах  $\pm 1,1\%$ , то калибровка выполнена правильно. В противном случае необходимо произвести установку потенциометром R70 на плате 1AF 017 59.

### 10.3.6.3. Установка предела 1 мВ и 10 мВ

К измерительным зажимам микровольтметра подключить комплект калибровки с точным делителем. Нажать на кнопку 1 мВ микровольтметра. Нажать на кнопку R/∞. Кнопка режима U, I не нажата. Потенциометром R29 «Ноль» установить ноль на дисплее при нулевом выходном напряжении комплекта калибровки. Установить напряжение источника комплекта калибровки 1000,0 мВ с помощью вольтметра MT 100.

Потенциометром R75 установить значение 1000 мВ микровольтметра.

С помощью вольтметра MT 100 установить напряжение 500,0 мВ источника комплекта кали-

Example:

Measurement:	1st	2nd	3rd	4th	5th
Voltage readout of the BM 545 instrument:	$U_{11}$	$U_{12}$	$U_{13}$	$U_{14}$	$U_{15}$
Zero readout of the BM 545 instrument:	$U_{01}$	$U_{02}$	$U_{03}$	$U_{04}$	$U_{05}$

Actual values:

$$\begin{aligned}U_1 &= U_{11} - U_{01} \\U_2 &= U_{12} - U_{02} \\U_3 &= U_{13} - U_{03} \\U_4 &= U_{14} - U_{04} \\U_5 &= U_{15} - U_{05}\end{aligned}$$

$\sum_{n=1}^5 \frac{U_n}{5} = U$  - The value of the measured voltage; if this value is within the tolerance  $\pm 1.1\%$ , then the calibration is correct. If it is outside the tolerance, then the potentiometer R70 on the PCB 1AF 017 59 must be readjusted.

### 10.3.6.3. Adjustment of the voltage ranges 1 mV and 10 mV

The calibrating setup, provided, with a precision divider, has to be connected to the measuring terminals of the microvoltmeter. The voltage range 1 mV is selected and the push-button R/∞ depressed. The function selector UI remains undepressed. The display is set to indicate zero by means of the potentiometer R29, marked ZERO, when the calibrating setup does not apply an input voltage to the BM 545 instrument.

The calibrating setup has to be adjusted by means of the digital voltmeter to supply a voltage of 1000.0 mV. The potentiometer R75 has to be adjusted so that the BM 545 instrument indicates 1000 mV. With the aid of a digital voltmeter (MT 100), a voltage of 500.0 mV has to be adjusted on the calibrating setup. The re-

mikrovoltmetru musí být v rozmezí 498 až 502  $\mu\text{V}$ .

Na zdroji kalibrační soupravy pomocí voltmetru MT 100 nastavíme napětí 100,0 mV. Údaj na mikrovoltmetru musí být v rozmezí 98 až 102  $\mu\text{V}$ .

Shodným způsobem provedeme nastavení rozsahu 10 mV, pouze na zdroji kalibrační soupravy pomocí MT 100 nastavíme 10,000 V. Potenciometrem R62 nastavíme na mikrovoltmetru 10,00 mV.

#### 10.3.6.4. Nastavení rozsahů 100 mV, 10 V, 100 V a 1000 V

Na příslušné měřicí svorky mikrovoltmetru připojíme kalibrační soupravu bez děličů. Stlačíme tlačítko  $R/\infty$ . Potřebné údaje jsou uvedeny v tabulce.

Pro přehlednost jsou uvedeny údaje aj. pro rozsah 1 V.

Pořadí nastavení rozsahů dodržet podle pořadí v tabulce.

бровки. Показание микровольтметра должно быть в пределах 498 - 502 мкВ.

С помощью вольтметра МТ 100 установить напряжение источника комплекта калибровки 100,0 мВ. Показание микровольтметра должно быть в пределах 98 - 102 мкВ.

Подобным образом произвести установку предела 10 мВ, только с помощью МТ 100 установить напряжение источника комплекта калибровки 10,000 В. Потенциометром R62 установить показание микровольтметра 10,00 мВ.

#### 10.3.6.4. Установка пределов 100 мВ, 10 В, 100 В и 1000 В

К соответствующим измерительным зажимам микровольтметра подключается комплект калибровки без делителей. Нажать на кнопку  $R/\infty$ . Необходимые данные даны в таблице.

Для наглядности данные даны и для предела 1 В.

Порядок установки пределов сохраняется таким, как указано в таблице.

adout of the BM 545 instrument must be within the range 498 to 502  $\mu\text{V}$ .

Then the calibrating setup has to be adjusted to supply a voltage of 100.0 mV. The readout of the BM 545 instrument must be within the range 98 to 102  $\mu\text{V}$ .

The range 10 mV has to be calibrated in the same manner, except that the supply has to be set with the aid of the digital voltmeter MT 100 to supply 10.000 V and the BM 545 instrument set with the potentiometer R62 to indicate the value 10.00 mV on the display.

#### 10.3.6.4. Adjustment of the voltage ranges 100 mV, 10 V, 100 V and 1000 V

The calibrating setup has to be connected directly to the measuring terminals of the BM 545 microvoltmeter - picoammeter (without the divider). The push-button  $R/\infty$  must be depressed; push-button U1 remains undepressed. All the necessary data are given in the following Table, in which, for the sake of clarity, are also tabulated the data applying to the range 1 V.

The sequence for adjusting the ranges given in this Table has to be adhered to.

Nastavení rozsahů Установленный предел Range to be adjusted	Desetinná tečka na BM 545 Десятичный знак на BM 545 Decimal point on the BM 545 instrument	Údaj na MT 100 Показание MT 100 Readout of the digital voltmeter MT 100	Údaj na BM 545 Показание BM 545 Readout of the BM 545 instrument	Nastavovací prvek Элемент установки Adjusting element	Údaj na MT 100 Показание MT 100 Readout of the digital voltmeter MT 100	Rozdíl na BM 545 Разница BM 545 Difference on the BM 545 instrument	Údaj na MT 100 Показание MT 100 Readout of the digital voltmeter MT 100	Rozdíl na BM 545 Разница BM 545 Difference on the BM 545 instrument	Poznámka Примечания Notes
1 V	1,000	999,3 mV 999,7 mV	0,999 V 1,000 V	R9	500,0 mV	$\pm 2$ mV	100,0 mV	$\pm 2$ mV	
1В	1,000	999,3 мВ 999,7 мВ	0,999 В 1,000 В	R9	500,0 мВ	$\pm 2$ мВ	100,0 мВ	$\pm 2$ мВ	
1 V	1.000	999.3 mV 999.7 mV	0.999 V 1.000 V	R9	500.0 mV	$\pm 2$ mV	100.0 mV	$\pm 2$ mV	



Nastavení rozsahů Установленный предел Range to be adjusted	Desetinná tečka na BM 545 Десятичный знак на BM 545 Decimal point on the BM 545 instrument	Údaj na MT 100 Показание MT 100 Readout of the digital voltmeter MT 100	Údaj na BM 545 Показание BM 545 Readout of the BM 545 instrument	Nastavovací prvek Элемент установки Adjusting element	Údaj na MT 100 Показание MT 100 Readout of the digital voltmeter MT 100	Rozdíl na BM 545 Разница BM 545 Difference on the BM 545 instrument	Údaj na MT 100 Показание MT 100 Readout of the digital voltmeter MT 100	Rozdíl na BM 545 Разница BM 545 Difference on the BM 545 instrument	Poznámka Примечания Notes
100 mV	100,0	99,93 mV 99,97 mV	99,9 mV 100,0 mV	R65	50,00 mV	$\pm 200 \mu\text{V}$	10,00 mV	$\pm 200 \mu\text{V}$	
100 mB	100,0	99,93 mB 99,97 mB	99,9 mB 100,0 mB	R65	50,00 mB	$\pm 200 \text{ mB}$	10,00 mB	$\pm 200 \text{ mB}$	
100 mV	100,0	99,93 mV 99,97 mV	99,9 mV 100,0 mV	R65	50,00 mV	$\pm 200 \mu\text{V}$	10,00 mV	$\pm 200 \mu\text{V}$	
10 V	10,00	9,993 mV 9,997 mV	9,99 V 10,00 V	R5	5,000 V	$\pm 20 \text{ mV}$	1,000 V	$\pm 20 \text{ mV}$	
10 B	10,00	9,993 mB 9,997 mB	9,99 B 10,00 B	R5	5,000 B	$\pm 20 \text{ mB}$	1,000 B	$\pm 20 \text{ mB}$	
10 V	10,00	9,993 mV 9,997 mV	9,99 V 10,00 V	R5	5,000 V	$\pm 20 \text{ mV}$	1,000 V	$\pm 20 \text{ mV}$	
100 V	100,0	100,00 V	100,0 V	-	50,00 V	$\pm 200 \text{ mV}$	10,00 V	$\pm 200 \text{ mV}$	nenastavuje se не устанавливается Not adjustable
100 B	100,0	100,00 B	100,0 B	-	50,00 B	$\pm 200 \text{ mB}$	10,00 B	$\pm 200 \text{ mB}$	
100 V	100,0	100,00 V	100,0 V	-	50,00 V	$\pm 200 \text{ mV}$	10,00 V	$\pm 200 \text{ mV}$	
1000 V	1000	1000,0 V	1000 V	R2	500,0 V	$\pm 2 \text{ V}$	100,0 V	$\pm 2 \text{ V}$	
1000 B	1000	1000,0 B	1000 B	R2	500,0B	$\pm 2 \text{ B}$	100,0 B	$\pm 2 \text{ B}$	
1000 V	1000	1000,0 V	1000 V	R2	500,0 V	$\pm 2 \text{ V}$	100,0 V	$\pm 2 \text{ V}$	

#### 10.3.6.5. Kontrola napěťové kompenzace mikro-voltmetru - pikoampérmetru

Odpojíme kalibrační soupravu. Tlačítko R není stlačeno. Tlačítko funkcí „UI“ nestlačeno. Stlačíme tlačítko rozsahu 1 mV. Potenciometr R29 NULA vytočíme doprava. Údaj na mikro-voltmetru musí být větší než  $+100 \mu\text{V}$ . Pak poten-

#### 10.3.6.5. Контроль компенсации напряжения микровольтметра - пикоамперметра

Отключить комплект калибровки. Кнопка R не нажата. Кнопка режима работы U, I не нажата. Нажать на кнопку предела 1 мВ. Потенциометр R29 «Ноль» устанавливается в правое крайнее положение. Показание микровольтметра должно быть более  $+100 \text{ мкВ}$ . Затем потенциометр устанавливается в левое крайнее

#### 10.3.6.5. Checking the voltage compensation of the BM 545 instrument

The calibrating setup has to be disconnected. The push-buttons R/ $\infty$  and UI remain undepressed. The voltage range 1 mV has to be selected. Potentiometer R29, marked ZERO, has to be turned fully clockwise. The readout of the display must be higher than  $+100 \mu\text{V}$ .

ciometr vytočíme doleva. Údaj na mikrovoltmetru musí být větší než  $-100 \mu\text{V}$ .

### 10.3.7. Nastavení a ověření proudové citlivosti mikrovoltmetru - pikoampérmetru

Při nastavování a ověřování zachovat podmínky uvedené v bodě 10.3.6.

#### 10.3.7.1. Ověření rozsahu 100 pA

Tlačítko funkcí „UI“ stlačíme. Stlačíme tlačítko rozsahu 100 pA.

Na měřicí svorky mikrovoltmetru - pikoampérmetru připojíme kalibrační soupravu se sériovým odporem  $100 \text{ M}\Omega \pm 0,5 \%$ . Potenciometrem R29 NULA nastavíme nuly na segmentovkách displeje při nulovém výstupním napětí z kalibrační soupravy. Nastavená nula může být v rozmezí  $\pm 30 \text{ pA}$ . Na kalibrační soupravě nastavíme napětí 10,01 mV, na mikrovoltmetru odečteme hodnotu proudu. Znovu zkontrolujeme nulu mikrovoltmetru - pikoampérmetru, na kalibrační soupravě nastavíme znovu 10,01 mV a odečteme hodnotu proudu na mikrovoltmetru - pikoampérmetru. To se opakuje 5 krát.

Příklad:

Měření:	1	2	3	4	5
Odečtený proud na BM 545:	$I_{11}$	$I_{12}$	$I_{13}$	$I_{14}$	$I_{15}$
Odečtená nula na BM 545:	$I_{01}$	$I_{02}$	$I_{03}$	$I_{04}$	$I_{05}$

положение. Показание микровольтметра должно быть более  $-100 \text{ мкВ}$ .

### 10.3.7. Установка и проверка чувствительности вольтметра - пикоамперметра по току

При установке и проверке следует сохранить условия, указанные в пункте 10.3.6.

#### 10.3.7.1. Контроль предела 100 пА

Кнопка режима работы U, I нажата. Нажимается кнопка предела 100 пА.

К измерительным зажимам микровольтметра - пикоамперметра подключается комплект калибровки с последовательным сопротивлением  $100 \text{ МОм} \pm 0,5 \%$ . Потенциометром R29 «Ноль» устанавливается ноль дисплея при нулевом выходном напряжении комплекта калибровки. Установленный ноль может находиться в пределах  $\pm 30 \text{ пА}$ .

На комплекте калибровки устанавливается напряжение 10,01 мВ, по микровольтметру отсчитывается значение тока. Снова проконтролируется ноль микровольтметра - пикоамперметра, на комплекте калибровки снова устанавливается значение 10,01 мВ и снова отсчитывается значение тока по микровольтметру - пикоамперметру. Это повторяется 5 раз.

Пример:

Измерение:	1	2	3	4	5
Отсчитанное значение тока по BM 545:	$I_{11}$	$I_{12}$	$I_{13}$	$I_{14}$	$I_{15}$
Отсчитанный ноль по BM 545:	$I_{01}$	$I_{02}$	$I_{03}$	$I_{04}$	$I_{05}$

When the potentiometer is turned counterclockwise, the readout must not exceed  $-100 \mu\text{V}$ .

### 10.3.7. Adjustment and verifying of the current sensitivity of the instrument

During this procedure, the conditions given in item 10.3.6. must be adhered to.

#### 10.3.7.1. Verifying of the current range 100 pA

Push-button UI must be depressed and the range 100 pA selected.

The calibrating setup, provided with a series resistor of  $100 \text{ M}\Omega \pm 0.5 \%$ , has to be connected to the input terminals of the BM 545 microvoltmeter - picoammeter. Potentiometer R29, marked ZERO, has to be adjusted so that the 7-segment number indicators display zero throughout when the voltage supplied by the calibrating setup is zero. The set zero may be within the tolerance range of  $\pm 30 \text{ pA}$ . Then, the calibrating setup has to be adjusted to supply 10.01 mV and the current indicated by the BM 545 instrument has to be read. After which, the zero of the BM 545 microvoltmeter - picoammeter has to be checked anew, the calibrating setup adjusted to supply 10.01 mV, and the current value indicated by the display of the BM 545 instrument read. Then, the zero setting of the instrument must be checked, etc. This procedure has to be repeated five times.

Example:

Measurement:	1st	2nd	3rd	4th	5th
Current readout of the BM 545 instrument:	$I_{11}$	$I_{12}$	$I_{13}$	$I_{14}$	$I_{15}$
Zero readout of the BM 545 instrument:	$I_{01}$	$I_{02}$	$I_{03}$	$I_{04}$	$I_{05}$

Skutečná hodnota:

$$I_1 = I_{11} - I_{01}$$

$$I_2 = I_{12} - I_{02}$$

$$I_3 = I_{13} - I_{03}$$

$$I_4 = I_{14} - I_{04}$$

$$I_5 = I_{15} - I_{05}$$

$$\sum_{n=1}^5 \frac{I_n}{5} = I - \text{hodnota měřeného proudu,}$$

musí být v rozmezí 95 pA až 105 pA.

#### 10.3.7.2. Ověření rozsahu 1 nA

Tlačítko funkcí „UI“ stlačíme. Stlačíme tlačítko rozsahu 1 nA. Na měřicí svorky mikrovoltmetru-pikoampérmetru připojíme kalibrační soupravu se sériovým odporem  $100 \text{ M}\Omega \pm 0,5 \%$ . Potenciometrem R29 NULA nastavíme nuly na segmentovkách displeje při nulovém výstupním napětí z kalibrační soupravy. Na zdroji kalibrační soupravy nastavíme napětí 100,1 mV. Chyba na mikrovoltmetru-pikoampérmetru musí být menší než  $\pm 15 \text{ pA}$ .

#### 10.3.7.3. Nastavení rozsahu 10 nA

Tlačítko funkcí „UI“ stlačíme. Stlačíme tlačítko rozsahu 10 nA. Potenciometrem R29 NULA nastavíme nulu na segmentovkách displeje. Připojíme kalibrační soupravu se sériovým odporem  $100 \text{ M}\Omega \pm 0,5 \%$ .

Na zdroji kalibrační soupravy pomocí voltmetru MT 100 nastavíme napětí 1001,0 mV.

Potenciometrem R80 nastavíme na mikrovoltmetru hodnotu 10,00 nA.

Действительное значение:

$$I_1 = I_{11} - I_{01}$$

$$I_2 = I_{12} - I_{02}$$

$$I_3 = I_{13} - I_{03}$$

$$I_4 = I_{14} - I_{04}$$

$$I_5 = I_{15} - I_{05}$$

$$\sum_{n=1}^5 \frac{I_n}{5} = I - \text{значение измеряемого тока,}$$

оно должно быть в пределах 95 nA - 105 nA.

#### 10.3.7.2. Контроль предела 1 нА

Кнопка режима работы U, I нажата. Нажать на кнопку предела 1 нА. К измерительным зажимам микровольтметра-пикоамперметра подключить комплект калибровки с последовательным сопротивлением  $100 \text{ МОм} \pm 0,5 \%$ . Потенциометром R29 «Ноль» установить ноль дисплея при нулевом выходном напряжении комплекта калибровки. На источнике комплекта калибровки установить напряжение 100,1 мВ. Погрешность микровольтметра-пикоамперметра должна быть менее  $\pm 15 \text{ нА}$ .

#### 10.3.7.3. Контроль предела 10 нА

Кнопка режима работы UI нажата. Нажать на кнопку предела 10 нА. Потенциометром R29 «Ноль» установить ноль дисплея. Подключается комплект калибровки с последовательным сопротивлением  $100 \text{ МОм} \pm 0,5 \%$ .

С помощью вольтметра MT 100 устанавливается напряжение источника комплекта калибровки 1001,0 мВ.

Потенциометром R80 по микровольтметру устанавливается значение 10,00 нА.

Actual values:

$$I_1 = I_{11} - I_{01}$$

$$I_2 = I_{12} - I_{02}$$

$$I_3 = I_{13} - I_{03}$$

$$I_4 = I_{14} - I_{04}$$

$$I_5 = I_{15} - I_{05}$$

$$\sum_{n=1}^5 \frac{I_n}{5} = I - \text{The value of the measured}$$

current; if this value is within the range 95 to 105 pA, then the calibration is correct.

#### 10.3.7.2. Verifying of the current range 1 nA

The push-button UI must be depressed and the current range 1 nA selected by depressing the appropriate push-button. The calibrating setup, provided with a series resistor of  $100 \text{ M}\Omega \pm 0.5 \%$ , has to be connected to the measuring terminals of the BM 545 instrument. The potentiometer R29, marked ZERO, has to be adjusted to obtain zero display when the calibrating setup does not supply an output voltage to the measuring terminals. When the voltage of the calibrating setup is 100.1 mV, then the error indicated by the BM 545 instrument must not exceed  $\pm 15 \text{ pA}$ .

#### 10.3.7.3. Adjustment of the current range 10 nA

The function selector push-button UI must be depressed and the current measuring range 10 nA selected. By means of potentiometer R29, marked ZERO, the display of the BM 545 instrument has to be adjusted to indicate zero. Then, the calibrating setup, which is provided with a series resistor of  $100 \text{ M}\Omega \pm 0.5 \%$ , has to be connected.

With the aid of a digital voltmeter (e. g. MT 100), the output voltage of the calibrating setup has to be set to 1001.0 mV.

The potentiometer R80 of the BM 545 instrument has to be adjusted so that the readout is 10.00 nA.



10.3.7.4. Ověření rozsahů 100 nA, 1 μA, 10 μA, 100 μA, 1000 μA, 10 mA

Tlačítko funkcí „UI“ stlačíme. Potenciometrem R29 NULA nastavíme nuly na segmentovkách displeje pro každý rozsah při nulovém výstupním napětí z kalibrační soupravy. Potřebné údaje jsou uvedené v následující tabulce:

Ověřovaný rozsah	Sériový odpor	Nastavený údaj na MT 100	Údaj na BM 545	ε
100 nA	100 MΩ ± 0,1%	10,010 V	100,0 ± ε	≲ 1 nA
1 μA	10 MΩ ± 0,1%	10,010 V	1,000 ± ε	≲ 10 nA
10 μA	1 MΩ ± 0,1%	10,010 V	10,00 ± ε	≲ 100 nA
100 μA	100 kΩ ± 0,1%	10,010 V	100,0 ± ε	≲ 1 μA
1000 μA	10 kΩ ± 0,1%	10,010 V	1000 ± ε	≲ 10 μA
10 mA	1 kΩ ± 0,1%	10,010 V	10,00 ± ε	≲ 100 μA

#### 10.4. Složitější opravy

Přístroj je výrobcem podroben přísné kontrole kvality součástí a nastavení obvodů. Vývoje a výrobnímu procesu je věnována velká péče a v řadě případů je používáno speciálních technologických procesů, které mají zajistit udržení vlastností přístroje a dosažení odpovídající přesnosti. Přesto však během provozu vlivem stárnutí součástí, působením klimatic-

10.3.7.4. Контроль пределов 100 нА, 1 мкА, 10 мкА, 100 мкА, 1000 мкА, 10 мА

Кнопка режима работы U, I нажата. Потенциометром R29 «Ноль» устанавливается ноль дисплея для каждого предела при нулевом выходном напряжении комплекта калибровки. Необходимые данные приведены в следующей таблице:

Контролируемый предел	Последовательное сопротивление	Показание MT 100	Показание BM 545	ε
100 нА	100 МОм ± 0,1%	10,010 В	100,0 ± ε	≲ 1 нА
1 мкА	10 МОм ± 0,1%	10,010 В	1,000 ± ε	≲ 10 нА
10 мкА	1 МОм ± 0,1%	10,010 В	10,00 ± ε	≲ 100 нА
100 мкА	100 кОм ± 0,1%	10,010 В	100,0 ± ε	≲ 1 мкА
1000 мкА	10 кОм ± 0,1%	10,010 В	1000 ± ε	≲ 10 мкА
10 мА	1 кОм ± 0,1%	10,010 В	10,00 ± ε	≲ 100 мкА

#### 10.4. Более сложный ремонт

Прибор на заводе-изготовителе подвергается строгому контролю качества составных частей и регулировки цепей. Процессу разработки и производства уделяется большое внимание и в ряде случаев используются специальные технологические процессы, которые должны обеспечить сохранение параметров прибора и достижение соответствующей точности.

Однако, несмотря на это в процессе эксплуатации под влиянием старения, под влиянием климатических условий и других факторов

10.3.7.4. Verifying of the current ranges 100 nA, 1 μA, 10 μA, 100 μA, 1000 μA and 10 mA

The push-button UI for function selection must be depressed and potentiometer R29, marked ZERO, set so that when the calibrating setup does not supply an output voltage to the measuring terminals, all the 7-segment number indicators display zero.

All the data necessary for carrying out this procedure are given in the following Table:

Checked range	Series resistor	Readout of the digital voltmeter (MT 100)	Readout of the BM 545 instrument	ε
100 nA	100 MΩ ± 0.1 %	10.010 V	100.0 ± ε	≲ 1 nA
1 μA	10 MΩ ± 0.1 %	10.010 V	1.000 ± ε	≲ 10 nA
10 μA	1 MΩ ± 0.1 %	10.010 V	10.00 ± ε	≲ 100 nA
100 μA	100 kΩ ± 0.1 %	10.010 V	100.0 ± ε	≲ 1 μA
1000 μA	10 kΩ ± 0.1 %	10.010 V	1000 ± ε	≲ 10 μA
10 mA	1 kΩ ± 0.1 %	10.010 V	10.00 ± ε	≲ 100 μA

#### 10.4. More involved repairs

The BM 545 microvoltmeter - picoammeter has been submitted by the makers to stringent tests of the quality of the components and the precision of circuit adjustment. The greatest possible care has been devoted to the development and production processes and in many cases special technology has been applied in order to ensure constant advantageous properties and the corresponding high accuracy. However, due to the natural ageing of the components, after lengthy operation and/or resulting from inclement climatic conditions or other adverse influences, a defect may occur

kých podmínek a jiných vlivů se může vyskytnout závada, jež poruší funkci přístroje.

Při výměně vadných součástí používejte pouze typy, které jsou uvedeny v rozpisu elektrických součástí. Přiložené schéma zapojení a nákresy desek s tištěnými spoji Vám usnadní pochopení principu a odstranění případných závad. V duchu dobré tradice má k. p. TESLA Brno zájem na tom, aby jeho měřicí přístroje sloužily s maximální přesností zákazníkům. Nemáte-li proto při opravě vhodné kontrolní zařízení nebo dostatek zkušeností, doporučujeme Vám obrátit se na výrobní podnik, který Vám přístroj opraví. Přístroj zašlete na adresu:

TESLA Brno, k. p., Purkyňova 99, 612 45 Brno  
Adresa servisu měřicích přístrojů (pro osobní styk):

TESLA Brno, k. p.,  
servis měřicích přístrojů, Mercova 8a,  
612 45 Brno  
tel. č. 558 18.

## 11. POKYNY PRO DOPRAVU A SKLADOVÁNÍ

### 11.1. Doprava

Konstrukce obalu je řešena s ohledem na snížení nepříznivých vlivů během dopravy. Přístroj však musí být chráněn proti přímému vlivu počasí a působení teplot v rozsahu vyšším než  $-25^{\circ}\text{C}$  až  $+55^{\circ}\text{C}$ . Krátkodobé zvýšení vlhkosti nemá na přístroj vliv.

### 11.2. Skladování

Přístroj lze skladovat v nezabaleném stavu

может возникнуть неисправность, которая нарушает работу прибора.

При замене вышедших из строя деталей используются только типы, которые указаны в спецификации электрических деталей. Прилагаемые схемы и чертежи плат с печатным монтажом облегчают понять принцип действия прибора и устранить возникшие неисправности. В духе хорошей традиции концерновое предприятие «Тесла» Брно заинтересовано в том, чтобы его измерительные приборы работали с максимальной точностью у заказчика. Поэтому, если у Вас нет для ремонта необходимых контрольных устройств или достаточного опыта, рекомендуется обратиться на: КОВО - внешнеторговое объединение, Прага - Чехословакия.

## 11. УКАЗАНИЯ ПО ТРАНСПОРТИРОВКЕ И ХРАНЕНИЮ

### 11.1. Транспортировка

Конструкция тары рассчитана на понижение неблагоприятных влияний в процессе транспортировки. Однако, прибор должен быть защищен от прямого воздействия погоды и температуры в пределах более  $-25^{\circ}\text{C}$   $\pm$   $+55^{\circ}\text{C}$ . Кратковременное повышение влажности не оказывает влияние на прибор.

### 11.2. Хранение

Прибор можно хранить в неупакованном виде в среде с температурой в пределах от  $-5^{\circ}\text{C}$

which can impair the correct functioning of the instrument.

When a defective component has to be exchanged, only such a spare part must be employed which is indicated in the List of Electrical Components. The enclosed wiring diagram and drawings of the printed circuit boards will serve as an aid in tracing and repairing possible defects.

In order to uphold their good tradition, TESLA BRNO, Nat. Corp., are greatly interested in ensuring that their electronic measuring instruments serve the users with maximum accuracy. Therefore, customers who have not the necessary test instrumentation or sufficient experience with sophisticated electronic equipment are requested to entrust more involved repairs to the makers or to their service organization.

Detailed information is available from:

KOVO, Foreign Trade Corporation,  
2 Jankovcova,  
170 88 Praha 7, Czechoslovakia.

## 11. INSTRUCTIONS FOR TRANSPORT AND STORAGE

### 11.1. Transport

The packing for the BM 545 microvoltmeter - picoammeter has been designed so as to reduce as far as possible adverse influences which could be encountered during transport. However, the instrument must be protected from the direct influence of inclement weather and of temperatures exceeding the range of  $-25^{\circ}\text{C}$  to  $+55^{\circ}\text{C}$ . Transitory increase of the relative humidity has no detrimental effect on the instrument.

### 11.2. Storage

When unpacked, the BM 545 instrument can be stored at temperatures within the range of

v prostředí s teplotou od  $-5^{\circ}\text{C}$  do  $+40^{\circ}\text{C}$  při maximální relativní vlhkosti 80 %.

Při dlouhodobém skladování lze přístroj v továrním obalu skladovat v rozmezí  $-25^{\circ}\text{C}$  až  $+55^{\circ}\text{C}$  při relativní vlhkosti do 95 %.

V obou případech je nutné skladované přístroje chránit proti povětrnostním vlivům uložením ve vhodných prostorách prostých prachu a výparů z chemikálií.

Na přístroje nesmí být ukládán žádný další materiál.

## 12. ÚDAJE O ZÁRUCE

Na správnou funkci přístroje poskytuje k. p. TESLA Brno záruku v délce stanovené hospodářským zákoníkem č. 109/1964 Sb. ve znění č. 37/1971 Sb. (§§ 198, 135). Podrobnější údaje o délce záruční doby jsou uvedeny v záručním listě.

до  $+40^{\circ}\text{C}$  и при максимальной относительной влажности 80 %.

При длительном хранении прибор можно хранить в заводской таре при температуре в пределах  $-25^{\circ}\text{C}$  +  $+55^{\circ}\text{C}$  при относительной влажности воздуха 95 %.

В обоих случаях прибор следует защищать от воздействия погоды путем расположения его в удовлетворительных пространствах без пыли и паров химикалий.

На прибор не следует класть никакой другой материал.

## 12. УСЛОВИЯ ГАРАНТИИ

Конц. пр. ТЕСЛА Брно гарантирует правильную работу своих изделий в течение гарантийного срока для заказчиков стран-членов СЭВ и им равных, установленного общими условиями СЭВ 1968 г. (§§ 28 - 30).

Более подробные данные указаны в гарантийном свидетельстве.

$-5^{\circ}\text{C}$  to  $+40^{\circ}\text{C}$  at a maximum relative humidity of 80 %.

When packed in its original packing, the BM 545 instrument can be stored for any length of time at temperatures within the range of  $-25^{\circ}\text{C}$  to  $+55^{\circ}\text{C}$  at a relative humidity of up to 95 %.

In either case, the instrument must be protected from adverse atmospheric influences, by keeping it in a suitable room which is free from dust and chemical fumes.

No other material must be stacked on the stored instrument.

## 12. GUARANTEE

With customers outside Czechoslovakia, the guarantee conditions are agreed upon individually in every case.

The guarantee does not cover defects caused by incorrect application of the BM 545 micro-voltmeter - picoammeter.

Details about the guarantee terms are given in the Guarantee Certificate.



## 13. ROZPIS ELEKTRICKÝCH SOUČÁSTÍ

СПЕЦИФИКАЦИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ  
ДЕТАЛЕЙ

## LIST OF ELECTRICAL COMPONENTS

1X1 834 35 - BM 545/4

## Resistors:

No.	Type	Value	Tolerance ± %	Max. load W	Standard ČSSR
R1	Film	100 MΩ	2	0.5	1AK 652 77
R2	Trimmer	4.7 MΩ	-	0.3	TP 112 4M7
R3	Film	104 kΩ	0.5	0.25	TR 162 104K ±0,5% <sub>0-1</sub>
R4	Film	100 MΩ	2	0.5	1AK 652 77
R5	Trimmer	4.7 MΩ	-	0.3	TP 112 4M7
R6	Film	100 kΩ	5	0.25	TR 191 100K/J
R7	Film	100 kΩ	5	0.25	TR 191 100K/J
R8	Film	100 kΩ	5	0.25	TR 191 100K/J
R9	Film	390 kΩ	10	0.25	TR 151 M39/A
R10	Trimmer	680 kΩ	-	0.5	TP 011 M68
R11	Film	680 kΩ	5	0.25	TR 191 680K/J
R12	Film	619 kΩ	0.5	0.5	TR 163 619K ±0,5% <sub>0-1</sub>
R13	Film	383 kΩ	0.5	0.25	TR 162 383K ±0,5% <sub>0-1</sub>
R14	Film	100 kΩ	0.5	1	TR 164 M1 ±0,5% <sub>0-1</sub>
R15	Film	10 kΩ	0.5	0.25	TR 162 10K ±0,5% <sub>0-1</sub>
R16	Film	1 kΩ	0.5	0.25	TR 162 1K ±0,5% <sub>0-1</sub>
R17	Film	100 Ω	0.5	0.25	TR 162 100 ±0,5% <sub>0-1</sub>
R18	Film	10 Ω	1	0.25	TR 162 10 ±1% <sub>0</sub>
R25	Film	898 Ω	0.5	0.25	TR 162 898 ±0,5% <sub>0-1</sub>
R26	Film	100 Ω	0.5	0.25	TR 162 100 ±0,5% <sub>0-1</sub>
R27	Film	1 MΩ	10	0,25	TR 151 1M/A
R29	Potentiometr	10 kΩ	-		1AN 691 28
R30	Film	100 kΩ	10	0.25	TR 151 M1/A
R31	Film	15 kΩ	10	0.25	TR 151 15K/A
R33	Film	1.5 MΩ	10	0.25	TR 151 1M5/A
R36	Film	10 kΩ	10	0.25	TR 151 10k/A
R37	Film	3.9 MΩ	5	0.5	TR 152 3M9/B
R55	Film	22 kΩ	10	0.25	TR 151 22K/A
R56	Trimmer	100 kΩ	-	0.5	TP 012 M1
R57	Film	150 kΩ	10	0.25	TR 151 M15/A
R58	Film	4.7 kΩ	10	0.25	TR 151 4K7/A
R59	Film	3.3 MΩ	5	0.5	TR 152 3M3/B
R60	Film	22 kΩ	10	0.25	TR 151 22K/A
R61	Film	220 kΩ	5	0.25	TR 191 220K/J

No.	Type	Value	Tolerance ± %	Max. load W	Standard ČSSR
R62	Trimmer	10 kΩ	-	0.5	TP 012 10k
R63	Film	100 kΩ	5	0.25	TR 191 100K/J
R64	Film	100 kΩ	0.5	0.25	TR 162 M1 ±0,5% <sub>0-1</sub>
R65	Trimmer	10 kΩ	-	0.5	TP 012 10k
R66	Film	22 kΩ	5	0.25	TR 191 22K/J
R67	Film	100 kΩ	5	0.25	TR 191 100K/J
R68	Film	8.98 kΩ	0.5	0.25	TR 162 8K98 ±0,5% <sub>0-1</sub>
R69	Film	510 kΩ	5	0.25	TR 191 510K/J
R70	Trimmer	100 Ω	-	0.5	TP 012 100
R71	Film	2.2 kΩ	5	0.25	TR 191 2K2/J
R72	Film	619 kΩ	0.5	0.5	TR 163 M619 ±0,5% <sub>0-1</sub>
R73	Film	383 kΩ	0.5	0.25	TR 162 M383 ±0,5% <sub>0-1</sub>
R74	Film	510 kΩ	5	0.25	TR 191 510K/J
R75	Trimmer	1 kΩ	-	0.5	TP 012 1K
R76	Film	5.6 kΩ	5	0.25	TR 191 5K6/J
R77	Film	100 kΩ	0.5	0.25	TR 162 M1 ±0,5% <sub>0-1</sub>
R78	Film	100 kΩ	5	0.25	TR 191 100K/J
R79	Film	220 kΩ	5	0.25	TR 191 220K/J
R80	Trimmer	10 kΩ	-	0.5	TP 012 10k
R81	Film	100 kΩ	0.5	0.25	TR 162 M1 ±0,5% <sub>0-1</sub>
R82	Film	47 kΩ	10	0.25	TR 151 47K/A
R83	Film	47 kΩ	10	0.25	TR 151 47K/A
R84	Film	560 Ω	10	0.25	TR 151 560/A
R85	Film	560 Ω	10	0.25	TR 151 560/A
R86	Film	68 kΩ	10	0.25	TR 151 68K/A
R87	Film	68 kΩ	10	0.25	TR 151 68K/A
R88	Film	220 kΩ	10	0.25	TR 151 M22/A
R89	Film	220 kΩ	10	0.25	TR 151 M22/A
R90	Film	1.5 kΩ	10	0.25	TR 151 1K5/A
R91	Film	22 kΩ	10	0.25	TR 151 22K/A
R92	Film	330 kΩ	10	0.25	TR 151 M33/A
R93	Film	100 Ω	10	0.25	TR 151 100/A
R94	Film	9.1 kΩ	5	0.25	TR 151 9K1/B
R95	Film	2.2 MΩ	5	0.25	TR 151 2M2/B

No.	Type	Value	Tolerance ± %	Max. load W	Standard CSSR
R96	Film	2.2 MΩ	5	0.25	TR 151 2M2/B
R97	Wire-wound	1 Ω	0.5	-	1AK 668 70
R98	Film	56 Ω	10	0.25	TR 151 56/A
R99	Film	56 Ω	10	0.25	TR 151 56/A
R100	Film	56 Ω	10	0.25	TR 151 56/A
R101	Film	56 Ω	10	0.25	TR 151 56/A
R102	Film	1 kΩ	5	0.25	TR 151 1K/B
R111	Film	10 kΩ	1	0.25	TR 191 10K/F
R112	Film	10 kΩ	1	0.25	TR 191 10K/F
R113	Film	715 Ω	1	0.25	TR 191 715/F
R114	Film	7.5 kΩ	5	0.25	TR 151 7K5/B
R115	Film	7.15 kΩ	0.5	0.125	TR 161 7K15 ±0.5%·1
R116	Film	15 kΩ	-	0.25	TR 151 15K
R117	Film	8.2 Ω	5	0.25	TR 191 8R2/J
R118	Film	8.2 Ω	5	0.25	TR 191 8R2/J
R119	Film	1 kΩ	-	0.25	TR 151 1K
R120	Film	15 kΩ	-	0.25	TR 151 15K
R121	Film	1 kΩ	-	0.25	TR 151 1K
R122	Film	1 kΩ	-	0.25	TR 151 1K
R123	Film	1.5 kΩ	-	0.25	TR 151 1K5
R124	Film	3.92 kΩ	1	0.25	TR 191 3K92/F
R125	Film	8.2 kΩ	10	0.25	TR 151 8K2/A
R126	Film	22 Ω	20	0.125	TR 212 22R/M
R127	Film	22 Ω	20	0.125	TR 212 22R/M
R128	Wire-wound	0.3 Ω	2	-	1AA 669 21
R129	Film	1 kΩ	-	0.25	TR 151 1K
R130	Film	56 Ω	5	0.25	TR 151 56/B
R131	Film	22 kΩ	5	0.25	TR 151 22K/B
R132	Film	2.15 kΩ	1	0.25	TR 191 2K15/F
R133	Film	4.99 kΩ	1	0.25	TR 191 4K99/F
R134	Trimmer	2.2 kΩ	-	0.5	TP 012 2K2
R135	Film	150 kΩ	-	0.25	TR 151 M15
R136	Film	150 kΩ	-	0.25	TR 151 M15
R137	Film	47 kΩ	-	0.25	TR 151 47K
R138	Film	47 kΩ	-	0.25	TR 151 47K
R139	Film	3.3 kΩ	5	0.25	TR 151 3k3/B
R140	Film	3.3 kΩ	5	0.25	TR 151 3k3/B
R141	Film	5.6 kΩ	10	0.25	TR 151 5K6/A
R142	Film	5.6 kΩ	10	0.25	TR 151 5K6/A
R143	Film	1 kΩ	5	0.25	TR 151 1K/B

No.	Type	Value	Tolerance ± %	Max. load W	Standard CSSR
R144	Film	47 Ω	5	0.25	TR 151 47/B
R145	Film	1 MΩ	-	0.25	TR 151 1M
R146	Trimmer	33 kΩ	-	0.5	TP 011 33K
R147	Film	150 kΩ	-	0.25	TR 151 M15
R148	Film	820 Ω	10	0.25	TR 151 820/A
R149	Trimmer	1 kΩ	-	0.5	TP 012 1K
R150	Trimmer	33 kΩ	-	0.5	TP 011 33K
R151	Film	100 kΩ	-	0.25	TR 151 M1
R152	Trimmer	680 Ω	-	0.5	TP 012 680
R153	Film	150 kΩ	-	0.25	TR 151 M15
R154	Film	1.5 kΩ	-	0.25	TR 151 1K5
R155	Film	10 MΩ	-	1	TR 153 10M
R156	Film	10 MΩ	-	1	TR 153 10M
R157	Film	1 MΩ	-	0.25	TR 151 1M
R158	Film	1 kΩ	-	0.25	TR 151 1K
R164	Film	100 kΩ	5	0.125	TR 161 100n ±5%
R165	Film	12 kΩ	5	0.125	TR 161 12n ±5%

### Capacitors:

No.	Type	Value	Tolerance ± %	Max. DC voltage V	Standard CSSR
C1	Tubular	68 000 pF	-	1000	TC 185 68k
C2	Polystyrene	10 000 pF	-	100	TC 281 10k
C3	Polystyrene	470 pF	10	100	TC 281 470/A
C4	Polystyrene	2200 pF	10	100	TC 281 2k2/A
C5	P.E.T.	0.1 μF	5	400	TC 276 M1/B
C6	P.E.T.	0.1 μF	5	400	TC 276 M1/B
C7	P.E.T.	0.1 μF	5	400	TC 276 M1/B
C9	P.E.T.	6800 pF	-	400	TC 276 6k8
C10	Polystyrene	22 pF	-	100	TC 281 22
C11	Electrolytic	1 μF	-	40	TE 125 1M
C12	Electrolytic	1 μF	-	40	TE 125 1M
C16	P.E.T.	10 000 pF	10	160	TC 279 10k/A
C17	P.E.T.	0.1 μF	5	160	TC 279 M1/B
C18	Polystyrene	1800 pF	10	100	TC 281 1k8/A
C19	Polystyrene	10 000 pF	10	100	TC 281 10k/A

No.	Type	Value	Tolerance ± %	Max. DC voltage V	Standard CSSR
C20	P.E.T.	0.15 μF	10	160	TC 279 M15/A
C21	Tubular	2 μF	-	100	TC 180 2M
C22	Ceramic	0.1 μF	+80 - 20	32	TK 783 100n/Z
C23	Ceramic	0.1 μF	+80 - 20	32	TK 783 100n/Z
C24	Ceramic	1000 pF	+50 - 20	40	TK 744 1n/S
C25	Ceramic	1000 pF	+50 - 20	40	TK 744 1n/S
C26	Ceramic	0.1 μF	+80 - 20	32	TK 783 100n/Z
C27	Ceramic	0.1 μF	+80 - 20	32	TK 783 100n/Z
C28	Tubular	1 μF	-	100	TC 180 1M
C29	Ceramic	4700 pF	+50 - 20	40	TK 744 4n7/S
C30	P.E.T.	10 000 pF	5	160	TC 279 10k/B
C31	Ceramic	0.1 μF	+80 - 20	32	TK 783 100n/Z
C32	Ceramic	0.1 μF	+80 - 20	32	TK 783 100n/Z
C33	Ceramic	220 pF	10	40	TK 794 220p/K
C41	Electrolytic	200 μF	-	35	TE 986 200M
C42	Electrolytic	200 μF	-	35	TE 986 200M
C43	Ceramic	100 pF	10	40	TK 794 100p/K
C44	Ceramic	4700 pF	+50 - 20	250	TK 745 4n7/S
C45	Ceramic	220 pF	10	40	TK 794 220p/K
C46	Electrolytic	50 μF	-	15	TE 004 50M
C47	Ceramic	22 000 pF	+80 - 20	32	TK 783 22n/Z
C48	Ceramic	22 000 pF	+80 - 20	32	TK 783 22n/Z
C49	Electrolytic	200 μF	-	35	TE 986 200M
C50	Electrolytic	200 μF	-	35	TE 986 200M
C51	Electrolytic	1000 μF	-	15	TE 984 1000M · PVC
C52	Ceramic	470 pF	5	40	TK 774 470p/J
C53	Ceramic	22 000 pF	+80 - 20	12.5	TK 782 22n/Z

No.	Type	Value	Tolerance ± %	Max. DC voltage V	Standard CSSR
C54	Electrolytic	500 μF	-	35	TE 986 500M
C55	Electrolytic	500 μF	-	35	TE 986 500M
C56	Ceramic	10 000 pF	+80 - 20	32	TK 783 10n/Z
C57	Tubular	1 μ	-	100	TC 180 1M
C58	Ceramic	0.1 μ	+80 - 20	32	TK 783 100n/Z
C59	Ceramic	220 pF	10	40	TK 794 220p/K
C60	Ceramic	0.1 μF	+80 - 20	32	TK 783 100n/Z
C61	Polystyrene	100 pF	10	100	TC 281 100/A
C62	Ceramic	4700 pF	+50 - 20	250	TK 745 4n7/S

#### Transformers and coils:

Component	Marking	Drawing	No. of tap	No. of turns	Wire Ø in mm
Transformer	TR1	1AN 664 02			
Coil		1AK 625 62	1 - 2	layer	0.236
			3 - 4	880	0.236
			5 - 6	880	0.236
			7 - 8	80	0.355
			9 - 10	layer	0.236
Coil		1AK 625 63	1 - 2	layer	0.250
			3 - 4	175	0.160
			5 - 6	175	0.160
			7 - 8	105	1.00
			9 - 10	layer	0.250

#### Further electrical components:

Component	Type - Value	Drawing No.
Pair of transistor E1, E45	KF521	1AN 115 02
Transistor E2, E9, E10	KF521	



Component	Type - Value	Drawing No.
Transistor E3, E4, E40, E41	KC509	
Transistor E8	WSH218	
Integrated circuit E11	MAA725	
Integrated circuit E12, E25, E44	MAA501	
Diode E13, E14	KZ141	
Transistor E21, E27	KFY18	
Transistor E22	KF506	
Diode E23, E24, E46, E47	KA261	
Integrated circuit E26, E34	MAA723H	
Diode E28 - E31	KY130/150	
Diode E32	1NZ70	
Transistor E33	KD602	
Thyristor E35	KT501	
Diode E36, E37	KY940/150	
Diode E38, E39	KY950/150	
Integrated circuit E42	MH7472	
Integrated circuit E43	MH7400	
Fuse cartridge P1	T 200 mA for 220 V	ČSN 35 4733.3
Fuse cartridge P1	T 400 mA for 120 V	ČSN 35 4733.3
Fuse cartridge P2	F 2A	ČSN 35 4733.2

1X1 834 35 - BM 545/5

Resistors:

No.	Type	Value	Tolerance ± %	Max. load W	Standard ČSSR
R1	Film	150 kΩ	1	0.25	TR 161 150K/±1%
R2	Film	1.8 kΩ	5	0.25	TR 151 1K8/B
R3	Trimmer	100 kΩ	-	0.5	TP 012 100K
R4	Film	51.1 kΩ	1	0.125	TR 161 51K1/±1%
R4	Film	82.5 kΩ	1	0.125	TR 161 82K5/F
R4	Film	120 kΩ	1	0.125	TR 161 M12/±1%
R5	Film	1.5 kΩ	10	0.25	TR 151 1K5/A
R6	Film	120 kΩ	0.5	0.125	TR 161 M12/±0.5% <sub>0-1</sub>
R7	Film	3.3 MΩ	5	0.5	TR 152 3M3/B
R8	Film	1.8 kΩ	5	0.25	TR 151 1K8/B
R9	Trimmer	100 kΩ	-	0.5	TP 012 100K

No.	Type	Value	Tolerance ± %	Max. load W	Standard ČSSR
R10	Film	51.1 kΩ	1	0.125	TR 161 51K1/±1%
R10	Film	82.5 kΩ	1	0.125	TR 161 82K5/F
R10	Film	120 kΩ	0.5	0.125	TR 161 M12/±0.5% <sub>0-1</sub>
R11	Film	56 Ω	5	0.25	TR 151 56/B
R12	Film	120 kΩ	0.5	0.125	TR 161 M12/±0.5% <sub>0-1</sub>
R13	Film	3.3 MΩ	5	0.5	TR 152 3M3/B
R14	Film	10 MΩ	10	1	TR 153 10M/A
R15	Film	270 kΩ	5	0.25	TR 151 270K/B
R16	Film	2.2 MΩ	5	0.25	TR 151 2M2/B
R17	Trimmer	100 kΩ	-	0.5	TP 012 100K
R18	Film	150 kΩ	1	0.125	TR 161 150K/±1%
R19	Trimmer	100 kΩ	-	0.5	TP 012 100K
R20	Film	10 kΩ	5	0.25	TR 151 10K/B
R21	Film	6.8 kΩ	5	0.25	TR 151 6K8/B
R22	Film	6.8 kΩ	5	0.25	TR 151 6K8/B
R23	Film	8.2 kΩ	5	0.25	TR 151 8K2/B
R24	Film	6.8 kΩ	5	0.25	TR 151 6K8/B
R25	Film	10 kΩ	5	0.25	TR 151 10K/B
R26	Film	3.9 kΩ	10	0.25	TR 151 3K9/A
R27	Film	1.8 kΩ	5	0.25	TR 151 1K8/B
R28	Film	15 kΩ	10	0.25	TR 151 15K/A
R29	Film	2.7 kΩ	10	0.25	TR 151 2K7/A
R30	Film	27 Ω	10	0.25	TR 151 27/A
R31	Film	2.2 kΩ	10	0.25	TR 151 2K2/A
R32	Film	3.9 kΩ	10	0.25	TR 151 3K9/A
R33	Film	2.2 kΩ	10	0.25	TR 151 2K2/A
R34	Film	10 kΩ	5	0.25	TR 151 10K/B
R35	Film	27 kΩ	5	0.25	TR 151 27K/B
R36	Film	2.2 kΩ	10	0.25	TR 151 2K2/A
R37	Film	33 kΩ	5	0.25	TR 151 33K/B
R38	Film	10 kΩ	5	0.25	TR 151 10K/B
R39	Film	27 kΩ	5	0.25	TR 151 27K/B
R40	Film	33 kΩ	5	0.25	TR 151 33K/B
R41	Film	2.2 kΩ	10	0.25	TR 151 2K2/A
R42	Film	10 kΩ	5	0.25	TR 151 10K/B
R43	Film	27 kΩ	5	0.25	TR 151 27K/B
R44	Film	33 kΩ	5	0.25	TR 151 33K/B
R45	Film	2.2 kΩ	10	0.25	TR 151 2K2/A
R46	Film	10 kΩ	5	0.25	TR 151 10K/B
R47	Film	27 kΩ	5	0.25	TR 151 27K/B

No.	Type	Value	Tolerance ± %	Max. load W	Standard ČSSR
R48	Film	33 kΩ	5	0.25	TR 151 33K/B
R49	Film	3.3 MΩ	5	0.5	TR 152 3M3/B
R50	Film	82 kΩ	5	0.25	TR 151 82K/B
R51	Film	2.2 MΩ	10	0.25	TR 151 2M2/A
R52	Film	220 Ω	10	0.25	TR 151 220/A
R53	Film	1.2 kΩ	10	0.25	TR 151 1K2/A
R54	Film	470 Ω	10	0.25	TR 151 470/A
R55	Film	470 Ω	10	0.25	TR 151 470/A
R56	Film	470 Ω	10	0.25	TR 151 470/A
R57	Film	3.9 kΩ	10	0.25	TR 151 3K9/A
R58	Film	3.3 kΩ	10	0.125	TR 211 3K3/K
R60	Film	3.3 kΩ	10	0.125	TR 211 3K3/K
R61	Film	1 kΩ	10	0.125	TR 211 1K/K
R62	Film	68 Ω	10	0.25	TR 191 68R/K
R63-R85	Film	120 (180) Ω	10	0.125	TR 211 120 (180) R/K
R86	Film	3.3 kΩ	10	0.125	TR 211 3K3/K
R87	Film	1 kΩ	10	0.125	TR 211 1K0/K
R88	Film	3.3 kΩ	10	0.125	TR 211 3K3/K
R89	Film	1 kΩ	10	0.125	TR 211 1K0/K
R90	Film	3.3 kΩ	10	0.125	TR 211 3K3/K
R91	Film	1 kΩ	10	0.125	TR 211 1K0/K
R92-R99	Film	100 Ω	5	0.25	TR 151 100/B
R100	Film	3.9 kΩ	5	0.25	TR 151 3K9/B
R101	Film	470 Ω	5	0.25	TR 151 470/B
R102	Film	6.8 kΩ	5	0.25	TR 151 6K8/B
R103	Film	620 Ω	5	0.25	TR 151 620/B
R104	Film	3.9 kΩ	5	0.25	TR 151 3K9/B
R105	Film	3.9 kΩ	5	0.25	TR 151 3K9/B
R106	Film	100 Ω	5	0.25	TR 151 100/B
R107	Film	100 Ω	5	0.25	TR 151 100/B
R108	Film	100 kΩ	5	0.25	TR 151 M1/B
R109	Film	180 Ω	5	0.25	TR 151 180/B
R110	Film	100 Ω	5	0.25	TR 151 100/B
R111	Film	2 kΩ	5	0.25	TR 151 2K/B
R112	Film	470 Ω	5	0.25	TR 151 470/B
R113	Film	3.3 kΩ	5	0.25	TR 151 3K3/B
R114	Film	620 Ω	5	0.25	TR 151 620/B
R115	Film	6.8 kΩ	5	0.25	TR 151 6K8/B
R116	Film	3.9 kΩ	5	0.25	TR 151 3K9/B
R117	Film	3.9 kΩ	5	0.25	TR 151 3K9/B

No.	Type	Value	Tolerance ± %	Max. load W	Standard ČSSR
R118	Film	100 kΩ	5	0.25	TR 151 M1/B
R119	Film	180 Ω	5	0.25	TR 151 180/B
R120	Film	100 Ω	5	0.25	TR 151 100/B
R121	Film	2 kΩ	5	0.25	TR 151 2K/B
R122	Film	470 Ω	5	0.25	TR 151 470/B
R123	Film	3.3 kΩ	5	0.25	TR 151 3K3/B
R124	Film	620 Ω	5	0.25	TR 151 620/B
R125	Film	6.8 kΩ	5	0.25	TR 151 6K8/B
R126	Film	100 kΩ	5	0.25	TR 151 M1/B
R127	Film	180 Ω	5	0.25	TR 151 180/B
R128	Film	100 Ω	5	0.25	TR 151 100/B
R129	Film	2 kΩ	5	0.25	TR 151 2K/B
R130	Film	10 kΩ	5	0.25	TR 151 10K/B
R131	Film	39 Ω	10	0.25	TR 191 39R/K
R161-R163	Film	120 Ω	10	0.125	TR 211 120R/K

### Capacitors:

No.	Type	Value	Tolerance ± %	Max. DC voltage V	Standard ČSSR
C1	P.E.T.	1 μF	-	160	TC 279 1M
C2-C8	Electrolytic	20 μF	-	25	TE 154 20M
C9	Ceramic	0.1 μF	+80 -20	12.5	TK 782 100n/Z
C10	Ceramic	4700 pF	+50 -20	40	TK 724 4n7/S
C11	Ceramic	220 pF	20	250	TK 795 220p/M
C12	Tubular	2 μF	-	100	TC 180 2M
C13	Tubular	2 μF	-	100	TC 180 2M
C14	Ceramic	2200 pF	+50 -20	40	TK 744 2n2/S
C15	Ceramic	2200 pF	+50 -20	40	TK 744 2n2/S
C16	Ceramic	2200 pF	+50 -20	40	TK 744 2n2/S
C17	Ceramic	1000 pF	+50 -20	40	TK 724 1n/S
C18	Ceramic	1000 pF	+50 -20	40	TK 724 1n/S

No.	Type	Value	Tolerance ± %	Max. DC voltage V	Standard CSSR
C19	Ceramic	10 000 pF	20	40	TK 724 10n/M
C20	Ceramic	1000 pF	+50 - 20	40	TK 724 1n/S
C21	Ceramic	10 000 pF	20	40	TK 724 10n/M
C22	Ceramic	1000 pF	+50 - 20	40	TK 724 1n/S
C23	Ceramic	10 000 pF	20	40	TK 724 10n/M
C24	Ceramic	4700 pF	+80 - 20	32	TK 783 4n7/Z
C25	Electrolytic	50 μF	-	10	TE 152 50M
C26-C31	Ceramic	0.1 μF	+80 - 20	12.5	TK 782 100n/Z
C32	Electrolytic	50 μF	-	10	TE 152 50M
C33-C40	Ceramic	0.1 μF	+80 - 20	32	TK 783 100n/Z
C41	Electrolytic	50 μF	-	10	TE 152 50M
C42-C44	Ceramic	0.1 μF	+80 - 20	32	TK 783 100n/Z
C45	Electrolytic	50 μF	-	10	TE 152 50M
C46-C50	Ceramic	0.1 μF	+80 - 20	32	TK 783 100n/Z
C51	Electrolytic	50 μF	-	10	TE 152 50M
C52-C55	Ceramic	0.1 μF	+80 - 20	32	TK 783 100n/Z
C56	Electrolytic	50 μF	-	10	TE 152 50M
C57-C61	Ceramic	0.1 μF	+80 - 20	32	TK 783 100n/Z
C62	Electrolytic	50 μF	-	10	TE 152 50M
C63-C67	Ceramic	0.1 μF	+80 - 20	32	TK 783 100n/Z
C68	Electrolytic	50 μF	-	10	TE 152 50M
C69-C74	Ceramic	0.1 μF	+80 - 20	32	TK 783 100n/Z
C75	Tubular	0.1 μF	10	160	TC 181 100n/A
C76	Ceramic	0.1 μF	+80 - 20	32	TK 783 100n/Z
C77	P.E.T.	22 000 pF	-	160	TC 279 22K
C81	Ceramic	0.1 μF	+80 - 20	32	TK 783 100n/Z

### Further electrical components:

Component	Type - Value	Drawing No.
Transistor E1-E4	KF521	1AN 758 68
Reference diodes E7, E8		
Operating amplifier E9	MAA502	
Transistor E10, E11, E12, E14		
E15, E20-E24, E47, E48, E55-E57	KC508	
Transistor E13	KF517	
Diode E5, E6, E16-E19, E42	KA261	
Integrated circuit E25, E35, E37, E38, E61-E70	MH7400	
Integrated circuit E26, E28, E30, E32	MH7490	
Integrated circuit E27, E29, E31, E33	MH7475	
Integrated circuit E34, E39	MH7474	
Integrated circuit E36, E41, E54, E60, E71	MH7410	
Integrated circuit E40, E58	MH7420	
Integrated circuit E43	MH7440	
Integrated circuit E44, E45, E46	D147C	
Integrated circuit E49-E53	LQ410 (ITT)	
Integrated circuit E59	MH7430	
Integrated circuit E61-E70	MH7400	
Diode E72-E77	KA206	

Součásti, které jsou označeny výkresovým číslem 1AN.... jsou vybírány tak, aby odpovídaly speciálním předpisům.

Детали обозначенные 1AN.... выбираются согласно специальным предписаниям.

Components designated with drawing number 1AN.... are selected according to special regulations.



## SEZNAM PŘÍLOH:

### Desky s plošnými spoji:

BM 545/1 - 1AF 017 57 - Deska sestavená  
BM 545/2 - 1AF 017 58 - Deska sestavená  
BM 545/3 - 1AF 017 59 - Zdroj - Vstupní  
část

### Diagram

BM 545/4 - } 1X1 834 35 - Mikrovoltmetr -  
BM 545/5 - } pikoampérmetr

## ПЕРЕЧЕНЬ ПРИЛОЖЕНИЙ

### Пластины с печатным монтажом:

BM 545/1 - 1AF 017 57 - Пластина в сборе  
BM 545/2 - 1AF 017 58 - Пластина в сборе  
BM 545/3 - 1AF 017 59 - Источник питания  
- Входной блок

### Схемы включения:

BM 545/4 - } 1X1 834 35 - Микровольт-  
BM 545/5 - } метр -  
- пикоамперметр

## ENCLOSURES

### Printed circuit boards

BM 545/1 - 1AF 017 57 - Board assembled  
BM 545/2 - 1AF 017 58 - Board assembled  
BM 545/3 - 1AF 017 59 - Power supply -  
Input part

### Diagrams:

BM 545/4 - } 1X1 834 35 - Microvoltmeter -  
BM 545/5 - } picoammeter