

# Měřicí přístroj DIMO

Ing. Petr Zeman

O užitečnosti a potřebě univerzálního měřidla není potřeba příznivce elektroniky přesvědčovat. Ceny analogových přístrojů se však nepohybují v úrovni běžných výdajů a jejich digitální verze na našem trhu mnohé odrazuje představou vážného narušení rodinného rozpočtu, případně úspor. Zájemcům o stavbu „ekonomické varianty“ digitálního multimetru je určena dále popsaná konstrukce.

## Koncepce řešení

Dnes není problém navrhnout digitální multimetr s měřením řady veličin, testováním prvků a dalšími funkcemi i při použití součástek tuzemské výroby. Budeme-li současně respektovat požadavek odolnosti proti poškození nesprávnou manipulací, bude výsledkem relativně složitý a rozměrný přístroj, který může úspěšně postavit jen omezený počet zájemců. Protože cílem bylo navrhnout měřidlo dostupné širokému okruhu uživatelů, s příznivými náklady, co nejdostupnějšími součástkami i konstrukčním provedením, bylo jako základní funkce zvoleno měření stejnosměrného a střídavého napětí a stejnosměrného a střídavého proudu. Další funkce je pak možno řešit pomocí doplňků – adaptérů.

Základní částí přístroje je celý funkční blok „Digitální voltmetr ADM 2001“, jež stavebnice se prodává za příznivou cenu 345,- Kčs.

Digitálnímu voltmetru je předřazen blok vstupních obvodů proudového a na-

pětového rozsahu, přepínače rozsahů, ochranných obvodů a lineárního usměrňovače. Tyto obvody jsou umístěny na jediné desce, shodné rozměrově s deskou ADM 2001. Obě desky spolu tvoří kompaktní celek, který může být vestavěn do popsané plastové skříňky vlastní výroby – viz obr. u titulků článku – nebo jiné, např. univerzální skříňky U6.

## Základní technické parametry

Měřené veličiny:  $U=, U_{AC}, I=, I_{AC}$ .

Pozn. Galvanicky oddělený napěťový a proudový okruh.

Měřicí rozsahy: 0,2 – 2 – 20 – 200 – 2000 mA, popř. V.

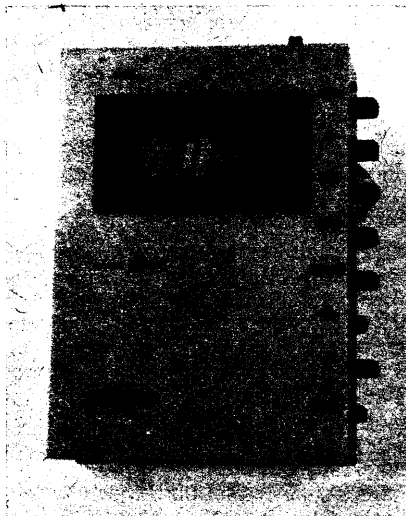
Chyba měření: typ. 1 % (podle individuálního nastavení).

Při měření napětí:

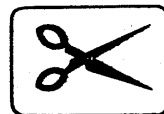
Jmenovitý vstupní odpor ( $R_{vst}$ ): 11,2 M $\Omega$  (ss), 5,3 M $\Omega$  (st).

Kmitočtový rozsah: min. 40 Hz až 1 kHz.

Pozn. Z důvodů bezpečnosti a mezního napětí použitých konstrukčních prvků je stanoveno přípustné vstupní napětí max. 250 V ( $U_{et}$ ).



VYBRALI JSME NA  
OBÁLKU



Při měření proudu:

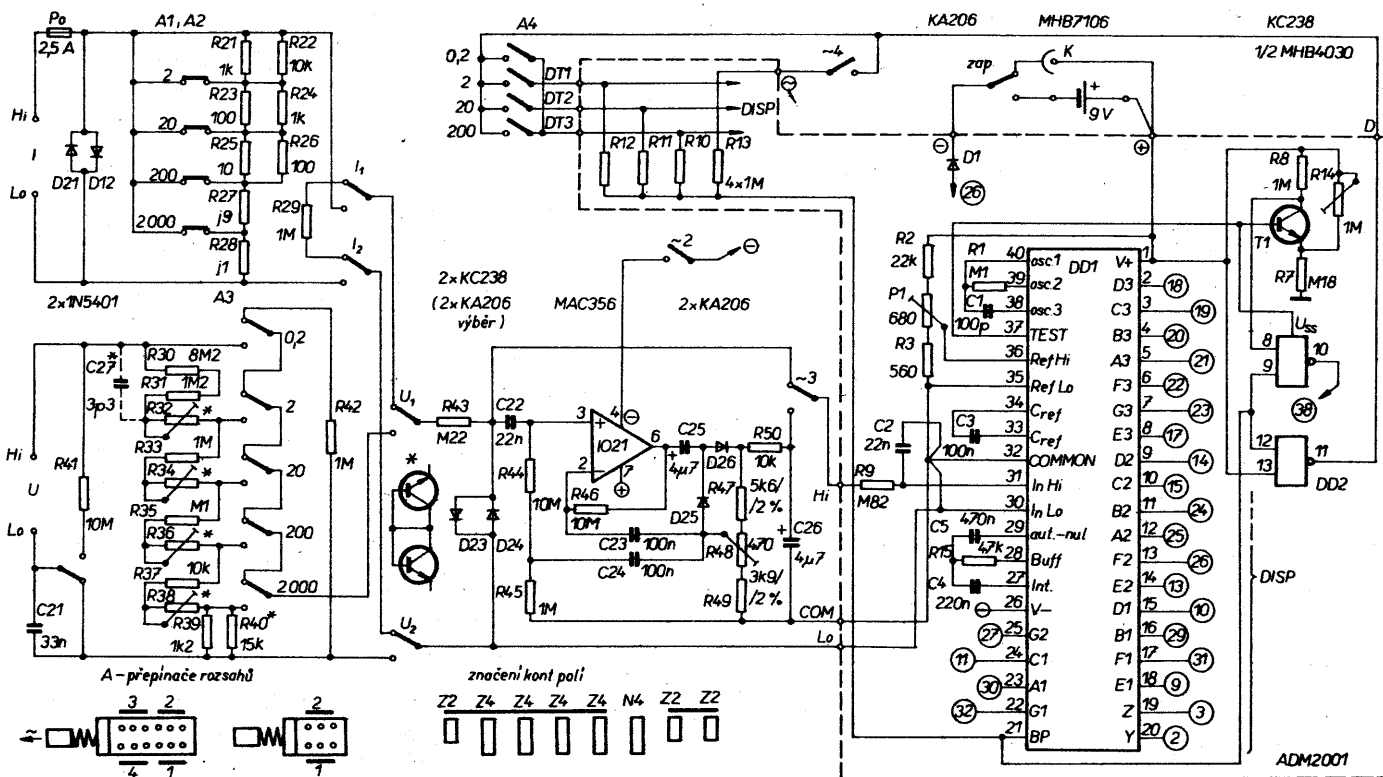
Jmenovitý úbytek napětí na svorkách při plném údaji: 0,2 V.

Přístroj je vybaven obvodem nadproudové ochrany s tavnou pojistkou.

Vnější rozměry: 145 x 105 x 45 mm.  
Hmotnost: 350 g.

## Popis zapojení

Schéma zapojení je na obr. 1. Přerušovanou čarou jsou vyznačeny obvody voltmetru ADM 2001. Srovnáním s pů-



Obr. 1. Schéma zapojení

vodním schématem stavebnice je zřejmé, že mohou být vypuštěny některé součástky. Indexy označení obvodových prvků voltmetru zůstaly ve schématu měřidla DIMO zachovány, součástky na desce vstupních obvodů začínají od indexu 21.

#### Proudový obvod:

D21, D22 a Po tvoří ochranný obvod proti nadproudovému přetížení. Ze zapojení je zřejmé, že i při vymáčknutých tlačítkách přepínače rozsahů zůstává zařazen nejnižší rozsah.

Nejvyšší rozsah vzhledem k proudovému namáhání spínají tři paralelně zařazené kontakty.

#### Napěťový obvod:

Kondenzátor C21 odděluje ss složku napětí při měření střídavého napětí. Dělič napětí se vyznačuje konstantním vstupním odporem pro všechny napěťové rozsahy. Záměrně byly zvoleny odpory dekádických hodnot, které lze vybrat i z běžně dostupných rezistorů, např. metalizovaných řady MLT.

Kondenzátor C27 přemostuje největší odpor v děliči a slouží k částečné kmitočtové kompenzaci. Pozn.: Přepínač rozsahů A přepíná současně kontakty A4 desetinné tečky displeje. Rezistory R29, R42 jsou připojeny na vstup obvodů měřidla, není-li stisknuto žádné z tlačítek „mA“, „V“, popř. není-li stisknuto žádné rozsahové tlačítko při měření napětí. Tim je zajištěn stálý (nulový) údaj displeje.

#### Přepínače napětí/proud:

Zajišťují galvanické oddělení obou obvodů. To spolu s činností ochranných obvodů přináší značnou výhodu – oba obvody (vstupní svorky) mohou být trvale připojeny do měřených zařízení a stačí přepínat měřena místa funkčními a rozsahovými tlačítky.

#### Lineární usměrňovač:

Je osazen operačním zesilovačem MAB356 s dvojicí tranzistorů FET na vstupu. Spolu se zavedenou zpětnou vazbou přes C24 je tím dosaženo velké vstupní impedance, nezátěžující obvod děliče napětí. R43, D23, D24 tvoří ochranu proti napěťovému přepětí. Antiparalelní zapojení přechodů báze-emitor řeší malou výtěžnost výběru diod (zbytkový proud, svody,  $U_p$ ). Aby se neuplatnil vliv svodových odporů kondenzátorů, jsou použity typy s kvalitním dielektrikem – fóliové a tantalové. 20 kHz při chybě 1 % oproti údaji na 1 kHz). Trimr R48 je určen ke kalibraci střídavých rozsahů.

#### Napájení:

Pokud nepracujeme s přístrojem „v terénu“, lze s výhodou (prodloužení životnosti destičkové baterie) použít vnější napájení. Ke spínání napájecího napětí je proto použit malý posuvný přepínač, který v poloze „vypnuto“ připojuje napájecí vodič multimetru na konektor vnějšího napájení.

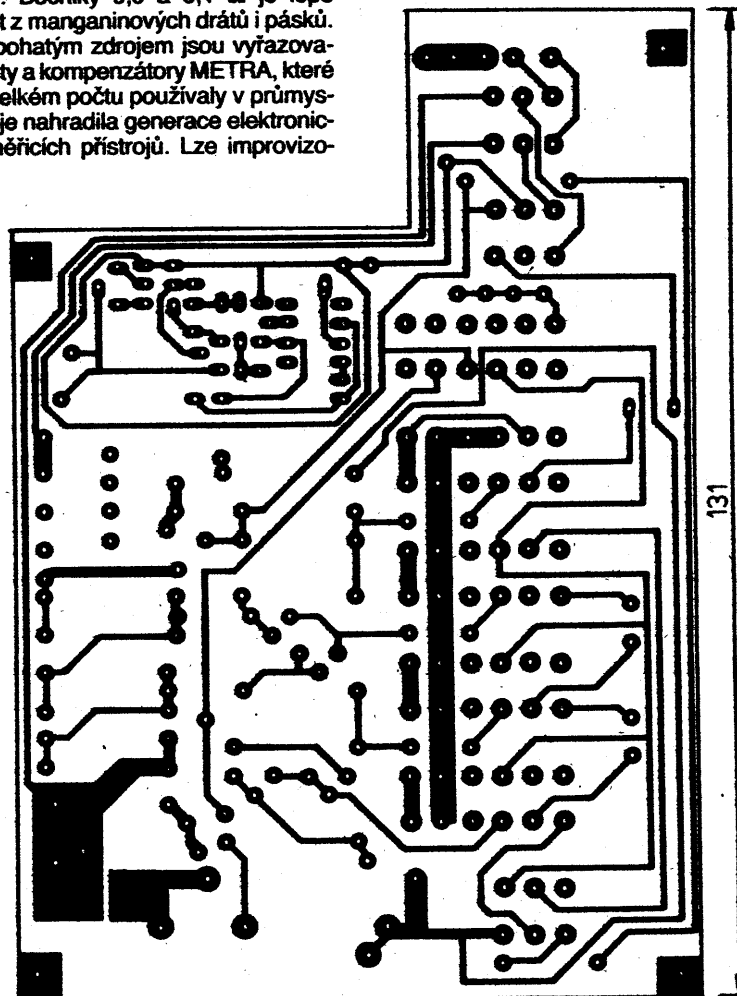
### Konstrukce přístroje

Digitální voltmetr ADM 2001 je po užití s minimálními mechanickými úpravami. Prakticky se omezují jen na vyvrtání upevňovacích otvorů podle desky vstupních obvodů s přizpůsobením spoje u vstupů REF Hi, REF Lo a na přinýtování držáku baterie ze strany spojů (doporučuji vložit ještě podložky pro zvětšení jeho vzdálenosti od desky). Při montáži pozor na držák displeje: je nasunut do desky tak, aby při pájení vystupovaly vývody na straně spojů z desky jen o 1 mm. Ostatní součástky mají po zapájení vývody zkráceny na minimální délku.

Deska vstupních obvodů (obr. 2, 3) se osazuje již změřenými rezistory (kombinace rezistorů) nebo rezistory s potřebnou malou odchylkou, zaručenou výrobcem. Pozice R32, R34, R36, R38 se osazují jen podle potřeby „pevnými“ rezistory nebo trimry řady TP 009. Součástky děliče napětí se vybírají tak, aby odpory rezistorů (popř. jejich kombinací), zapojených mezi sousední kontakty přepínače, byly právě v poměru 1 : 10, a odpor kombinace R39, R40 aby byl devítinou předchozího odporu. Volba typů rezistorů je dána především nabídkou prodejen. Nejlepší (a nejdražší) rezistory řady TR16x jsou málo dostupné, dalšími v pořadí podle kvality, dostupnosti a ceny jsou TR19x, MLT; podle nároků a vlastností mohou být použitelné i inovované rezistory s uhlíkovou vrstvou. Bočníky 0,9 a 0,1  $\Omega$  je lépe zhotovit z manganinových drátů i pásků. Jejich bohatým zdrojem jsou vyřazované mosty a kompenzátory METRA, které se ve velkém počtu používaly v průmyslu, než je nahradila generace elektronických měřicích přístrojů. Lze improvizovat i mnohonásobné paralelní kombinace. Pozor však na dostatečné dimenzování – pokud bude za stavu proudového přetížení úbytek na diodách D21, D22 dosahovat 0,8 V, je ztráta na rezistorech: 0,9  $\Omega$  ... 0,58 W, 0,1  $\Omega$  ... 6,4 W.

Přepínače typu Isostat v potřebné kombinaci jsou pájeny přímo do desky. V nouzi lze použít i dělenou sestavu, nepodaří-li se nám opatřit celistvou základovou lištu pro osm segmentů a s roztečí 15 mm. Nejdříve se zapájí pětice tlačítek se vzájemně závislou aretací pro přepínání rozsahů. Tlačítko 0,2 má jeden, ostatní dva páry kontaktů. Tlačítko  $\infty$  má samostatnou aretaci a dva kontaktní páry. Tlačítka funkcí mA, V jsou vzájemně závislá, s jedním kontaktním párem. Horní vývody tlačítek jsou zkráceny na délku 2 mm. Pojistka Po je připevněna kontaktem, vytvarovaným z pásku mosazného plechu tl. 1 mm, šířky 5 mm a délky 13 mm, který je přišroubován k desce ze strany spojů šrouby M2 až M3 s maticemi.

Ze strany spojů je umístěn i R30 (do děr v desce jsou nejdříve zanýtovány duté nýty o  $\varnothing$  2 mm). Drátové propojky ze strany spojů jsou na obr. 4 naznačeny přerušovanou čarou. Pozn.: R30 + R31 může tvořit jak libovolně sestavená kombinace, tak jediný rezistor. Sestava skříňky je zřejmá z obr. 5. Nežádoucím svodům je nutno předejít pečlivým očištěním kvalitní desky po pájení a ochrannou pájecím nebo impregnačním lakem.



Obr. 2. Obrazec plošných spojů desky Y68 vstupních obvodů

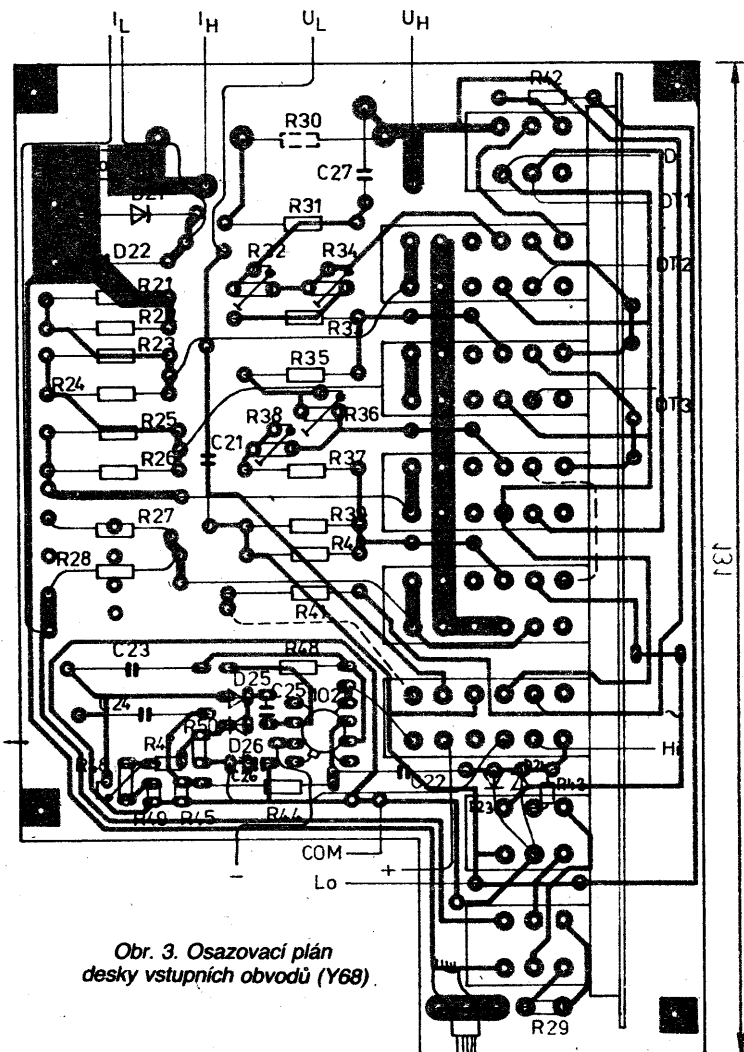
Skříňka je zhotovena z polystyrénových desek tloušťky 2 mm, prodáváných v různých barevných odstínech pod názvem „podmetová podložka“ v prodejnách potřeb pro vělaře za 7 Kčs. Manipulace s polystyrénovou deskou je velmi jednoduchá – po obou stranách a přes celou šířku desky se udělají podle pravít-

ka rýhy ostrým nožem a deska se v tomto místě zlomí přes hranu stolu. Tak se snadno získají všechny pravoúhlé díly skříňky (obr. 4). Z dílů s vyřezanými otvory se slepí skříňka např. lepidlem používaným modeláři. Hrany a povrch se zabrousí jemným smirkovým papírem. K popisu (obr. 6) jsou použity obtisky Propisot, fixované tenkým nástříkem bezbarvého laku.

## Nastavení

Nejllepší je použít profesionální multimetr vyšší třídy přesnosti, např. 0,1 %. Umožňuje-li měřit odpor, změříme a vybereme, popř. zkontrolujeme rezistory děliče napětí.

Nejdříve se uvede do chodu jednotka voltmetru ADM 2001, pak celý multimetr. Zdroj kalibračního napětí si můžeme vy-



Obr. 3. Osazovací plán desky vstupních obvodů (Y68).

## Seznam součástek

### Rezistory:

R21, R24	1 Ω, 1 %, TR 161 až 163, TR 191 až 193
R22	10 kΩ, 1 %, TR 161 až 163, TR 191 až 193
R23, R26	100 kΩ, 1 %, TR 161 až 163, TR 191 až 193
R25	10 Ω, 1 %, TR 161 až 163, TR 191 až 193
R27, R28	viz text
R29, R42, R45	1 MΩ, 10 %, TR 213, MLT 0,25
R30+R31	10 MΩ, 1 %, TR 193, TR 194, MLT 1
R33	1 MΩ, 1 %, TR 193, TR 194, MLT 1
R35	100 kΩ, 1 %, TR 161 až 163, TR 191 až 193,
R37	10 kΩ, 1 %, TR 161 až 163, TR 191 až 193
R39	2 kΩ, 1 %, TR 161, TR 191
R40	15 kΩ, 5 %, TR 213, MLT 0,25, viz text
R32, R34,	
R36, R38	viz text, pevné nebo TP 009
R43	220 kΩ, 10 %, TR 214, MLT 0,5
R44, R46	10 MΩ, 10 %, TR 193, MLT 1
R47	5,6 kΩ, 2 %, TR 191 (změň. MLT 0,25, TR 213)

### R49

R49	3,9 kΩ, 2 %, TR 191 (změň. MLT 0,25, TR 213)
R50	10 kΩ, 2 %, TR 191 (změň. MLT 0,25, TR 213)
R48	470 Ω, trimr TP 009

### Kondenzátory

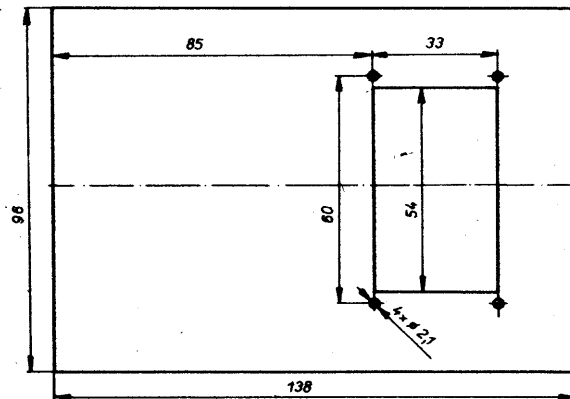
C21	33 nF, TC 208 (630 V)
C22	22 nF, TC 205
C23, C24	100 nF, TC 205
C25, C26	4,7 μF, TE 131, TE 133
C27	3,3 pF, TK 656

### Polovodičové součástky

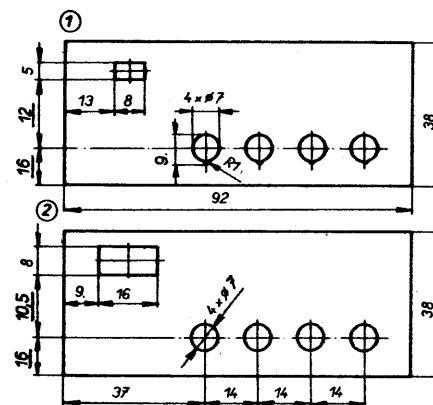
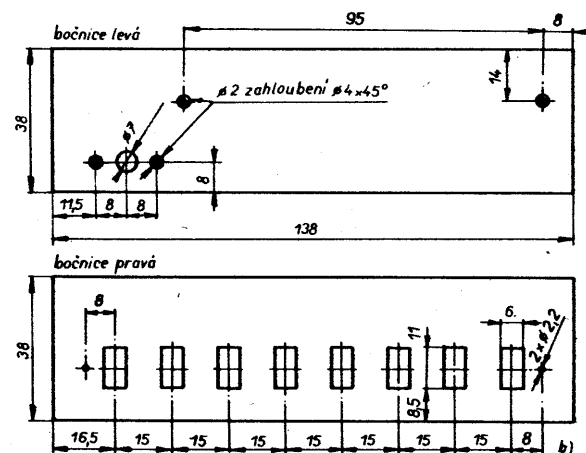
D21, D22	1N5401
D23, D24	KC238, viz. obr. 1
D25, D26	KA206
I021	MHB356, MAC156

### Ostatní součástky a konstrukční díly

Stavebnice digitálního voltmetru ADM 2001	1 ks
Přepínač z tlačítek Isostat – sestava podle textu	1 ks
Zdiřka přístrojová WK 454 04	4 ks
Napájecí konektor, zásuvka o Ø 6,8 mm	1 ks
Pojistková vložka T 2,5 A	1 ks
Miniaturní posuvný přepínač (náhradní díl UNITRA)	1 ks



- ① horní deska s děrami
- ② dolní deska bez děr



- ① čelní díl
- ② vnitřní díl
- ③ spodní díl (prov. bez děr)

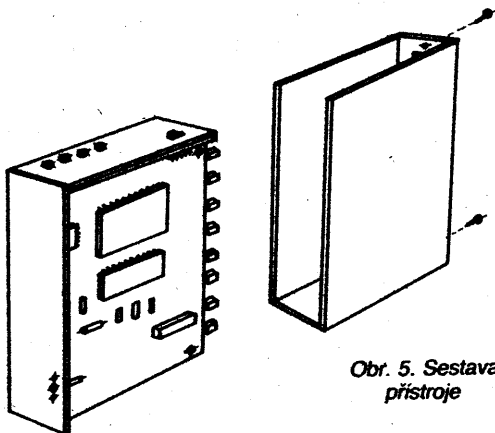
Obr. 4. Díly polystyrénové skříňky: a) horní a dolní deska, b) boční stěny, c) čela

tvořit z článku 1,5 V a dvou rezistorů, zapojených jako dělič tak, abychom získali napětí, blízké 200 mV (např. 180 mV). Přivedeme je současně na vstup měřidla DIMO i kalibračního mě-

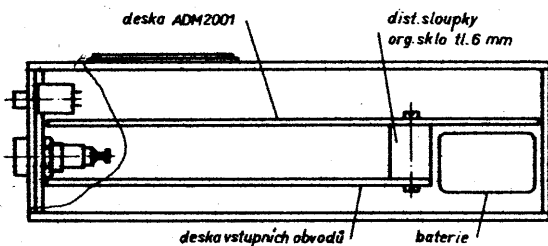
řidla. Zvolíme rozsah 0,2 a měření stejnosměrného napětí. Souhlasný údaj na oživeném multimetru nastavíme trimrem P1. Stejně postupujeme u střídavého napětí; zdrojem je nf generátor, popř.

i zvonkový transformátor. Údaje se nastaví trimrem R48.

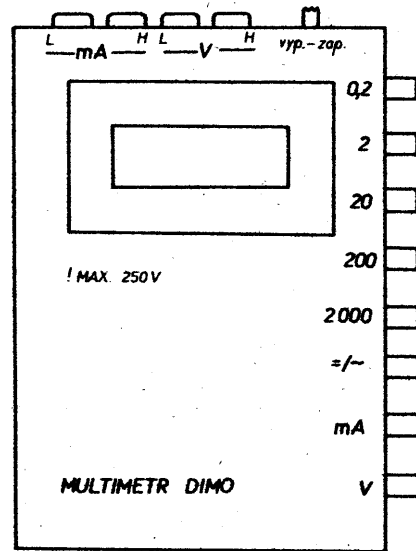
Je-li k dispozici vhodný zdroj napětí a proudu, zkontrolujeme všechny napěťové a proudové rozsahy. O kmitočtových vlastnostech se můžeme přesvědčit změřením kmitočtové charakteristiky na rozsahu 0,2 V. Pak stejně změříme průběh pro rozsah 2 V a podle potřeby charakteristiku upravíme změnou kapacity C27.



Obr. 5. Sestava přístroje



Obr. 6. Popis panelu přístroje



## NĚKOLIK POZNÁMEK K PŘEMAGNETOVÁNÍ PERMANENTNÍCH MAGNETŮ

Domnívám se, že nejednomu pracovníku se vyskytl problém přemagnetování, případně zmagnetování ocelového nebo slitinového magnetu. Je poměrně mnoho prací z teorie magnetismu, ale poměrně málo prací existuje o zmagnetování magnetů a ještě méně o manipulaci s hotovými magnety. Pokud se týká magnetizace, doporučuji zvláště [2] a [3]. Pokud se jedná o manipulaci s permanentními magnety, lit. [4].

Ne tak jednoduchou záležitostí je zmagnetování sestaveného systému. První informace o přemagnetování magnetů měřících přístrojů jsem našel v [1], kde autor článku doporučuje přemagnetovat systém tím způsobem, že se provede dostatečně silný vodič stávajícím magnetickým okruhem, načež vodičem vedeme stejnosměrný proud z 12 V autobaterie o kapacitě 150 Ah. Totéž, že je možné provést stejnosměrným svářecím agregátem.

První způsob jsem neměl možnost odzkoušet, proto jsem to zkusil stejnosměrným svářecím agregátem – bohužel, s nevalným výsledkem.

V [2] je popsáno několik způsobů zmagnetování jak přímých, tak i tvarovaných magnetů – ovšem do tvaru podkovy nejvýše. Za nejcennější považují poznatky uvedené v [3], kdy autor uvádí dokonalé zmagnetování slitinových magnetů, tj. při maximální indukci, jež odpovídá intenzitě magnetického pole u slitin AlNi, AlNiCo 250 až 300 kA/m a u tvrdých feritů až 1000 kA/m. Přitom, jak uvádí autor, musí být směr magnetického pole v prostoru bez vloženého magnetu shodný s žádaným směrem magnetických siločar ve vlastním magnetu. Nelze tedy

např. magnetovat zakřivené magnety (pokud jejich křivost není nepatrná) mezi rovnými čelistmi elektromagnetu. Dále magnetické obvody dosáhnou největší indukce v pracovní mezeře, jsou-li magnetovány v sestaveném stavu, tj. včetně pólových nástavců.

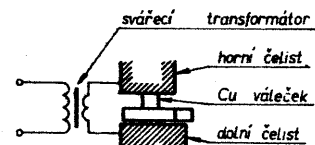
Mimo jiné se autor zmiňuje o možnosti zmagnetování výbojem z kondenzátoru (poznámávám, že v tomto případě je nutné použít speciálních kondenzátorů – pulsních, jež jsou konstruovány pro značné dynamické síly při zkratovacím výboji) a také o zmagnetování pulsním transformátorem. Prvním způsobu by vyhovoval výboj pulsního laseru. U tohoto provedení puls trvá max. několik tisíc sekund, což nevyhovuje plně podmínce zmagnetování, neboť na dokonalé zmagnetování má vliv i délka pulsu.

Daleko příznivější situace se nabízí při magnetizaci pulsním transformátorem. V tomto případě téměř ideálním zdrojem (mimo speciálních pro tento účel) je pulsní svářecí stroj např. VÚZ 250. Podle informace konstruktéra svářecího transformátoru dosahuje intenzita svářecího proudu v sekundárním okruhu svářecího stroje až 80 kA. Z praktické zkoušky, provedené na magnetu měřícího přístroje, mohu potvrdit, že magnetizace se zdařila v plně požadovaném rozsahu.

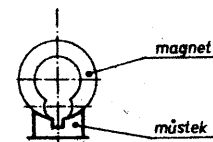
Závěrem snad ještě k vlastní zkoušce. Jelikož se jednalo o kruhový magnet měřícího přístroje a nechtěl jsem riskovat poškození systému během manipulace, zmagnetizoval jsem ho v rozebraném stavu. Aby byl magnetický okruh uzavřen, překlenul jsem vzduchovou mezeru ocelovým můstkem s výřezem podle obr. 1. Výřez můstku byl nutný z montážních důvodů při zasouvání a upevňování systému. Teprve potom byl můstek odstraněn „odtrhnutím“ (viz lit. [2]). Jako závitů bylo použito měděného válečku o  $\varnothing$  25 mm a délce 100 mm (obr. 2).

### Uspořádání při magnetizaci

Aby bylo dosaženo pouze 1 pulsu délky asi  $10^{-2}$  s, bylo nutné nastavit svářecí režim na 1 půlperiodu. Dále bylo nutné vyřadit jeden thyatron, aby se „zapálil“ pouze 1 ignitron (jedna půlperioda). Za těchto okolností se mohl použít téměř maximální výkon svářecího stroje. Přirozené je možné použít i opakovaného pulsu. Prakticky však stačil jeden puls. Záleží-li na správné polarizaci magnetu, je vhodné použít nejdříve pomocný kroužek na odzkoušení polarity magnetu.



Obr. 1. Magnetický okruh



Obr. 2. Měděný váleček

### Literatura

- 1 Smola, J.: Avomet Metra. ST, příloha č. 12
- 2 Knight, F.: Technical Bulletin. No. 7. 11. 1966
- 3 Dědek, J., Starosta, O., Válek, J.: Trvalé magnety. SNTL 1961.
- 4 Murex Sintered Permanent Magnet Material. Murex-Limited-Reinham-Essex-England

Ing. Oldřich Vyjídk