



# Česká metrologická společnost

Novotného lávka 5, 116 68 Praha 1

tel/fax: 221 082 254

e-mail: cms-zk@csvts.cz

www.csvts.cz/cms

## Kalibrační postup

KP 4.1.2/14/15

**ANALOGOVÝ MULTIMETR**

Neprodejné

**Praha**  
Říjen 2015

**Vzorový kalibrační postup** byl zpracován a financován ÚNMZ v rámci Plánu standardizace – Program rozvoje metrologie

**Číslo úkolu:** VII/1/15

**Zadavatel:** Česká republika – Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, organizační složka státu

**Řešitel:** Česká metrologická společnost

**Zpracoval:** Doc. Ing. Jiří Horský, CSc.

© ÚNMZ, ČMS

**Neprodejné:** Metodika je volně k dispozici na stránkách ÚNMZ a ČMS. Nesmí však být dále komerčně šířena.



## 1 Předmět kalibrace

Předmětem dále popsané kalibrace jsou analogové multimetry,  
Část A Klasická kalibrace v souladu s normou ČSN EN 60051-9:1989,  
Část B Zjednodušená kalibrace pro levné moderní analogové multimetry,  
Část C Analogový napěťový ohmmetr

## 2 Související normy a metrologické předpisy

ČSN IEC 51-9 (Dříve ČSN EN 60051-1)	Elektrické měřicí přístroje přímo působící ukazovací analogové a jejich příslušenství Část 9: Doporučené zkušební metody	[1]
Ostatní normy skupiny ČSN EN 60051	podrobnosti viz příloha	[2]
Kalibrační postup KP 4.1.2/01/07/N	STEJNOSMĚRNÝ ANALOGOVÝ VOLTMETR	[3]
Kalibrační postup KP 4.1.2/02/07/N	STEJNOSMĚRNÝ ANALOGOVÝ AMPÉRMETR	[4]
Kalibrační postup KP 4.1.2/03/07/N	STŘÍDAVÝ ANALOGOVÝ VOLTMETR	[5]
Kalibrační postup KP 4.1.2 /04/07/N	STŘÍDAVÝ ANALOGOVÝ AMPÉRMETR	[6]
Kalibrační postup KP 4.2.1/01/15	ROZVADĚČOVÉ PANELOVÉ PŘÍSTROJE	[7]
EURAMET cg- 15 Version 3.0 (02/2015)	<i>Guidelines on the Calibration of Digital Multimeters</i>	[8]

ČSN EN 61 010, IEC1010, VDE 0411-1:2011-07	Bezpečnostní požadavky na elektrická měřicí, řídicí a laboratorní zařízení	[9]
EA – 4/02 M:2013	Vyjádření nejistoty měření při kalibraci	[10]
TNI 01 0115	Mezinárodní metrologický slovník - Základní a všeobecné pojmy a přidružené termíny (VIM)	[11]
ČSN EN ISO 10012	Systémy managementu měření - Požadavky na procesy měření a měřicí vybavení.	[12]
ČSN EN ISO/IEC 17025	Posuzování shody - Všeobecné požadavky na způsobilost zkušebních a kalibračních laboratoří	[13]

### 3 Kvalifikace pracovníků provádějící kalibraci

Kvalifikace pracovníků provádějících kalibraci je dána příslušným předpisem organizace. Tito pracovníci se seznámí s kalibračním postupem upraveným na konkrétní podmínky kalibrační laboratoře nebo obdobného pracoviště provádějícího kontroly měřidel a se souvisejícími předpisy.

Doporučuje se potvrzení odborné způsobilosti těchto pracovníků prokázat vhodným způsobem, například dokladovaným proškolením, osvědčením o odborné způsobilosti, osobním certifikátem apod.

Kvalifikace se musí dlouhodobě plánovitě udržovat a obnovovat. Vhodné je k tomu například i samostudium zařazené do plánu vzdělávání periodicky za vhodné období.

Pokud pracoviště kalibraci podle metodiky dlouhou neprovádí, doporučuje se zařadit cvičné provedení kalibrace k udržení kvalifikace (například po půl roce).

Osvědčená je i metoda, kdy pracovník provádí nejprve několikrát kalibraci se školitelem, například technickým vedoucím laboratoře, (signátorem), další pak pod dohledem a po absolvování a vyhodnocení takovéto skupiny kalibrací je pověřen pracovat samostatně.

### 4 Názvosloví, definice

Názvosloví a definice jsou obsaženy v příslušných normách (viz čl. 2), zejména v ČSN 010115 a v slovníku IEV (Electropedia: The World's Online Electrotechnical Vocabulary), (IEC 60050).

Slovník JCGM 200:2008 International vocabulary of Metrology – Basic and general concepts and associated terms (VIM) a International Vocabulary of Terms in Legal Metrology vydaný v roce 2000: OIML je v TERMINOLOGIE Z OBLASTI METROLOGIE (2. vydání) dostupné na <http://www.unmz.cz/urad/sborniky-aktualni>.

Definice týkající se konstrukčních vlastností měřicích přístrojů, jejich charakteristických vlastností a charakteristických hodnot, chyb a změn údajů, přesnosti, třídy přesnosti a značek elektrických měřicích přístrojů přímopůsobících ukazovacích analogových, jsou zakotveny v ČSN EN 60051-1 Část 1: Definice a všeobecné požadavky společné pro všechny části podrobněji viz [7].

**a) Značky používané na měřicích přístrojích, používané u multimetru**

Symbyly pro značení přístrojů jsou uvedeny v ČSN EN 60051-1, tab.III-1

magnetoelektrické ústrojí:



magnetoelektrické ústrojí s usměrňovačem:

**značky polohy přístroje při měření****VÝZNAM ZNAČKY POLOH**

	svislá
	vodorovná
	Šikmá (sklon stupnice vůči vodorovné poloze, např. 60°)

**b) umístění značek na číselnicích měřicích přístrojů**

ukázka viz obr. č. 1



umístění značek na číselnicích.

**c) Přetížitelnost analogového přístroje**

Je násobek jmenovité měřicí hodnoty, kterou přístroj snese, aniž se poškodí. Dříve vyráběné měřicí přístroje třídy přesnosti 1 až 5 musely snést trvale přetížení 1,2 násobek jmenovité hodnoty měřicího rozsahu bez poškození. Na objednávku existují přístroje s větší přetížitelností. U nových levných typů obvykle údaj o přetížitelnosti chybí.

## 5 Prostředky potřebné pro kalibraci

Referenční podmínky ovlivňujících veličin a jejich tolerance pro zkušební účely udává ČSN EN 60051-1 v tab. I-1 .

**Kalibrace se provádí za následujících referenčních podmínek:**

- Teplota prostředí:  $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  .
- Relativní vlhkost vzduchu  $(40 \pm 60) \%$  .
- Zvlnění měřené DC veličiny 3% max.
- Zkreslení THF měřené AC veličiny 1% pro přístroj s usměrňovačem.
- Zkreslení THF měřené AC veličiny 3% pro přístroj reagující na efektivní hodnotu.

V těchto podmínkách je přístroj stabilizován po dobu minimálně 0,5 hodiny před započítáním samotné kalibrace.

Ostatní podmínky laboratoře pro kalibraci, to je například vnější magnetické pole a vnější elektrické pole bez významných zdrojů rušení, laboratoř bez oslunění pracovní plochy, vibrací a prašnosti. Referenční podmínky je nutné před zahájením kalibrace, v jejím průběhu a po skončení kalibrace kontrolovat.

Kontrola okolní teploty se provádí teploměry s rozlišením alespoň  $0,2^{\circ}\text{C}$  a nejistotou kalibrace pod  $0,5^{\circ}\text{C}$ .

Pro kontrolu vlhkosti se použije vlhkoměr pro měření relativní vlhkosti s rozsahem alespoň 30 % až 90 % a nejistotou kalibrace 5 % RV.

## 6 Postupy a vyhodnocení kalibrací jednotlivých skupin měřidel

**Poznámka: Standardní články vzorových kalibračních postupů č. 7 Rozsah kalibrace, 8 Kontrola dodávky a příprava ke kalibraci, 9 Postu kalibrace a 10 Vyhodnocení kalibrace, jsou součástí každé z následujících částí A, B a C.**

### Část A Klasická kalibrace podle ČSN EN 60051-9:1989

#### Předmět kalibrace

Předmětem dále popsané kalibrace jsou:

- Analogové multimetry.

Metodika zahrnuje i jednorozsahové nebo vícerozsahové:

- Analogové voltmetry pro stejnosměrné napětí (DC U),
- Analogové voltmetry pro střídavé napětí (AC U),
- Analogové ampérmetry pro stejnosměrný proud (DC I),
- Analogové ampérmetry pro střídavý proud (AC I),
- Analogové ohmometry (DC R).

#### Rozsah kalibrace

- Stejnosměrné napětí (dále DCU): 0 až 1000V
- Střídavé napětí (dále ACU): 1 mV až 1000V, 50 Hz
- Stejnosměrný proud (dále DCI): 0 až 20 A

- Střídavý proud (dále ACI): 1  $\mu$ A až 20A, 50 Hz
- Stejnoseměrný odpor (dále DCR): 0  $\Omega$  až 1 M $\Omega$

### Provedení elektromechanického měřicího ústrojí.

V převážné většině přístrojů magnetoelektrické

### Kalibrace v rozsazích a třídách přesnosti

Tento kalibrační postup je určen pro kalibraci analogových přístrojů stejnosměrných a střídavých přístrojů ve výše uvedených rozsazích a třídách přesnosti podle norem řady EN 60051 (1 – 1,5 – 2,5 – 5) %.

Moderní typy toto řazení nerespektují a nejčastěji je specifikace 3%.

Třída přesnosti se obvykle vyjadřuje z rozsahu měřidla, tedy při snižování výchyly přístroje povolená relativní chyba údaje roste.

### Měřidla a pomocná měřicí zařízení pro kalibraci

Postup stanoví metody zkoušení při kalibraci v referenčních podmínkách v prostorách laboratoře i v pracovních podmínkách v prostorách u zákazníka. Měřidla a pomocná měřicí zařízení pro kalibraci

- Multifunkční kalibrátor, nebo
- Stabilní (nekalibrovaný) zdroj a referenční multimetr.
- Propojovací vodiče dostatečně dimenzované,

Kalibrátor může být například výroby Meatest, Fluke, Wavetek, Datron, Transmille aj., Multimetr může být libovolný typ nejméně 5,5 dig.

Dovolená nejistota hodnoty etalonu musí být minimálně v poměru 1:4 vůči třídě přesnosti kalibrovaného měřidla.

Zvláště pozorně je třeba pracovat s kalibrátory, které mají pouze dvousvorkový výstup a současně velký výstupní odpor (například Transmille 3010).

Ke kalibraci jsou dále potřebné následující pomůcky:

- Teploměr, s rozlišením minimálně 0,2°C a nejistotou kalibrace 0,5°C,
- Vlhkoměr (rozsah 30% až 90% relativní vlhkosti) a nejistotou kalibrace 5 % RV,
- Čisticí prostředky.
- Lupa.

### Kontrola dodávky a příprava

#### Přejímání zakázky

Při přejímání zakázky se provede vstupní kontrola a odsouhlasení se zákazníkem,

1. souhlas zákazníka, že nebude provedena kontrola elektrické pevnosti izolace, pokud je zkouška elektrické pevnosti izolace požadována, postupuje se podle lit. [3], bod 9.4.
2. souhlas zákazníka, že nebude provedena kontrola isolačního odporu, pokud je zkouška isolačního odporu požadována, postupuje se podle lit. [3], bod 9.5.
3. souhlas zákazníka s frekvencemi kalibrace u AC U a AC I,
4. rozhodnutí zákazníka, zda požaduje kalibrační list v provedení,
  - a) s uvedením střední hodnoty měřeného signálu a hystereze, nebo,
  - b) s uvedením výsledků měření při zvyšování při snižování úrovně signálu při měření (měření při zvyšování signálu směrem nahoru a při snižování signálu směrem dolů),
  - c) zjednodušený postup podle části B této metodiky.

**Příprava přístroje ke kalibraci**

Při přebírání přístroje ke kalibraci je třeba zjistit, zda typ, výrobní číslo a příslušenství dodaného přístroje odpovídá údajům uvedeným v objednávce, nebo dodacím listu.

**Zkouška elektrické pevnosti izolace** se obvykle neprovádí, nutné zapsat do záznamu o příjmu měřidla.

**Zkouška izolačního odporu** se obvykle neprovádí, nutné zapsat do záznamu o příjmu měřidla

Před započítím kalibrace se musí vykonat tyto úkony:

**Vnější prohlídka**

- Zkontrolovat vzhled přístroje, stav připojovacích šňůr a konektorů, mechanickou funkci ovládacích prvků.
- Zkontrolovat čitelnost stupnice.
- Analogové DMM musí v první řadě být bezpečné pro obsluhu. Obvykle patří podle IEC 61010 do CAT III-1000 V / CAT IV-600 V.
- Přístroj musí mít původní přívodní vodiče splňující bezpečnostní požadavky.
- Vizually zkontrolujte stav izolace, konektory. Izolace nesmí být nikde roztavena, popraskaná, nebo vodiče nalomeny, kontrolujeme hlavně u konektorů. U sondy žádný vodič nesmí být volný nebo nalomený.
- Pojistky musí být jen předepsaných hodnot a tipů.

**Zkouška provozuschopnosti**

Zjišťuje se, zda:

- a) připojovací svorky jsou spolehlivě upevněné,
- b) zkontrolovat čitelnost a uložení stupnice,
- c) zkontrolovat vzhled a nepoškozenost pouzdra přístroje, stav připojovacích šňůr a svorek, mechanickou funkci ovládacích prvků.
- d) Pomalým plynulým zvyšováním signálu od 0 až na 120 % a zpět se provede kontrola, zda měřicí ústrojí nikde nezadrhává, pohyb ukazovatele výchylky musí být plynulý při zvětšování i zmenšování signálu, bez zadrhávání. V případě jakékoliv pochybnosti o možnosti zadrhnutí měření opakujeme.  
***Zadrhávání je závažná závada a přístroj se musí před kalibrací nejprve opravit nebo vyřadit.***
- e) přepínače k přepínání měřicích rozsahů, kontrolujeme, že jsou funkční a mají správnou aretaci odpovídající zvolenému měřicímu rozsahu.
- f) Kontrolujeme nastavitelnost a reprodukovatelnost nastavení nuly.

**Příprava k měření**

Zapnout etalon do sítě a nechat ustálit minimálně 30 minut.

Zkontrolovat nastavení mechanické nuly, v případě potřeby dostavit.

Zapnout kalibrovaný přístroj na napájení a nechat ustálit po dobu uvedenou v dokumentaci výrobce. Není-li tato doba uvedena, lze ponechat maximálně 30 minut.

Těsně před započítím kalibrace se již nesmí čistit sklo analogových přístrojů.

**Volba měřicích bodů**

Osazení bodů je provedeno obdobně jako v bodu 3.4. [Guidelines on the Calibration of Digital Multimeters EURAMET cg-15, Version 3.0 \(02/2015\)](#).



Postupy pro jednotlivé veličiny se mohou provádět podle:

[3] Kalibrační postup 4.1.2/01/07/N STEJNOSMĚRNÝ ANALOGOVÝ VOLTMETR.

[4] Kalibrační postup 4.1.2/02/07/N STEJNOSMĚRNÝ ANALOGOVÝ AMPÉRMETR.

[5] Kalibrační postup 4.1.2/03/07/N STRÍDAVÝ ANALOGOVÝ VOLTMETR.

[6] Kalibrační postup 4.1.2/04/07/N STRÍDAVÝ ANALOGOVÝ AMPÉRMETR

Kalibrační postup pro analogový ohmmetr je popsán níže.

Volba kalibračních bodů a dalších rozsahů se provede v rozsahu nejméně podle tabulky:

Funkce	Měřené body % z rozsahu				Měřené body z plného rozsahu
	0	10	50	90	
DC U	0	10		90	Všechny rozsahy
	10		50	90	Vybraný střední rozsah
DC I	0			90	Všechny rozsahy
		10	50	90	Vybraný střední rozsah
DC R	0	10	50	90	Všechny rozsahy
AC U*		10		90	Nejnižší rozsah
		10	50	90	Vybraný střední rozsah
				90	Všechny rozsahy
AC I*		10		90	Nejnižší rozsah
				90	Všechny rozsahy
jiné		10		90	Všechny rozsahy

\* 50 Hz, pokud není se zákazníkem dohodnuto jinak,

Hystereze nemá překročit polovinu ze specifikované přesnosti.

Poznámka:

- Pro volbu kalibračních bodů platí podobné zásady jako v bodě 3.4.2.4 dokumentu Calibration Guide EURAMET cg-15 Version 3.0 (02/2015) GUIDELINES ON THE CALIBRATION OF DIGITAL MULTIMETERS,
- % jsou udána z plného rozsahu stupnice,
- 10 % indikuje počátek stupnice hodnot; měření hodnot mezi nulou a 10 % z plného rozsahu se nedoporučuje, protože se měří s větší přesností v dalším dolním rozsahu (výjimkou může být spodní rozsah),
- 90 % označuje hodnotu blízkou k plnému rozsahu, skutečná hodnota se může měnit od 50 % až 99 % celé stupnice.

Levné malé multimetry nejsou obvykle dimenzovány pro dlouhodobé zatížení a nelze vždy čekat na ustálení. Nejvyšší měřená hodnota proudu se proto uvede jako hodnota za 10 sekund po připojení proudu.

Přístroje s více stupnicemi se musí zkoušet na každé stupnici.

Přístroje s dvojstrannou stupnicí se zkoušejí na všech očíslovaných značkách na levé i pravé části stupnice.

Při tomto postupu není předepsaný směr, kterým se na kalibrátoru dostaneme k zvolené hodnotě nejvyšší měřené hodnoty.

Pokud má přístroj více stupnic, volí se měřicí body stejným způsobem na každé stupnici.

Přístroje s oboustrannou stupnicí jsou kalibrovány stejně v levé i v pravé části stupnice.

## Vlastní kalibrace

### Nastavení nuly:

1. Před zahájením každé série odečítání údajů musí být na přístroji odpojeném od všech napájecích zdrojů pomocí stavítka mechanické nuly nastaven ukazatel na nulovou značku stupnice nebo na příslušnou kontrolní značku na stupnici následujícím postupem:

a) *Pohybovat stavítkem mechanické nuly ve směru potřebném k přivedení ukazatele na nulovou značku přístroje.*

b) *V průběhu posouvání ukazatele ve zvoleném směru nastavit ukazatel na nulovou značku při poklepu na pouzdro přístroje. Jakmile byl zvolen směr posouvání, neměnit jej, pokud není ukazovatel na nulové značce.*

c) *Když je ukazovatel nastaven na nulové značce, obrátit směr pohybu stavítka mechanické nuly a pohnout jím v mezích mechanické vůle (mrtvého chodu) stavítka mechanické nuly, avšak tak, aby nedošlo ke změně polohy ukazovatele.*

*Výjimka:* U přístrojů bez stavítka mechanické nuly nebo s mechanickou nulou vně stupnice nesmí být znovu nastavování prováděno.

Během zkoušky se již nesmí ukazovatel znovu nastavovat na nulovou značku.

2. Při nulovém napětí na svorkách zkontrolovat nulovou výchylku ukazatele, přípustná odchylka je méně než odpovídá polovině třídy přesnosti.

3. Podle dokumentace výrobce kalibrovaný přístroj připojit k napět'ovým svorkám kalibrátoru a nastavit rozsah (DCI nebo DC U, nebo ACU nebo ACI (frekvence taková, na jaké je přístroj používán), DC R odpovídající základnímu rozsahu kalibrovaného přístroje.

### Vlastní provedení kalibrace

4. *Dostatečně pomalým zvyšováním údaje kalibrátoru vychylovat ukazatel (bez překmitu a bez poklepu) přesně na každou zvolenou značku,*

- „Hodnota naměřená směrem nahoru“.

5. Hodnota nastavená na kalibrátoru, která odpovídá takto dosažené výchylce je „Hodnota konvenční“  $M_{K\text{nahoru}}$ .

6. *Po dosažení maximální hodnoty měřicího rozsahu zvýšit napětí na 120 % maxima měřicího rozsahu nebo na mechanický doraz (podle toho, co je menší).*

7. *Dostatečně pomalým snižováním údaje kalibrátoru vychylovat ukazatel (bez překmitu a bez poklepu) přesně na tytéž značky*

- „Hodnota naměřená směrem dolů“.

8. Hodnota indikovaná kalibrátorem, která odpovídá takto dosažené výchylce je „Hodnota konvenční“  $M_{K\text{dolů}}$ .

Kalibrovaný multimetr se připojí na takovou hodnotu signálu po takovou dobu, které jsou uvedeny v jeho technické dokumentaci. Není-li čas temperování měřidla při zatížení uveden, určuje se chyba ihned po jeho zapojení do obvodu.

Poklepávat na přístroj během zkoušky za účelem dostavení ukazatele na daný dílek je zakázáno - dojde-li k přikývnutí ručky nad (pod) zkoušený dílek, musí se nastavování opakovat od předcházejícího číslovaného dílku.

Poznámka: U přístrojů, které mají nulu umístěnu uvnitř stupnice, musí být tento postup proveden příslušným způsobem pro obě strany od nulové značky stupnice.

9. Hystereze, daná rozdílem mezi hodnotami  $M_{K\text{nahoru}}$  a  $M_{K\text{dolů}}$  nemá přesahovat  $1/2$  z třídy přesnosti měřidla.

10. Pokud je hystereze větší než  $1/2$  třídy přesnosti, provedeme opakované měření podle postupu bodů 1 až 8, nejméně 3x.  
Pokud se velká hystereze potvrdí, projednáme postup se zákazníkem.

11. Z hodnot naměřených v jednotlivých sériích vypočítat průměrnou hodnotu

Poznámka:

Při odečtu hodnoty na měřidle je nutné potlačit chybu vlivem paralaxy, to znamená, že oko musí být při odečtu kolmo proti poloze ručky měřidla.

### Vyhodnocení kalibrace

Základní chyba měřidla  $\delta_0$  vyjádřená v procentech měřicího rozsahu se vypočítá ze vztahu:

$$\delta_0 = \frac{A_N - A_S}{A_M} \cdot 100 (\%),$$

kde:  $A_N$  - nastavená hodnota na kalibrovaném měřidle,  
 $A_S$  - odpovídající hodnota (konvenční) etalonového přístroje,  
 $A_M$  - maximální hodnota měřicího rozsahu.

Na žádné zkoušené značce nesmí zjištěná chyba zvětšená o rozšířenou nejistotu  $U$  převyšovat hodnotu dovolené chyby kalibrovaného měřidla:

$$|\delta_0| + U \leq \delta = K_N,$$

kde:  $\delta_0$  - zjištěná základní chyba kalibrovaného měřidla v %,  
 $U$  - rozšířená nejistota měření v %,  
 $\delta$  - dovolená chyba kalibrovaného měřidla v %,  
 $K_N$  - číslo označující třídu přesnosti měřidla.

Mají-li se stanovit korekce, pak se základní chyba zkoušeného měřidla určuje pro každou značku jako aritmetický průměr z chyb zjištěných při zvyšování a snižování napětí.

Zbytková odchylka ukazovatele od nulové značky se zjišťuje při plynulém zmenšování napětí od maximální hodnoty rozsahu po nulu.

Zbytková odchylka ukazovatele od nulové značky " $\Delta l$ " nesmí přesahovat polovinu hodnoty vypočítané ze vztahu:

$$\Delta l = \frac{K_N \cdot l}{100},$$

kde:  $\Delta l$  - zbytková odchylka ukazovatele od nulové značky,  
 $K_N$  - číslo označující třídu přesnosti měřidla,  
 $l$  - délka stupnice měřidla v mm.

**Postup vyhodnocení**

Nastavené hodnoty v dílcích nebo (a) v dané veličině a jim odpovídající konvenční hodnoty v dílcích nebo (a) v dané veličině etalonového přístroje a chyby zjištěné na jednotlivých značkách stupnice kalibrovaných měřicích rozsahů jsou uvedeny v kalibračním listě spolu s nejistotami. Vyhodnocení spočívá v porovnání zjištěných chyb zvýšených o rozšířenou nejistotu měření  $U$  s dovolenými chybami. Vyhodnocení ostatních bodů je uvedeno v kapitole 9.

Pokud je na stupnici měřidla uvedena třída přesnosti jako číslo bez grafických doplňků, značí to, že dovolená chyba je vztahována na maximální hodnotu měřicího rozsahu.

Je-li na stupnici měřidla uvedena třída přesnosti jako číslo doplněné grafickým symbolem obrácená stříška, značí to, že dovolená chyba je vztahována na délku stupnice (velmi výjimečné).

Poznámka:

Symbole pro značení přístrojů a jejich příslušenství jsou uvedeny výše podle v ČSN EN 60051-1, tab. III-1.

**Postup v případě neshody**

V případě, že kalibrovaný multimetr nevyhověl na některém měřicím rozsahu při zkoušce základní chyby požadavkům na něj kladeným tak, že vyhovuje svou přesností nejbližší vyšší (horší) třídě přesnosti, může být, pokud zákazník souhlasí, do této třídy přesnosti přeřazen. V tomto případě však musí být změna v zařazení viditelně s trvanlivě na měřidla označena, obvykle štítkem na krytu přístroje. V kalibračním listě musí být proveden patřičný záznam. Přeřazení je podmíněno tím, že kalibrační laboratoř má prověřeno (např. z předcházejících záznamů tohoto měřidla), že do příští kalibrace zkoušený multimetr nepřevyší hodnotu přeřazené třídy přesnosti.

Je-li zjištěná chyba větší nebo nevyhověl-li přístroj jiným požadavkům, je odstraněn z přístroje kalibrační štítek a kalibrační laboratoř předává objednateli návrh na opravu, případně na vyřazení měřidla.

**Část B Zjednodušená kalibrace pro levné moderní analogové multimetry****Předmět kalibrace**

Předmětem dále popsané kalibrace jsou levné:

- Analogové multimetry s magnetoelektrickým ústrojím se zesilovačem i bez zesilovače
- Metodika zahrnuje i jednorozsahové nebo vícerozsahové:
- Analogové multimetry pro stejnosměrné napětí (DC U).
- Analogové multimetry pro střídavé napětí (AC U).
- Analogové ampérmetry pro stejnosměrný proud (DC I).
- Analogové ampérmetry pro střídavý proud (AC I).
- Analogové ohmetry (DC R).

**Rozsah kalibrace**

- Stejnosměrné napětí (dále DCU): 0 až 1000V.
- Střídavé napětí (dále ACU): 1 mV až 1000V, 50 Hz.

- Stejnoseměrný proud (dále DCI): 0 až 20 A.
- Střídavý proud (dále ACI): 1  $\mu$ A ÷ 20A, 50 Hz.
- Stejnoseměrný odpor (dále DCR): 0  $\Omega$  až 1 M $\Omega$ .

### Třídy přesnosti

Tento kalibrační postup je určen pro kalibraci analogových stejnosměrných a střídavých přístrojů se základní třídách přesnosti **2,5 % a více**.

Postup stanoví metody zkoušení při kalibraci v referenčních podmínkách v prostorách laboratoře i v pracovních podmínkách v prostorách u zákazníka.

### Měřidla a pomocná měřicí zařízení pro kalibraci

Multifunkční kalibrátor

### Obecné podmínky kalibrace

Kalibrace se provádí za následujících referenčních podmínek:

Teplota prostředí: 23°C ± 2°C .

### Příprava před měřením

Před měřením musí být kalibrované měřidlo umístěno na pracovišti pro kalibraci za podmínek uvedených minimálně 1 hodinu.

Před zahájením vlastní kalibrace je třeba na kalibrovaném přístroji provést zkoušku provozuschopnosti.

### Přejímání zakázky

Při přejímání zakázky se provede vstupní kontrola a odsouhlasení se zákazníkem, že bude měření provedeno podle této metodiky a hystereze údaje bude:

- a) vyhodnocena v jednom bodě, nebo
- b) na jednom rozsahu, nebo
- c) nebude vyhodnocována.

### Příprava přístroje ke kalibraci

Při přebírání přístroje ke kalibraci je třeba zjistit, zda typ, výrobní číslo a příslušenství dodaného přístroje odpovídá údajům uvedeným v objednávce, nebo dodacím listu.

Před započítím kalibrace se musí vykonat tyto úkony:

### Vnější prohlídka

Zkontrolovat vzhled přístroje, stav připojovacích šňůr a konektorů, mechanickou funkci ovládacích prvků.

Zkontrolovat čitelnost stupnice.

Zkouška provozuschopnosti.

Zjišťuje se, zda:

- g) připojovací svorky jsou spolehlivě upevněné,
- h) zkontrolovat čitelnost a uložení stupnice,
- i) zkontrolovat vzhled přístroje, stav připojovacích šňůr a svorek, mechanickou funkci ovládacích prvků, pokud jsou použity,
- j) z rozsahu a zpět se provede kontrola, zda měřicí ústrojí nikde nezadrhává, pohyb ukazovatele výchylky je plynulý při zvětšování a zmenšování signálu, bez zadrhávání. Pomalým plynulým zvyšováním signálu od 0 % až na 120 %,

- k) tlumení - připojení signálu asi 50 % z rozsahu, viz obr.,
- l) pokud jsou použity přepínače a kolíčky měřicích rozsahů, že jsou funkční a mají správnou aretaci odpovídající zvolenému měřicímu rozsahu,
- m) Nastavitelnost nuly.

### Vlastní kalibrace

1. Před zahájením každé série odečítání údajů musí být na přístroji odpojeném od všech napájecích zdrojů pomocí stavítka mechanické nuly nastaven ukazatel na nulovou značku stupnice nebo na příslušnou kontrolní značku na stupnici následujícím postupem:

- a) Pohybovat stavítkem mechanické nuly ve směru potřebném k přivedení ukazovatele na nulovou značku přístroje.
- b) V průběhu posouvání ukazovatele ve směru zvoleném podle operace 1 nastavit ukazovatel na nulovou značku **při poklepu** na pouzdro přístroje. Jakmile byl zvolen směr posouvání, neměnit jej, pokud není ukazovatel na nulové značce.
- c) Když je ukazovatel nastaven na nulové značce, obrátit směr pohybu stavítka mechanické nuly a pohnout jím v mezích mechanické vůle (mrtvého chodu) stavítka mechanické nuly, avšak tak, aby nedošlo ke změně polohy ukazovatele.

U přístrojů bez stavítka mechanické nuly nebo s mechanickou nulou vně stupnice nesmí být znovu nastavování prováděno.

2. Při nulovém napětí na svorkách zkontrolovat nulovou výchylku ukazatele, přípustná odchylka je méně než odpovídá polovině třídy přesnosti kalibrovaného měřidla.

3. Podle dokumentace výrobce kalibrovaný přístroj připojit k svorkám kalibrátoru a nastavit příslušný rozsah odpovídající základnímu rozsahu kalibrovaného přístroje.

### Kontrola hystereze

Na základním rozsahu, kterým je nejcitlivější rozsah DC U, se provede kontrola hystereze. Je v tomto postupu provedena jen v jednom bodě a uvede se v kalibračním listě samostatně. Kontrolní bod se volí mezi 50 % a 90 % z rozsahu.

### Volba měřicích bodů

Označení bodů je provedeno stejně jako v bodu 3.4. Guidelines on the Calibration of Digital Multimeters EURAMET cg - 15, Version 3.0 (02/2015).

Volba kalibračních bodů a dalších rozsahů pro DC U, AC U, DC I, AC I se provede v rozsahu nejméně podle tabulky:

Funkce	Měřené body % z rozsahu				Měřené body z plného rozsahu
	0	10	50	90	
DC U	0	10		90	Všechny rozsahy
	10		50	90	Vybraný střední rozsah, udáno měření při zvyšování a měření při snižování signálu
DC I	0			90	Všechny rozsahy
		10	50	90	Vybraný střední rozsah
DC R	0	10	50	90	Všechny rozsahy
AC U*		10		90	Nejnižší rozsah
		10	50	90	Vybraný střední rozsah
				90	Všechny rozsahy
AC I*		10		90	Nejnižší rozsah
				90	Všechny rozsahy
jiné		10		90	Všechny rozsahy

\* 50 Hz, pokud není se zákazníkem dohodnuto jinak,

\*\* kontrola hystereze se provede pro hodnotu kolem středu stupnice a nemá překročit polovinu ze specifikované přesnosti.

Levné malé multimetry nejsou obvykle dimenzovány pro dlouhodobé zatížení a nelze vždy čekat na ustálení.

Nejvyšší měřená hodnota proudu se proto uvede jako hodnota za zvolenou dobu, například 10 sec po připojení proudu.

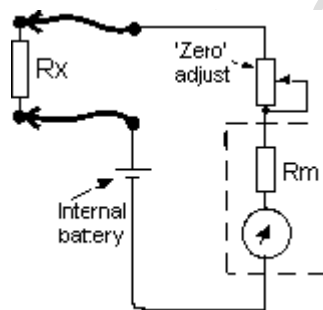
Přístroje s více stupnicemi se musí zkoušet na každé stupnici.

Přístroje s dvojstrannou stupnicí se zkoušejí na všech očíslovaných značkách na levé i pravé části stupnice.

Při tomto postupu není předepsaný směr ,kterým se na kalibrátoru dostaneme k zvolené hodnotě.

### Část C: Ohmmetr

V analogových DMM je nejčastěji vestavěn napěťový ohmmetr. Základní princip ukazuje obrázek.



Ohmetr je v principu voltmetr, měřící napětí vestavěné baterie. Při zkratu na výstupních svorkách se nastaví potenciometrem zero adjust plná výchylka, která je nulou pro měření  $R$ . Zapojíme-li pak mezi svorky měřený odpor, výchylka se zmenší. Pro nekonečný měřený odpor je výchylka nulová.

Stupnice je značně nelineární, viz následující obrázek:



Z obrázku je vidět, že nemá smysl kalibrovat hodnoty blízko levého okraje stupnice, kde je měření jen orientační, Pro kalibraci volíme na každém rozsahu hodnotu ze středu stupnice a hodnotu k této 10x menší a 10x větší.

Články č. 7, 8, 9 a 10 viz poznámka na straně 6 tohoto kalibračního postupu

## 11 Kalibrační list

### 11.1 Náležitosti kalibračního listu

Výsledky měření by měly být uváděny v souladu s normou ČSN EN ISO 17025 a jejího článku 5.10 – Uvádění výsledků. Jednou z forem je kalibrační list.

Kalibrační list by měl obsahovat tyto údaje:

- a) název a adresu kalibrační laboratoře,
- b) pořadové číslo kalibračního listu, očíslování jednotlivých stran, celkový počet stran,
- c) jméno a adresu zadavatele, popř. zákazníka,
- d) název, typ, výrobce a identifikační číslo kalibrovaného multimetru,
- e) datum přijetí přístroje ke kalibraci (nepovinné), datum provedení kalibrace a datum vystavení kalibračního listu,
- f) určení specifikace uplatněné při kalibraci nebo označení kalibračního postupu (v tomto případě KP 4.2.1/14/15),
- g) podmínky, za nichž byla kalibrace provedena (hodnoty ovlivňujících veličin apod.),
- h) měřidla použitá při kalibraci,
- i) obecné vyjádření o návaznosti výsledků měření (etalony použité při kalibraci),
- j) výsledky měření a s nimi spjatou rozšířenou nejistotu měření a/nebo prohlášení o shodě s určitou metrologickou specifikací,
- k) jméno pracovníka, který multimetr kalibroval, jméno a podpis odpovědného (vedoucího) pracovníka, razítko kalibrační laboratoře.

Akreditovaná kalibrační laboratoř navíc uvede přidělenou kalibrační značku, číslo laboratoře a odkaz na osvědčení o akreditaci. Součástí kalibračního listu je též prohlášení, že uvedené výsledky se týkají pouze kalibrovaného předmětu a kalibrační list nesmí být bez předběžného písemného souhlasu kalibrační laboratoře publikován jinak než celý.

Pokud provádí kalibrační, resp. metrologická laboratoř kalibraci pro vlastní organizaci, může být kalibrační list zjednodušen, případně vůbec nevystavován (výsledky kalibrace mohou být uvedeny např. v kalibrační kartě měřidla nebo na vhodném nosiči, popř. v elektronické paměti). V tomto případě je vhodné, aby kalibrační laboratoř zpracovala záznam o měření (s uvedenými měřenými hodnotami) a archivovat jej (očekává se upřesnění při revizi normy ISO/IEC 17025).

### 11.2 Protokoly

Originál kalibračního listu se předá zadavateli kalibrace. Kopii kalibračního listu si ponechá kalibrační laboratoř a archivuje ji po dobu nejméně pěti let nebo po dobu stanovenou zadavatelem zároveň se záznamem o kalibraci. Doporučuje se archivovat záznamy a kalibrační listy chronologicky. Výsledky kalibrace se mohou v souladu s případnými podnikovými metrologickými dokumenty zanášet do kalibrační karty měřidla nebo ukládat do vhodné elektronické paměti. Budoucí revize normy ČSN EN ISO/IEC 17025 upřesní elektronický záznam výsledků.

### 11.3 Umístění kalibrační značky

Po provedení kalibrace může kalibrační laboratoř označit kalibrované měřidlo kalibrační značkou, popř. kalibračním štítkem nejčastěji s uvedením čísla kalibračního listu, datem



provedení kalibrace, případně s logem laboratoře. Pokud to není výslovně uvedeno v některém interním podnikovém metrologickém předpisu nebo kupní smlouvě se zákazníkem, nesmí kalibrační laboratoř uvádět na svém kalibračním štítku datum příští kalibrace, protože stanovení kalibrační lhůty měřidla je právem a povinností uživatele.

## 12 Péče o kalibrační postup

Originál kalibračního postupu je uložen u jeho zpracovatele, další vyhotovení jsou předána příslušným pracovníkům podle rozdělovníku (viz čl. 13.1 tohoto postupu).

Změny, popř. revize kalibračního postupu provádí jeho zpracovatel. Změny schvaluje vedoucí zpracovatele (vedoucí kalibrační laboratoře nebo metrolog organizace).

Doporučuje se plánovitě provádět periodické revize kalibračních postupů. Při revizi hodnotíme nejen aktuálnost provedení postupu, ale i historii kalibrací použitých etalonů a přiměřenost stanoveného CMC. Pro neakreditované laboratoře je přiměřená lhůta mezi revizemi obvykle 5 let, pro akreditované laboratoře je výhodné využít k revizi plánované termíny reakreditace.

## 13 Rozdělovník, úprava a schválení, revize

Uvedený příklad je pouze orientační a subjekt si může tuto dokumentaci upravit podle interních předpisů o řízení dokumentů.

### 13.1 Rozdělovník

Kalibrační postup		Převzal		
Výtisk číslo	Obdrží útvar	Jméno	Podpis	Datum

### 13.2 Úprava a schválení

Kalibrační postup	Jméno	Podpis	Datum
Upravil			
Úpravu schválil			

### 13.3 Revize

Strana	Popis změny	Zpracoval	Schválil	Datum

## 14 Stanovení nejistoty měření (příklad výpočtu)

### Přesnost analogových měřidel

Rozlišení analogových měřidel je omezeno šířkou ukazatele stupnice, paralaxou, kmitáním ručičky, přesností tisku stupnice, nastavením nuly, i chybou v důsledku neideálně vodorovného postavení mechanického displeje. Přesnost naměřených hodnot je také často ohrožena chybou pozorování vlivem paralaxy a hlavně u starších lidí nedokonalostí zraku. Dosažitelné rozlišení je obvykle na dvě a půl až tři číslice a je obvykle dostačující k omezené přesnosti potřebné pro většinu měření. Přesnost analogových přístrojů je definována z délky stupnice.

Analogové přístroje se vyráběly v normou stanovených třídách přesnosti. Chyba analogového přístroje je stanovena třídou přesnosti. Třída přesnosti je výrobcem zaručovaná největší možná relativní chyba přístroje  $\delta p$ , vyjádřená v procentech rozsahu měřené veličiny. Třídy přesnosti jsou normovány v hodnotách (0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1; 1,5; 2,5; 5) % .

Výhodou bylo, že pokud přístroj při kalibraci byl jen málo mimo specifikovanou třídu přesnosti, mohl se přeřadit do sousední horší třídy přesnosti.

Přesnost je brána z rozsahu, ne z měřené hodnoty. To v praxi znamená, že například pro třídu přesnosti 1 %, platí 1 % jen pro plný rozsah, v polovině je to už 2 % a v desetině rozsahu by to bylo 10 %.

Nejistota kalibrace se stanoví podle modelu EA 4/02.

### Příčina chyb analogových měřicích přístrojů:

- a) nepřesnost výroby a kalibrace,
- e) stárnutí materiálu,
- b) rušivé síly a momenty (tření v ložiskách),
- f) opotřebení přístroje,
- c) vnitřní rušivá magnetická a elektrická pole,
- d) oteplení vlastní spotřebou.

### Rušivé vlivy při měření.

#### Ovlivňující vlivy:

- a) Mechanické vlivy,
- b) Teplota.
- c) Vnější magnetická pole.
- d) Kmitočet.
- e) Tvar křivky časového průběhu signálu.

#### a) Mechanické vlivy

Velmi kritické bývá tření. Je ovlivněno hmotností otočného ústrojí a jeho uložení. Vliv tření lze vyloučit použitím závěsného uložení. Na údaje přístroje působí také nepříznivě otřesy. Je dobré přístroj umístit při měření na pružnou podložku. Důležitá při měření je také poloha přístroje. Bývá vyznačena na stupnici přístroje.

#### b) Teplota

V závislosti na teplotě se mění odpor cívek, předřadných odporů a bočniců. Dále je to také magnetická indukce permanentních magnetů, řídicí moment, nebo rozměry součástek. Teplotní vlivy omezujeme vhodným chlazením, výrobou součástek z materiálů s malým teplotním součinitelem, teplotní kompenzací cívek (k cívkám připojujeme teplotně závislé

rezistory), omezujeme vlastní spotřebu přístroje atd.

#### c) Vnější magnetická pole

Ovlivňují přístroje jejichž vlastní pole jsou slabá. Omezení vlivů těchto polí provádíme vhodným magnetickým stíněním (kryty z feromagnetických materiálů).

#### d) Kmitočet

Způsobuje změnu údajů u přístrojů, jejichž pohybový moment na kmitočet závisí (např. indukční soustava). Dále se projevuje u přístrojů, jejichž vnitřní odpor není činný, ale má i reaktanční složku (způsobeno např. vinutými předřadnými odpory nebo bočníky). Potlačení těchto vlivů provádíme např. bifilárním vinutím rezistorů, nebo kmitočtovou kompenzací (s měřenou cívkou zapojíme kmitočtově závislé součástky).

e) Tvar křivky časového průběhu při měření střídavého signálu. Magnetoelektrické přístroje s usměrňovačem měří střední hodnotu, ale stupnice mají kalibrované v hodnotách efektivních. Měříme-li efektivní hodnotu nesinusového průběhu, pak měříme špatně. Některé přístroje měří efektivní hodnotu měřené veličiny, jiné střední hodnotu, nebo také méně často hodnotu vrcholovou.

#### Vlastní spotřeba měřicího přístroje

Je výkon, který přístroj odebírá z měřeného obvodu. U střídavých přístrojů se udává ve VA a u stejnosměrných přístrojů ve W. Vlastní spotřeba měřicích přístrojů by měla být co nejmenší. Impedance napěťové cívky přístroje by měla být co největší a proudové co nejmenší. Obvykle spotřebu u multimetru hodnotíme podle proudu, který přístroj odebírá ve funkci DC U z měřeného obvodu. Dobré přístroje mívají 20 kΩ/V, ale není výjimka i odběr větší, často 1 kΩ/V.

#### Kalibrátory

Vždy uvažujeme odpor přívodů.

Přesné kalibrátory se většinou nehodí na prvním děleném rozsahu pro přímou kalibraci analogových měřidel, protože první rozsah kalibrátorů je často získán dělením, má velký vnitřní odpor. Některé kalibrátory mají velký vnitřní odpor a jen dvousvorkový výstup.

Kalibrátory mají často velké zkreslení THD, které musíme uvažovat u všech měřidel, která nejsou true RMS (to je měřidla s termočládky, elektromagnetická a dynamického principu).

Obvykle magnetoelektrické přístroje měří střední hodnotu (nejčastěji s usměrňovačem) a zobrazují výsledek násobený (\*≈1,11).

Vliv THD na údaj e měřidla reagujícího na střední hodnotu je závislý na tom, o kterou harmonickou v jakém fázovém vztahu k základní se jedná. Možný výsledek ukazuje tabulka.

Harmonická složka	Vliv harmonické na výsledek	
	2. harmonická	3. harmonická
5%	0 až -0,1%	+1,5 až -1,8%
10%	0 až -0,5%	+2,8 až -3,8%
15%	-0,1 až -2,0%	+4,7 až -8,6%
20%	-0,3 až -4,4%	+5,6 až -14,4%

**Stanovení nejistoty při kalibraci (příklad):****Kalibrace kapesního analogového multimetru při DC U 100V**

Příklad výpočtu nejistot při kalibraci stejnosměrného analogového multimetru

MT-2017 Analogový multimetr, Prokit's Industries Co., Ltd., příklad kalibrace pro 100V DC na rozsahu 250V DC V



Měřicí systém použitého měřidla magnetoelektrický  
vnitřní odpor DC: 20 k $\Omega$ /V

*Specifikace:*

rozsah 250 V,

vstupní odpor 500k $\Omega$

přesnost 3% FSD.

Etalon

vyhovuje například přenosný multifunkční kalibrátor Meatest M141

Vlastnosti etalonu podle výrobce ukazují následující tabulka:

**Stejnoseměné napětí**

rozsah	% z hodnoty + % z rozsahu
0 $\mu$ V – 10 mV	0.05 + 0.005 + 10 $\mu$ V
10 mV – 100 mV	0.01 + 0.001 + 10 $\mu$ V
100 mV – 1 V	0.008 + 0.002
1 V – 10 V	0.008 + 0.002
10 V – 100 V	0.015 + 0.004
100 V – 750 V	0.018 + 0.004

Výstupní odpor kalibrátoru na rozsahu 10 V DC je podle výrobce 10m $\Omega$ .

Maximální proud , odebíraný z kalibrátoru pro DC U 10 V je 30 mA.

Skutečný odběr z kalibrátoru pro DC U 10V při připojení MT-2017 na rozsahu 10 V je 50  $\mu$ A, vyhovuje s velkou rezervou.

Analogový multimetr typu MT-2017 třídy přesnosti 3 % FSD, měřicí rozsah 10 V DC, je kalibrován včetně přívodních vodičů z příslušenství na hodnotě 10 V přímou metodou pomocí etalonového kalibrátoru Meatest M141, jehož přesnost je  $\pm(0,008$  % z hodnoty + 0,002% z rozsahu), což při 10 V na rozsahu 10 V odpovídá hodnotě specifikace  $\pm 0,01$  %.

Teplota okolí při kalibraci je  $23\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$  a relativní vlhkost  $55\% \pm 10\%$ ,

Specifikace multimetru platí pro pracovní prostředí:  $23\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ , RH méně než 75 %, vyhovuje.

Kalibrátor je kalibrován s jednoroční periodou, rozšířená nejistota jeho kalibrace z kalibračního listu na 100V je 1mV pro  $k = 2$  (500  $\mu\text{V}$  pro  $k = 1$ ).

Po kontrole mechanické nuly je na voltmetru postupně nastavován vždy celý číslovaný dílek (nejprve zespodu a následně zeshora) a na kalibrátoru je odečítána jeho hodnota ve voltech.

Multimetr typu MT-2017 má pro rozsah 100 V stupnici do 250 V s dělením po 5 V a má pod stupnicí zrcátko, zlepšující přesnost odečítání.

Přesnější posouzení velikosti maximální chyby rozlišení závisí na pracovníkovi provádějícím kalibraci a jeho zkušenostech. Rozložení chyby je rovnoměrné.



V rámci kalibrace je použit multifunkční kalibrátor jako pracovní etalon. Je použit následující měřicí postup:

- (1) Výstupní svorky kalibrátoru se propojí se vstupními svorkami multimetru pomocí vhodných propojovacích vodičů z příslušenství multimetru.
- (2) Kalibrátor se nastaví na 100 V a po vhodném stabilizačním období se odečte hodnota udávaná multimetrem.
- (3) Chyba údaje multimetru se vypočte z údaje multimetru a z hodnoty nastavené na kalibrátoru.

Je nutné poznamenat, že chyba údaje multimetru, kterou získáme použitím popsaného postupu, zahrnuje vliv chyby nastavení nuly (offsetu) a rovněž i odchylku od linearity.

Chyba údaje  $E_X$  na multimetru, který je kalibrován, se získá ze vztahu

$$E_X = V_{iX} - V_S + \delta V_{iX} - \delta V_S \quad (S9.1)$$

kde je

$V_{iX}$  – napětí, které indikuje (udává) multimetr (index „i“ znamená indikaci),

$V_S$  – napětí generované kalibrátorem,

$\delta V_{iX}$  – korekce indikovaného napětí v důsledku konečné rozlišitelnosti multimetru,

$\delta V_S$  – korekce napětí kalibrátoru v důsledku

(1) drift od poslední kalibrace,

(2) odchylka, která je výsledkem kombinovaného vlivu offsetu (chybného nastavení počátku), nelinearity a rozdílů v zesílení (zisku),

(3) odchylky v okolní teplotě,

(4) odchylky v napájecím napětí,

(5) vlivy zatížení vyplývající z konečné vstupní impedance (odporu) kalibrovaného multimetru.

Rozptyl indikovaných hodnot není pozorovatelný, neboť multimetr má omezenou rozlišitelnost.

#### Hodnoty odečtené z multimetru ( $V_{iX}$ )

MULTIMETR indikuje napětí 100,1 V při nastavení kalibrátoru na 100 V. Předpokládá se, že údaj odečtený z multimetru, je přesný.

#### Pracovní etalon ( $V_S$ )

Kalibrační list multifunkčního kalibrátoru uvádí, že hodnota indikovaná při nastavení kalibrátoru je hodnotou generovaného napětí a že se k ní vztahuje rozšířená relativní nejistota měření rovná  $U = 0,000\ 02$  (koeficient rozšíření  $k = 2$ ). Rozšířená relativní nejistota měření vede k rozšířené nejistotě měření  $U = 0,002\ V$  (koeficient rozšíření  $k = 2$ ), která se vztahuje k indikovanému nastavení 100 V.

#### Rozlišitelnost multimetru, která má být kalibrována ( $\delta V_S$ )

Poslední významná číslice na displeji multimetru odpovídá 0,1 V. Každá hodnota odečtená z multimetru má korekci v důsledku konečné rozlišitelnosti displeje. Rozlišitelnost displeje je odhadnuta na 0,0 V s mezemi  $\pm 0,05\ V$  (tj. polovina velikosti poslední významné číslice).

#### Další korekce ( $\delta V_S$ )

Nejistotu měření, která se vztahuje k různým zdrojům, odvodíme z přesnosti, kterou uvádí výrobcem kalibrátoru v technické specifikaci.

V této specifikaci je uvedeno, že napětí generované kalibrátorem souhlasí s nastavením kalibrátoru v mezích  $\pm(0,000\ 1 \times V_S + 1\ mV)^{i2)}$  za následujících měřicích podmínek:

- (1) okolní teplota je v rozsahu 18 °C až 23 °C,
- (2) napájecí napětí kalibrátoru je v rozsahu 210 V až 250 V,
- (3) impedanční zatížení na svorkách kalibrátoru je větší než 100 k $\Omega$ ,
- (4) kalibrátor byl kalibrován v průběhu posledního roku.

Poněvadž tyto podmínky měření jsou splněny a dosavadní kalibrační záznamy kalibrátoru ukazují, že se lze spolehnout na technickou specifikaci výrobce, lze předpokládat, že korekce, kterou je třeba použít v případě napětí generovaného kalibrátorem, je 0,0V ( $\pm 0,011$ ) V.

#### Korelace

O všech vstupních veličinách se soudí, že nejsou korelovány ve významné míře.

#### Přehled nejistot ( $E_X$ )

veličina	odhad	standardní nejistota	pravděpodobnostní rozdělení	citlivostní koeficient	příspěvek k nejistotě
$X_i$	$x_i$	$u(x_i)$		$c_i$	$u_i(y)$
$V_{iX}$	100,1 V	-	-	-	
$V_S$	100,0 V	0,001 V	normální	-1,0	-0,001 V
$\delta V_{iX}$	0,0 V	0,029 V	rovnoměrné	1,0	0,029 V
$\delta V_S$	0,0 V	0,0064 V	rovnoměrné	-1,0	-0,0064 V
$E_X$	0,1 V				0,030 V

**Rozšířená nejistota**

Standardní nejistotě měření vztažené k výsledku zřetelně vévodí vliv konečné rozlišitelnosti multimetru. Výsledné rozdělení není normální, ale v podstatě rovnoměrné. Proto nelze použít metodu efektivních stupňů volnosti popsanou v příloze E dokumentu EAL–R2. Koeficient rozšíření, který přísluší rovnoměrnému rozdělení se vypočte ze vztahu daného rovnicí (S9.8) v matematické poznámce S9.14.

$$U = k \cdot u(E_X) = 1,65 \cdot 0,030 \text{ V} \cong 0,05 \text{ V}$$

**Uvedený výsledek**

Změřená chyba údaje ručního analogového voltmetru je při 100 V rovná  $(0,10 \pm 0,05) \text{ V}$ .

Uvedená rozšířená nejistota měření je součinem standardní nejistoty měření a koeficientu rozšíření  $k = 1,65$ , který byl odvozen za předpokladu rovnoměrného pravděpodobnostního rozdělení pro pravděpodobnost pokrytí 95 %.

**Dodatečné připomínka**

Je zjevné, že metoda použitá k výpočtu koeficientu rozšíření souvisí se skutečností, že na nejistotu měření vztaženou k výsledku má hlavní vliv konečná rozlišitelnost multimetru. To bude platit pro kalibraci všech přístrojů s malou rozlišitelností údajů, pokud jediným hlavním zdrojem nejistoty v přehledu nejistot bude konečná rozlišitelnost.

*Nejistota kalibrace se stanoví podle modelu EA 4/02, příklad S9.*

**15 Validace**

Kalibrační metody podléhají validaci v souladu s normou ČSN EN ISO/IEC 17025 čl. 5.4. Validační zpráva je uložena v archivu sekretariátu ČMS. Metody použité v tomto kalibračním postupu byly validovány. Doklad o validaci je uložen v České metrologické společnosti

**Upozornění**

Kalibrační postup je třeba považovat za vzorový. Doporučuje se, aby jej organizace přizpůsobila svým požadavkům s ohledem na své metrologické vybavení a konkrétní podmínky. V případě, že střediskem provádějícím kalibraci je akreditovaná kalibrační laboratoř, měl by být kalibrační postup upraven podle příslušných předpisů (MPA a EA).

## 16 Přílohy pro informaci

Přílohy nejsou přímou součástí kalibračního postupu. Přílohy uvádí doplňující informace, které by měl kalibrační technik znát ke správnému a kvalifikovanému provedení kalibrace podle uvedeného postupu.

Doporučuje se, aby pracovníci, provádějící předmětné kalibrace se seznámili a opakovaně udržovali znalosti uvedené v přílohách v rámci programu vzdělávání.

### Příloha 1

Analogový multimetr dávno přestal být nejpřesnější možností k měření, byl vytlačen digitálním multimetrem, ale stále si zachovává řadu příznivců a bude i nadále vyráběn. Uplatní se nejlépe tam, kde měřená veličina není příliš stabilní, protože analogový multimetr ukazuje velmi přehledně změny měřeného signálu.

Multimetry byly vynalezeny v roce 1920. Vynález prvního multimetru je přičítán britskému inženýru Post Office, Donaldu Macadie, který byl nespokojený s tím, že musel nést mnoho jednotlivých přístrojů potřebných pro údržbu telekomunikačních okruhů. Macadie vynalezl přístroj, který může měřit proud A, napětí V a odpor, takže tento multifunkční přístroj byl pak jmenován Avometer. Macadie předal nápad Coil Winder Company (ACWEEC, která byla založena v roce 1923). První AVO byly uvedeny do prodeje v roce 1923, a ačkoli to byly zpočátku jen stejnosměrné měřiče, mnoho z jeho rysů zůstala téměř beze změny až do posledního modelu 8.

Zajímavé je, že byl v roce 1923 patentován tento přístroj i v Československu.

Kapesní hodinkový styl multimetru byl v širokém užití již v roce 1920, za mnohem nižší cenu než Avometer. Kovové pouzdro bylo normálně připojeno k zápornému vodiči a to bylo uspořádání, které způsobilo četné elektrické úrazy. Technické specifikace a vlastnosti těchto zařízení byly často hrubé, například jeden z nich měl odpor pouhých 33 ohmů na volt a nelineární měřítko stupnice a byl bez nastavení nuly.



**Obr.1:** Avometr a hodinkový typ multimetru z roku 1920



Analogové přístroje značně zatěžovaly měřený obvod. Vstupní odpor Avometu I byl pouze 1 k $\Omega$ /V, u Avometu II se podařilo zvýšit tento odpor až na 50 k $\Omega$ /V, ale tím už možnosti končí. Proto byla vždy snaha, zvýšit vstupní odpor pomocí předzesilovače. Vynecháme-li speciální konstrukce s fotozesilovačem, zbývalo pro oddělovací zesilovač už jen použití elektroněk (anodový nebo katodový můstek). Tak vznikly poměrně rozšířené elektronkové multimetry. Ty ale nahradily, hned jak to bylo technicky možné, digitální multimetry. Digitální multimetr (DMM) je v současné době nejrozšířenější elektronický měřicí přístroj. Je to dáno jeho univerzálností a dostupností. Multimetry se nyní vyrábí ve velmi velkém množství a širokém rozsahu cen i přesností. DMM lze koupit za 50 Kč, ale i za 600 000 Kč. To je dáno obrovským rozsahem dosahovaných parametrů a jejich přesností. Levné DMM měří a zobrazují výsledek na 3,5 míst, přesné až na 8,5. S tím souvisí i velké rozdíly v udávané přesnosti, na DC U od 1 % až po méně než 0,001 %.



**Obr.2:** Elektronické multimetry Tesla Brno BM289 a BM388

U nás byly postupně vyáběny **Tesla Brno BM289** - elektronický voltmetr, ohmmetr ss vstupní napětí 0,1 mV – 300 V, nejmenší rozsah 1 V ss napětí, přesnost 3 %, napěťová sonda 15 kV, stř. vstupní napětí 0,3 mV – 300 V, nejmenší rozsah 3 V – 20 Hz – 50 MHz, přesnost 5 % (10 %), odpor 10 ohm – 200 mohm, přesnost 5 %, váha 6 kg, rozměry 280 x 195 x 150 mm.

**BM388** - střídavý elektronický voltmetr, ohmetr, vstupní napětí 10 mV – 100 V, nejmenší rozsah 0,1V 15Hz - 10MHz, přesnost 10%, odpor 1ohm - 1000Mohm, váha 7kg, rozměry 305x230x182mm

**BM 518** - stolní analogový multimetr, napětí - 0 – 300 V na fr. 50 Hz – 1 MHz i nesinusové průběhy

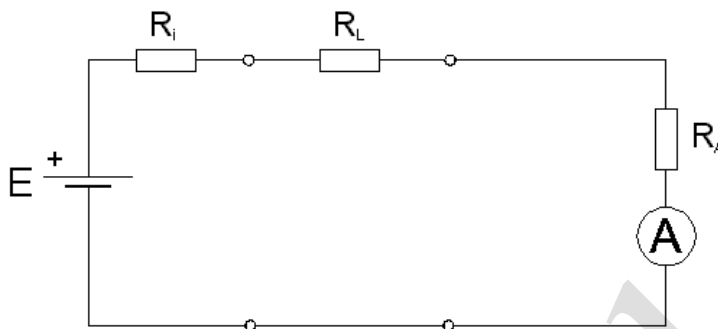


**Obr.3:** Přístroje a multimetry z metra Blansko

V padesátých letech minulého století začal národní podnik Metra Blansko vyrábět dnes již legendární snadno přenosný univerzální přístroj AVOMET. Sdružoval v sobě stejnosměrný i střídavý voltmetr a stejnosměrný i střídavý ampérmetr. Pojem „multimetr“ se tehdy nepoužíval. Pro měření v elektronice je důležitý parametr voltmetru jeho vstupní odpor, kterým zatěžuje měřený obvod. AVOMET měl pouze  $1 \text{ k}\Omega/\text{V}$ , což je dost málo. Zdokonalená druhá verze Avometu se jmenovala nejprve AVOMET II, později DU10. Ten měl vstupní odpor  $50 \text{ k}\Omega/\text{V}$ , a to je parametr velmi dobrý. Navíc byl vybaven funkcí dvourozsaňového ohmmetru s napájením  $1,5 \text{ V}$  z rozpůlené třívoltové baterie, která je dnes hůře dostupná. Na DU10 navazuje DU20, jenž se však kvůli větším rozměrům řadí spíše do kategorie stolních laboratorních přístrojů. V sedmdesátých letech Metra vyráběla měřicí přístroje řady PU..., které byly lehce přenosné, ale méně odolné hrubšímu zacházení. Pro měření v elektronických obvodech byl určen přístroj PU120, který kromě měření hlavních elektrických hodnot měl i funkci pro měření základních parametrů tranzistorů, ale vstupní odpor ss voltmetru měl pouze  $20 \text{ k}\Omega/\text{V}$ , tedy dvaapůlkrát horší než předchozí DU10. V uvedeném období až do 80. let byl velký nedostatek univerzálních měřicích přístrojů. Proto byl v rámci tehdejší RVHP nedostatek měřicích přístrojů v ČSSR řešen dovozem přístrojů z NDR - přístroje značky UNI..., z SSSR – přístroje řady C..., z Polska – přístroje řady UM... Později koncem 80. a začátkem 90. let vyráběla Metra přístroje řady PU500 a začala s výrobou i prvních digitálních multimetrů, ale přílišnou oblibu u uživatelů si tyto přístroje

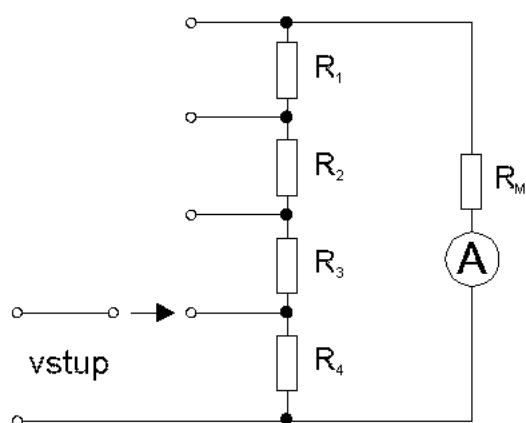
nezískaly, hlavně pro vysokou cenu. Z hlediska oblíbenosti univerzálních měřicích přístrojů suverénně vede legendární AVOMET II (DU10). Chceme-li ho ale i dnes používat, je nanejvýš vhodné zkontrolovat si jeho vlastnosti. Hodnoty změřené Avometem jsou značně nepřesné. Největší chyby měření budou na střídavých rozsazích. Odchylky u půl století starého přístroje jsou způsobeny řadou nevratných změn jakou je hlavně změna magnetického obvodu depréžského systému, únava torzního závěsu, stárnutí předřadných odporů a hlavně i stárnutí kupoxidových usměrňovačů (jedná se o staré typy polovodičových usměrňovačů). To jsou změny, které jsou prakticky nenapravitelné a vývojoví konstruktéři Avometu s tak dlouhou životností přístroje ani nepočítali.

### Základní principy činnosti



**Obr.4:** Základní princip zapojení analogového přístroje

Analogové měřiče byly převážně pasivní a použité měřidlo byl ampérmetr A na obr. 4, který měl vnitřní odpor  $R_A$ . Proud pro plnou výchylku býval mezi  $20 \mu\text{A}$  až  $1 \text{mA}$ . Rozsahy se měnily zařazením předřadného odporu  $R_L$ . Pokud neměl zdroj nezanedbatelný vnitřní odpor  $R_i$ , měřil tedy přístroj nižší napětí o úbytek na vnitřním odporu zdroje. Pokud bylo třeba měřit střídavé napětí, zařazoval se před měřidlo usměrňovač. Nejprve to býval značně nedokonalý polovodičový usměrňovač s oxidem mědi, (označení cuprox, známý podle svého mechanického provedení pod přezdívkou šváb). Později to byla germaniová dioda. Tyto usměrňovače měřily střední hodnotu signálu, proto pro neharmonické průběhy existovala i měřidla s termočláňkovým měničem. Pro měření proudu se používalo zapojení kombinovaného bočníku pro několik rozsahů provedené tak, aby přechodový odpor přepínače nebyl v okruhu měřeného proudu, ale až v okruhu měřidla (Ayrtonův bočník). Pokud bylo potřeba měřit odpor, stačilo využít napětí podle obr 4 (napěťový ohmmetr). Pokud pro pomocný zdroj E (baterii) nastavíme odpory  $R_i$  a  $R_A$  měřidlo na plnou výchylku, pak máme ohmmetr s nelineární stupnicí, kde je uprostřed hodnota odporu  $R_L + R_i$ .

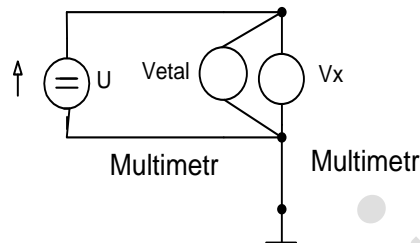


**Obr.5:** U bočníku typu Ayrton-Perry se vliv přepínače na přesnost neuplatní

Nepronedejné

**Příloha 2: Obecné zásady kalibrace podle veličiny****a. Kalibrace s etalonem tvořeným referenčním multimetrem****b. Kalibrace DC U a AC U**

Kalibrace s libovolným dostatečně stabilním zdrojem napětí, při které je etalonem referenční multimetr V etal.

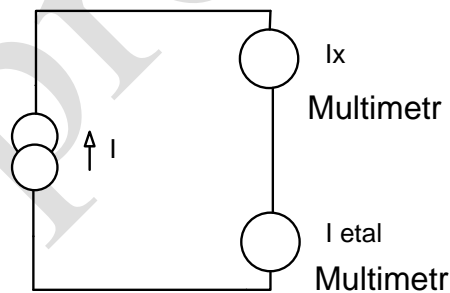


**Obr.6:** Zdroj připojíme přívody nezbytné délky přímo na kalibrovaný přístroj tak, aby se do nich neindukovalo zbytečně rušení (kroucené) a aby nebyly zbytečně ohřívány

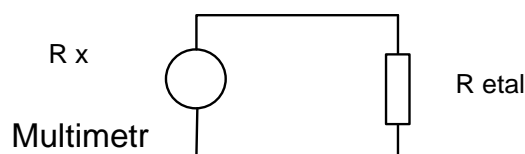
Referenční DMM připojujeme krátkými přívody na kalibrovaný přístroj.

**c. Kalibrace DC I a AC I**

Kalibrace s libovolným dostatečně stabilním zdrojem proudu, při které je etalonem referenční multimetr I etal.



**Obr.7:** Zdroj připojíme přívody nezbytné délky přímo na kalibrovaný přístroj v sérii s referenčním tak, aby se do nich neindukovalo zbytečně rušení (kroucené) a aby nebyly zbytečně ohřívány.

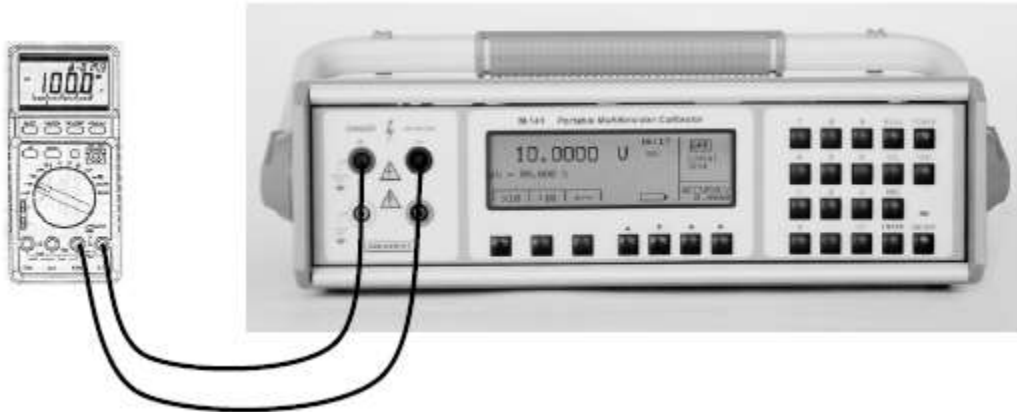
**d. Kalibrace DC R dvousvorkově**

**Obr.8:** Etalon odporu R připojíme přívody nezbytné délky přímo na kalibrovaný přístroj, nezapomenout přičíst R přívodů!

### Kalibrace přímo s kalibrátorem

Kalibrátor lze přímo použít ke kalibraci různých typů měřidel elektrických veličin a obvykle lze kalibrovat analogové multimetry v rozsahu funkcí DCV, ACV, DCI, ACI, odpor,

Dostatečně nízký výstupní odpor a proudová zatížitelnost umožňuje se správně vybraným kalibrátorem provádět kalibrace i analogových voltmetrů a milivoltmetrů s nízkým vstupním odporem.



**Obr.9:**

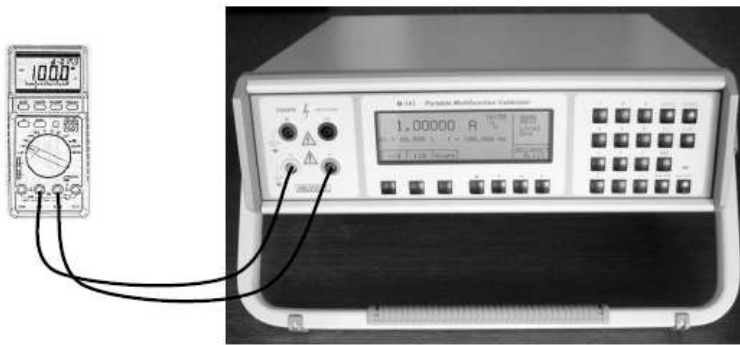
Napětové rozsahy podle M – 141 Přenosný kalibrátor, viz návod k použití Meatest

Připojení napětového rozsahu multimetru k výstupním svorkám kalibrátoru Nedoporučuje se zatěžovat napětový výstup kalibrátoru nestandardními zátěžemi. Kalibrátor je určen ke kalibračním voltmetrům. Po připojení výstupních svorek očekává chod naprázdno a téměř reálný zatěžovací odpor. Připojení objektů s velkou kapacitní nebo indukční zátěží může způsobit rozkmitání zesilovačů a jejich poškození.

K připojení testovaného měřidla je třeba použít krátké testovací vodiče, případně zkroucené.

#### **Proudové rozsahy**

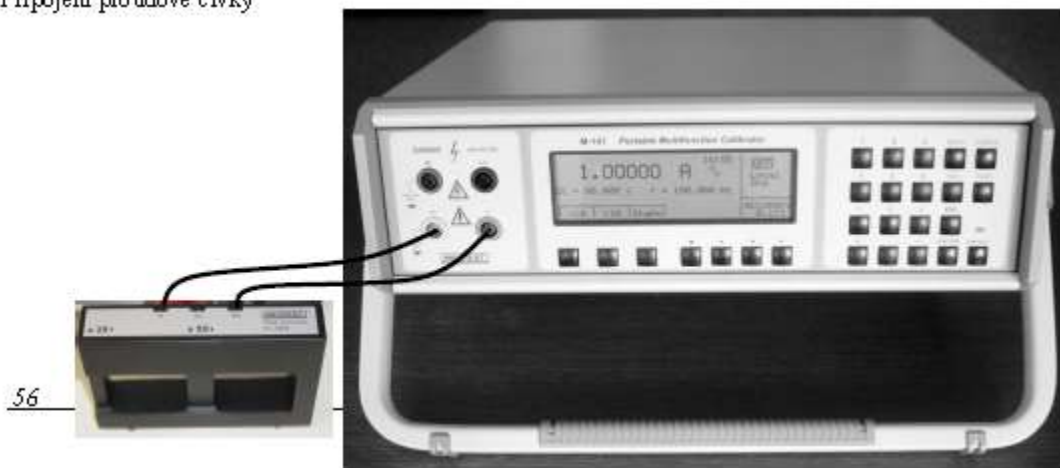
Kalibrátor má vyvedeny všechny stejnosměrné a střídavé proudové rozsahy na výstupní svorky +I/-I. Povolené maximální napětí na zátěži je v rozmezí proudů 0,2 až 2 A bývá přibližně  $2 \cdot V_{ef}$ . Při kalibracích ampérmetrů proudy vyššími než 1 A je nutno dbát na správné zasunutí propojovacích kabelů jak do výstupních svorek kalibrátoru, tak do vstupních svorek kalibrovaného měřidla tak, aby se zabránilo vzniku velkých přechodových odporů. Ty mohou způsobit nejen nepřiměřené zahřívání svorek vlivem velké tepelné ztráty na přechodu, ale i chybu v kalibraci. Velký a nestabilní přechodový odpor se chová nelineárně a může způsobit přídatné zkreslení střídavého výstupního proudu.



**Obr.10:** proudové rozsahy podle M – 141 *Přenosný kalibrátor*  
Návod k použití Meatest

Nedoporučuje se zatěžovat proudový výstup kalibrátoru nestandardními zátěžemi. Kalibrátor je určen ke kalibracím ampérmetrů. Po připojení výstupních svorek očekává chod nakrátko a téměř reálný zatěžovací odpor. Připojení objektů s velkou kapacitní nebo indukční zátěží může způsobit rozkmitání proudového zesilovače a jeho poškození.

Připojení proudové cívky



**Obr.11:** Použití proudové cívky rozšiřuje proudový rozsah kalibrátoru podle M – 141 *Přenosný kalibrátor* Návod k použití Meatest

### **e. Kalibrace stejnosměrného napětí**

Kalibrované měřidlo i kalibrátor nastavíme do funkce stejnosměrného napětí. Propojení se realizuje paralelním propojením vstupních napěťových svorek. Kalibrované měřidlo a výstupních napěťových svorek kalibrátoru (konkrétní zapojení je uvedeno v příslušném návodu ke kalibrátoru resp. Kalibrované měřidlo ). Na každém rozsahu se nejprve provede vynulování. Kalibrované měřidlo při zkratovaných měřicích vodičích nebo přímo proti kalibrátoru při nastavené výstupní hodnotě kalibrátoru na 0 V (výstupní svorky kalibrátoru musí být aktivované), pokud je Kalibrované měřidlo touto funkcí vybaven. Pokud Kalibrované měřidlo nemá funkci nulování, uvede se v kalibračním listě přímo hodnota naměřená při zkratovaných vstupních svorkách.

### ***f. Kalibrace střídavého napětí***

Měřený multimetr i kalibrátor nastavíme do funkce střídavého napětí. Propojení se realizuje paralelním propojením vstupních napěťových svorek. Pokud kalibrované měřidlo neměří efektivní hodnotu, vzniká složka nejistoty vlivem zkreslení signálu kalibrátoru. Před každým odečtem hodnoty je nutno ponechat dostatečný čas na ustálení čtené hodnoty. Ustálení bývá nejdelší na nejnižších a nejvyšších rozsazích. Měřicím signálem je sinusový průběh s pokud možno zanedbatelným zkreslením.

### ***g. Kalibrace stejnosměrného proudu***

UUT i referenční kalibrátor nastavíme do funkce stejnosměrného proudu. Propojení kalibrovaného měřidla a kalibrátoru se realizuje sériovým propojením vstupních proudových svorek kalibrovaného měřidla a výstupních proudových svorek kalibrátoru (konkrétní zapojení je uvedeno v příslušném návodu ke kalibrátoru resp. UUT). Nulování se provádí při rozpojeném měřicím obvodu nebo při hodnotě výstupního proudu kalibrátoru nastaveném na 0 A. Po vynulování se propojí UUT s kalibrátorem. Postupuje se od nejmenších hodnot k největším. Při odměrech proudu nad cca 0,5 A se nechá proud protékat přístrojem po zvolenou dobu ustálení údaje, aby došlo k ustálení teploty proudového bočníku, ale nedošlo k přetížení ohřevem.

### ***h. Kalibrace střídavého proudu***

UUT i referenční kalibrátor nastavíme do funkce střídavého proudu. Propojení UUT a kalibrátoru se realizuje sériovým propojením vstupních proudových svorek UUT a výstupních proudových svorek kalibrátoru (konkrétní zapojení je uvedeno v příslušném návodu ke kalibrátoru resp. UUT). Pokud UUT měří efektivní hodnotu, vzniká složka nejistoty vlivem zkreslení signálu kalibrátoru. Při odměrech proudu nad cca 0,5 A se nechá proud protékat přístrojem po delší dobu do ustálení údaje, aby došlo k ustálení teploty proudového bočníku. Při měření malých proudů především při vyšších kmitočtech musí mít vodiče mezi sebou co nejmenší kapacitu. Při měření velkých proudů, především při vyšších kmitočtech, musí být minimalizován přenos vzájemnou indukčností (proudové vodiče se prokrotí, případně napěťové vodiče od bočníku se rovněž prokrotí a vedou se pokud možno kolmo k vodičům proudovým)

## **Kalibrace pro rozsahy DC**

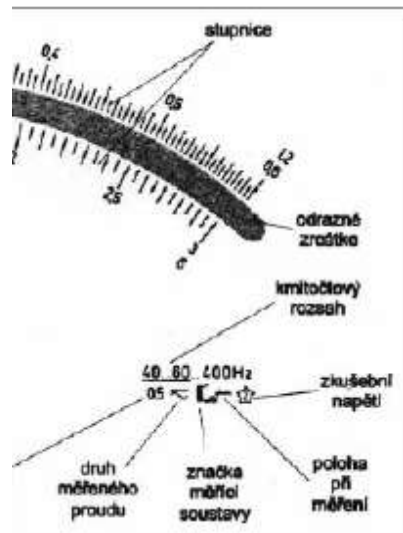
### ***i. Kalibrace pro rozsahy AC***

Kalibrace se provádí obdobným postupem jako pro DC U, ale harmonickým signálem. Frekvence je zvolena podle frekvence, která je většinou označená na panelu kalibrovaného měřidla.

Nelineární zkreslení signálu kalibrátoru zatíženého kalibrovaným měřidlem nesmí překročit 1/3 z třídy přesnosti kalibrovaného měřidla.

Pokud je na kalibrovaném měřidle uveden celý rozsah frekvence, (viz obrázek pro ilustraci).





Obr.12:

Značky na přístroji

**Kalibrace pro rozsahy měření R**

Analogové přístroje používají pro měření R princip napěťového ohmmetru (častěji) nebo princip proudového ohmmetru (méně často).

Stupnice ohmmetru je nelineární a specifikace je z délky stupnice, z čehož plyne, že v bodech blízko k okrajům stupnice je přesnost velmi malá.

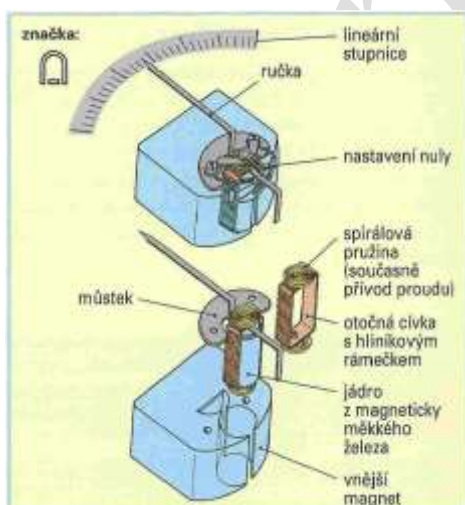
Kalibraci provádíme vždy pro body blízko středu stupnice, a pokud je to možné i pro kalibrační body blízko k 10 % a 90 % délky stupnice.

**Příloha 3****j. Principy činnosti a konstrukce analogových (ručkových) přístrojů**

Pro správné provedení kalibrace je nutné znát základní principy činnosti kalibrovaných přístrojů. V minulosti existovaly pouze měřicí přístroje ručkové (elektromechanické). Protože se s nimi můžeme setkat i nyní, je nutné se zmínit o jejich základních vlastnostech. Elektromechanické měřicí přístroje využívají k převodu měřené veličiny na měřicí informaci elektromagnetické silové účinky.

**k. Magnetoelektrické přístroje**

Magnetoelektrické (deprézské) přístroje jsou nejvíce rozšířené elektromechanické přístroje. Jsou citlivé. Princip přístrojů je založen na silovém účinku magnetického pole na vodič protékaný elektrickým proudem, který je úměrný měřené veličině. Tyto měřicí přístroje jsou nejčastěji používány na měření stejnosměrných veličin, a to napětí v rozsahu  $10^{-3}$  až  $10^3$  V a proudu v rozsahu  $10^{-5}$  až  $10^4$  A. Po doplnění přístroje převodníkem – usměrňovačem nebo termočlánekem se používají magnetoelektrické přístroje také pro měření střídavých harmonických průběhů. Stupnice je však potom udána v efektivní hodnotě, ale přístroj s usměrňovačem měří střední hodnotu signálu. Změna rozsahů se uskutečňuje pomocí předřadných odporů. U vícerozsahových přístrojů se vhodné předřadné odpory zařazují obvykle pomocí přepínače. Změna rozsahů ampérmetrů se uskutečňuje pomocí bočniců – rezistorů paralelně připojených k přístrojům. Ampérmetrem o vnitřním odporu  $R_A$  je třeba měřit proud  $I_X$   $n$ -krát větší než jmenovitý proud  $I_n$ . U vícerozsahových přístrojů se vhodné bočnice zařazují také často pomocí přepínače.

**Obr.13:****Princip magnetoelektrického přístroje**

### *l. Vlastnosti magnetoelektrických přístrojů.*

Použití: pro měření stejnosměrných napětí a proudů v širokých rozsazích.

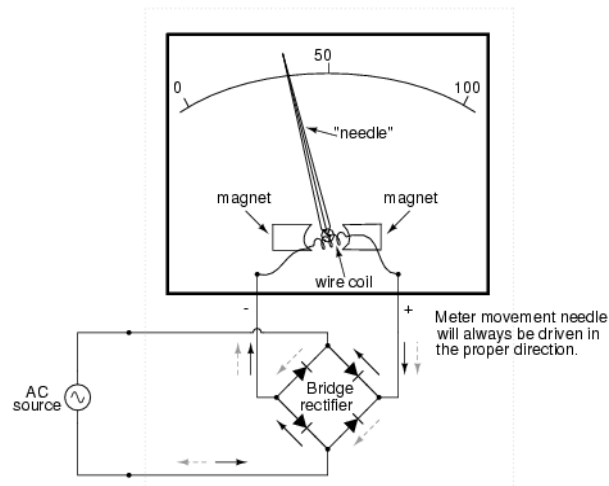
Třída přesnosti: 0,1 až 0,2.

Spotřeba přístroje:  $10^{-8}$  W až  $10^{-3}$  W.

Vnitřní odpor: 5 k $\Omega$  / V až 100 k $\Omega$  / V

Vliv teploty: změny teploty působí na měřicí ústrojí negativně (způsobují změnu odporu cívky a změnu řídicího momentu vratných pružin).

Vliv vnějších magnetických polí: vliv těchto polí je zanedbatelný, neboť přístroj má silné vlastní magnetické pole



**Obr.14:**

Deprézské přístroje měří střídavé napětí s pomocí usměrnění a reagují proto na střední hodnotu usměrněného proudu

### *m. Magnetoelektrické přístroje s usměrňovačem.*

Abychom tyto přístroje mohly použít pro měření střídavých veličin, musíme je doplnit usměrňovačem. Obvykle se používá dvoucestný Grätzův usměrňovač. Přístroj pak měří střední hodnotu usměrněného proudu nebo napětí. Protože jsme však zvyklí používat při měření a výpočtech hodnoty efektivní, jsou všechny magnetoelektrické přístroje s usměrňovačem kalibrovány v efektivních hodnotách sinusového průběhu.

## Příloha 4

### *n. Norma ČSN EN 60051-9*

EN 60051-9 Elektrické měřicí přístroje přímopůsobící ukazovací analogové a jejich příslušenství. Část 9: Doporučené zkušební metody (CEI IEC 51-9 Direct acting indicating analogue electrical measuring instruments and their accessories Part 9: Recommended test methods) je základním předpisem pro kalibrace analogových přístrojů, kdy analogové přístroje musely zajistit i pořadovanou přesnost z doby, kdy ještě nebyly rozšířené číslicové přístroje

### *o. Předpisy a postupy kalibrace analogových přístrojů*

Řada norem IEC 60051 je vydána v oddělených částech podle následující struktury a pod všeobecným titulem Elektrické měřicí přístroje přímopůsobící ukazovací analogové a jejich příslušenství. Norma má části:

Část 1: Definice a všeobecné požadavky společné pro všechny části.

Část 2: Zvláštní požadavky na ampérmetry a voltmetry.

Část 3: Zvláštní požadavky na wattmetry a varmetry.

Část 4: Zvláštní požadavky na kmitoměry.

Část 5: Zvláštní požadavky na fázoměry, měřiče účinníku a synchronoskopy.

Část 6: Zvláštní požadavky na ohmmetry (měřiče impedance) a měřiče vodivosti.

Část 7: Zvláštní požadavky na vícefunkční přístroje.

Část 8: Zvláštní požadavky na příslušenství.

Část 9: Doporučené zkušební metody.

Norma EN 60051-1 dále definuje referenční podmínky ovlivňujících veličin a jejich tolerance pro zkoušky – viz tabulka na konci kapitoly.

Tabulka je uvedena pouze pro informaci, většina laboratoří používá vlastní podmínky, obvykle méně přísné.

Části 2 až 9 nejsou samy o sobě úplné a musí být používány společně s touto částí 1.

Tato norma se vztahuje na přímopůsobící ukazovací elektrické měřicí přístroje s analogovým zobrazením, jako jsou:

- ampérmetry a voltmetry;
- wattmetry a varmetry;
- kmitoměry ukazovací a vibrační jazýčkové;
- fázoměry, měřiče účinníku a synchronoskopy;
- ohmmetry, měřiče impedance a měřiče vodivosti;
- vícefunkční přístroje výše uvedených typů.
- Vztahuje se také na určitá příslušenství, používaná s těmito přístroji, jako jsou:
- bočníky;
- předřadné rezistory a impedanční součásti.

Pokud s těmito přístroji souvisí ještě jiná příslušenství, vztahuje se tato norma i na kombinaci těchto přístrojů a příslušenství za předpokladu, že bylo provedeno nastavení pro tuto kombinaci.

Tato norma se také vztahuje na přímopůsobící ukazovací elektrický měřicí přístroj, jehož značky stupnice neodpovídají přímo elektrické vstupní veličině za předpokladu, že je vzájemný vztah mezi nimi známý.

Tato norma se také vztahuje na přístroje a příslušenství, které mají elektronické součásti ve svých měřicích a/nebo pomocných obvodech.

Tato norma se nevztahuje na přístroje pro speciální účely, pro které platí vlastní normy IEC.

*p. Výtah z postupu kalibrace*

- Pohybné stavitkem mechanické nuly ve směru potřebném k přivedení ukazovatele na nulovou značku.
  - V průběhu posouvání ukazovatele poklepávejte na pouzdro přístroje.
  - Když je ukazovatel nastaven na nulovou značku, obraťte směr pohybu stavitka mechanické nuly a pohněte jím v mezích mechanické vůle (mrtvého chodu) stavitka mechanické nuly, avšak tak, aby nedošlo ke změně polohy ukazovatele.
  - U přístrojů třídy přesnosti 0,5 a méně přesných a také u přístrojů s rovnoměrnou stupnicí, které mají více než 10 očíslovaných značek, se může základní a hysterezní chyba zkoušet jen na pěti očíslovaných značkách stupnice rovnoměrně rozdělených v měřicím rozsahu.
  - Vícerozsahové přístroje se zkoušejí na všech očíslovaných značkách stupnice jen na jednom měřicím rozsahu. Na ostatních měřicích rozsazích postačuje vykonat zkoušku na třech následujících značkách stupnice: 10 %, 50 % a 100 % hodnoty z měřeného rozsahu.
  - Přístroje s více stupnicemi se musí zkoušet na každé stupnici.
  - Přístroje s dvojstrannou stupnicí se zkoušejí na všech očíslovaných značkách na levé i pravé části stupnice.
  - Dostatečně pomalým zvyšováním napětí nebo proudu kalibračního zdroje se přivádí ukazovatel výchylky kalibrovaného přístroje postupně na každou zkoušenou značku.
  - Zvyšování se provádí bez poklepu a nesmí docházet k překmitu ručky přes zkoušenou značku. Pokud se tak stane, je třeba snížit napětí nebo proud na hodnotu odpovídající předcházející zkoušené značce a znovu jej zvyšovat.
  - Po dosažení maximální hodnoty měřicího rozsahu se zvýší napětí nebo proud na 120 % hodnoty odpovídající maximální hodnotě měřicího rozsahu nebo na maximální výchylku (mechanický doraz), podle toho, co je menší.
  - Pak se za obdobných podmínek pomalým snižováním napětí nebo proudu přivádí ukazovatel výchylky postupně na stejné značky stupnice a odečítají se odpovídající konvenčně pravé hodnoty napětí nebo proudu.
  - Hysterezní chyba údajů na zkoušené značce stupnice se určuje jako absolutní hodnota rozdílu skutečných hodnot napětí nebo proudu měření provedených ze strany menších a ze strany větších hodnot.
  - Hysterezní chyba údajů provozních měřidel nesmí převyšovat dovolenou základní chybu přístroje.
  - Možnost přeřazení do horší třídy.
-