



Česká metrologická společnost, z.s.

Novotného lávka 5, 116 68 Praha 1

tel/fax: 221 082 254

e-mail: cms-zk@csvts.cz

www.csvts.cz/cms

Metodika provozního měření

MPM 4.1.3/04/19

**METODIKA MĚŘENÍ S DIGITÁLNÍM MULTIMETRY
(DMM) PRO PRIVÁTNÍ POUŽITÍ**

Praha

říjen 2019



Vzorový metodický postup byl zpracován a financován ÚNMZ v rámci Plánu standardizace – Program rozvoje metrologie 2019
Číslo úkolu: VII/3/19

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

Řešitel: Česká metrologická společnost, z.s.

© ÚNMZ, ČMS

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

1 Předmět metodiky

Tento metodický postup se vztahuje na běžná privátní měření stejnosměrného a střídavého elektrického napětí, proudu a odporu levnými multimetry a dalších funkcí s rozlišením do 4 3/4 digitů v prostředí CATI a CATII podle ČSN EN 61010-1.

Nabídka typů a funkcí i měřicí rozsah je u DMM obvykle široký, rozsahy používané v praxi v domácnosti jsou omezeny požadavky bezpečnosti. DMM 3 1/2 rozsahu až DMM s 4 3/4 dig. DMM s ručním nebo automatickým přepínáním rozsahu slouží k převážné většině běžných privátních kontrolních, pracovních a provozních měření.

Týká se multimetrů se stupnicí.

Multimetr digit.	Rozsah	Rozsah popsany zkráceně
3 1/2	±1 999	2 000
3 3/4	±3 999	4 000
4 1/2	±19 999	20 000
4 3/4	±39 999	40 000

Základní uvažované funkce a rozsahy měření v této metodice

- DCU 1 mV až cca 1000 V,
- ACU 1 mV až 750 V_s, 20 Hz až 10 kHz,
- DC R 1 mΩ až 2 MΩ,
- DCI 1 mA až 20,00 A.

DMM jsou velmi dostupné v desítkách typů, ale vyžadují větší základní kvalifikaci uživatele. Prioritou je vždy bezpečnost uživatele. Uvažováno zde je jen měření proudu napájecích zdrojů, měření proudu uvnitř pracujícího zapojení může jeho funkci ovlivnit a proto se u tohoto postupu nepředpokládá. AC I jednoduché DMM neměří.

Nikdy nezapojujeme DMM ke zdroji nebezpečného napětí, kterým může být například síťová zásuvka.

Malé a levné dig DMM, například řady mají vestavěné ochrany, ale i s vestavěnými ochranami vyžadují správné a opatrné používání.

2 Související normy a metrologické předpisy

	<i>Ochrana před úrazem elektrickým proudem,</i>	[L1]
	dostupné na https://cs.wikipedia.org/	
	<i>Účinky elektrického proudu na organismus,</i>	[L2]
	dostupné na https://www.wikiskripta.eu	
	<i>Electropedia: The World's Online Electrotechnical Vocabulary,</i>	[L3]
	dostupné na http://www.electropedia.org/	
M 08 PROCEDIMIENTO EL - 001	PARA LA CALIBRACIÓN DE MULTÍMETROS DIGITALES Centro Español de Metrología Tres Cantos, Madrid	[L4]

KP 4.1.2/06/11/N	Číslicový multimetr	[L5]
KP 4.1.2/09/10/N	Digitální ohmmetry (s rozlišením nejvýše 4,5 digitů)	[L6]
KP 4.1.2/13/06/N	Univerzální číslicový měřicí přístroj U, I, R, C, f 3	[L7]
MPM 4.1.2/04/19	Digitální multimetry pro privátní použití	[L8]
MPM 4.1.2/03/18	Indikační 3,5 dig. Levné DMM (řada DT380) (Metodika měření s digitálními multimetry pro privátní použití)	[L9]
Calibration EURAMET Version 3.0 (02/2015)	Guide cg-15 Guidelines on the Calibration of Digital Multimeters	[L10]

3 Kvalifikace pracovníků provádějících měření

DMM jsou velmi dostupné přístroje, prodávané i v běžných prodejnách elektrozařízení i v hobymarketech a jsou často předmětem reklamy výrobce a prodejce. Je ale vždy nezbytná základní elektrotechnická kvalifikace uživatele DMM, protože nesprávné použití DMM může být životu nebezpečné.

Uživatel DMM, který musí mít základní kvalifikaci a znalosti v oblasti elektrických veličin, se seznámí s tímto metodickým postupem a [L1] a [L2].

Metodika je určena jen pro práce ve vnitřních prostorách a mimo možné zdroje nebezpečného napětí a proudu, CAT II, CAT III.

4 Názvosloví, definice,

Názvosloví a definice jsou obsaženy v příslušných normách (viz [L3]) a v publikacích věnovaných metrologické terminologii.

„Plná číslice“

Digitální měřiče jsou obvykle popsány jako přístroje s „poloviční číslicí“. Plná číslice je segment zobrazení, který může vykreslit všechna čísla od 0 do 9, tj. 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 a 9.

„Poloviční číslice“

Poloviční číslice může zobrazovat pouze číslo 1. Poloviční číslice je vždy první číslice. Protože poloviční číslice je v podstatě jen „1“, má omezené možné použití.

- $3\frac{1}{2}$ místný ukazuje do $\pm 1,999$, to je zkráceně do 2 000 digit,
- $3\frac{3}{4}$ místný ukazuje do $\pm 3,999$, to je zkráceně do 4 000 digit,
- $4\frac{1}{2}$ místný ukazuje do $\pm 19,999$, to je zkráceně do 20 000 digit.

Bezpečné napětí je napětí (jmenovité), které s ohledem na svou nízkou hodnotu nemůže způsobit úraz elektrinou. Bezpečné napětí má odlišnou hodnotu vzhledem k:

- druhu přístrojů (vnější vlivy),
- druhu napětí (střídavé, jednosměrné),
- dotyku částí (živých, neživých).

Hlavní pojmy

Obr. č. 1: Porovnání snadnosti čtení na analogovém a na digitálním přístroji.

Výhody digitálního multimetru:

- Mají vysokou vstupní impedanci, takže není žádný zatěžovací efekt,
- mají vyšší přesnost,
- získává se jednoznačný údaj,
- výstup může být propojen s externím zařízením,
- dostupné jsou i v menších velikostech,
- lze použít pro měření obou veličin AC a DC,
- lze použít pro měření různých parametrů, jako je odpor, napětí, proud atd.,
- je možné měření veličin s různým rozsahem,
- na rozdíl od analogového multimetru je velmi snadné jej používat, protože výsledky jsou zobrazeny přímo v číselné hodnotě a uživatel nemusí z rozsahu pracně číst.

Nevýhody digitálního multimetru:

- Vyžadují externí napájení,
- LCD displej závisí na baterii nebo externím zdroji napájení,
- když je baterie vybitá, displej bude ztmavený, což ztěžuje čtení,
- je zde napěťová limitace. Pokud je měřidlo zatíženo nad limit, přístroj může být poškozen,
- je složitější (dražší) než analogový typ,
- mělo by být použito podle měřicího rozsahu specifikovaného výrobcem a podle kategorie. V opačném případě může dojít k poškození zařízení a také ke zranění osob,
- při měření s DMM napájeným ze sítě na objektu nějak spojeného k síti, může dojít k nechtěným vazbám a ovlivnění.

DMM a bezpečnost

Elektrina je neviditelná a proto si neuvědomujeme její přítomnost. Protože nevidíte elektrický proud, můžete se dotknout vodiče pod napětím a způsobit úraz elektrickým proudem, který může být smrtelný. Chcete-li zůstat v bezpečí, musíte při výběru ručního multimetru pro

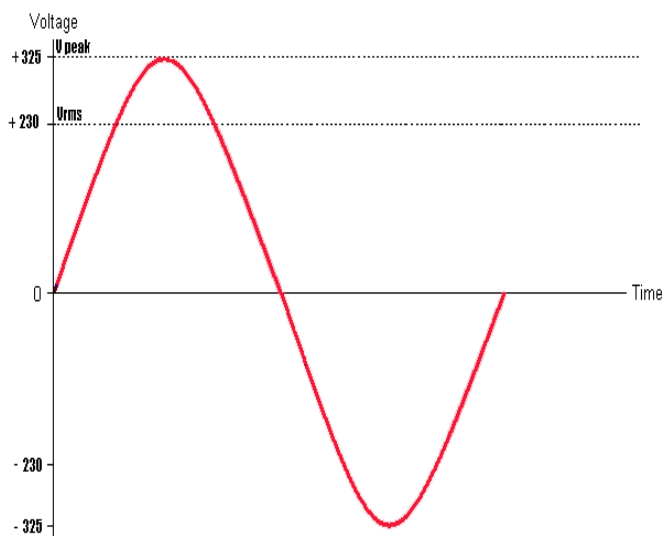
měření obvodu v budově zvážit tři klíčové charakteristiky. První klíčovou charakteristikou je jmenovité napětí obvodu. Měli byste znát maximální napětí, na kterém má obvod pracovat. Existuje mnoho různých hodnot síťového napětí pro provoz domácích a lehkých komerčních elektrických spotřebičů a osvětlení. Všechny evropské a většiny jihoamerických, afrických a asijských zemí používají napájecí síť, která je v rozmezí 10 % od 230 V. Minimálně musíte zvolit ruční multimetr, který bude měřit napětí, u kterého se předpokládá přítomnost takového napětí na obvodu. Nicméně, hodnocení napětí obvodu sám neříká celý příběh. Při výběru ručního multimetru pro měření je třeba vzít v úvahu také přechodná napětí. Přechodná napětí pocházejí ze dvou hlavních zdrojů: mohou být způsobeny přirozenými příčinami, například bleskem mimo budovu, nebo mohou být generovány spínacími činnostmi v distribučním systému. Spínací události v distribuci výkonu zahrnují spínání transformátorů, motorů, indukčnosti, náhlé změny zátěže nebo odpojení jističů. Amplitudy těchto přechodových napětí se liší od několika stovek voltů, až do maxima 6000 V. Tyto náhodně se vyskytující vysokonapěťové špičky mají tendenci trvat (50 až 200) mikrosekund. Pokud není ve vašem multimetru zabudována ochrana, která by bezpečně vydržela takovéto špičkové přechody, může vyvolat sled událostí, které by mohly vést k vážnému zranění nebo smrti.

Kromě jmenovitých hodnot napětí obvodů byste měli zvážit energetickou kapacitu obvodů. Abyste se chránili, měli byste znát energetickou kapacitu vašich okruhů dříve, než začnete měřit. Obvody s vyšší energetickou kapacitou mohou dodávat více proudu a energie do poruch než obvody s nízkou energií. Proto jsou měření prováděná na obvodech s vyšší energií mnohem nebezpečnější než měření prováděná na obvodech s nižší energií. Energetická kapacita obvodu je definována třemi charakteristikami: operačním napětím, impedancí obvodu a charakteristikou pojistky obvodu nebo jističe. Čím blíže je okruh k síťovému zdroji, tím nižší je impedance obvodu. Jinými slovy, poruchový proud je vyšší a jsou nutná zvláštní opatření.

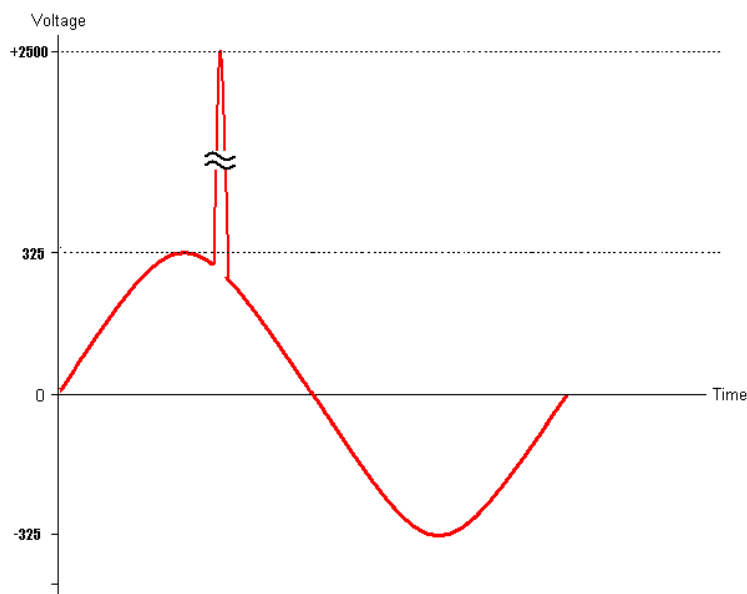
Amplituda přechodových napětí v různých kategoriích měření V současných normách IEC 61010 definují kategorie měření maximální amplitudu přechodových napětí, která mohou být přítomna na síťovém napětí. Tato přechodná napětí jsou definována tak, jak je uvedeno v tabulce 2. Všichni výrobci ručních multimetrů jsou povinni označit své výrobky jmenovitou měřicí kategorií (CAT II, CAT III nebo CAT IV). Toto označení je pro uživatele praktickým způsobem, jak identifikovat maximální přechodové napětí, které může měřidlo bezpečně vydržet. Většina ručních multimetrů zobrazuje toto hodnocení v blízkosti ručních multimetrových napěťových/proudových vstupních svorek. Někteří výrobci (včetně Keysight Technologies, Inc.) označují dvě různé kategorie měření. Jak vidíte z výše uvedené tabulky, CAT III pro síť s napětím 1000 V má stejnou schopnost přechodového režimu jako CAT IV pro síť s napětím 600 V. Proto je běžnou praxí označit ruční multimetr s tímto kombinačním hodnocením na multimetru:

Tab. č. 1:

Napětí sítě (proti zemi) V_{rms}	CAT II V_{Peak}	CAT III V_{Peak}	CAT IV V_{Peak}
100	800	1,500	2,500
150	1,500	2,500	4,000
300	2,500	4,000	6,000
600	4,000	6,000	8,000
1,000	6,000	8,000	12,000



Obr. č. 2: Napětí napájecí sítě 230 V dosahuje špičkovou hodnotu 325 V.



Obr. č. 3: Napětí napájecí sítě 230 V dosahuje špičkovou hodnotu 325 V, ale v době vlivu poruchy je mnohem větší, i několik kV

Bezpečnost a zařazení DMM do CAT podle normy

Je nejbezpečnější (jak pro multimetr, tak pro testovaný obvod, tak pro operátora) odpojit komponentu od obvodu a téměř vždy odejmout napájení z vyšetřovaného zařízení. Nejbezpečnější volbou je vyjmutí všech napájecích přípojek ze zařízení, které je napájeno ze sítě před testováním (a zajištění, že všechny velké kapacity zařízení jsou bezpečně vybity). Ponechání zařízení připojeného k síťovému zdroji při měření by mělo být pouze velmi pečlivě zváženou alternativou. Mimo jiné existují i případy interakce mezi zkušebními zařízeními a testovaným zařízením, které nejsou nebezpečné a mohou poškodit testovací zařízení a testované zařízení. To je obzvláště tehdy, když je v některém z propojených zařízení chyba, (která je podezřelá nebo ne). Zkušební zařízení napájené bateriemi může být v takových situacích nejbezpečnější volbou. Měřidla určená pro zkoušení v prostředí s nebezpečím

výbuchu nebo pro použití na trhacích tratích mohou vyžadovat použití baterie specifikované výrobcem, aby byla zachována jejich bezpečnost.

Digitální měřiče jsou hodnoceny do čtyř kategorií na základě jejich zamýšleného použití, jak je stanoveno v normě IEC 61010-1, a odrážely se podle skupin zemí a regionálních norem, jako je norma CEN EN61010.

- **Kategorie I:** používá se tam, kde není zařízení přímo připojeno k síti,
- **Kategorie II:** používá se v jednofázových koncových dílčích obvodech,
- **Kategorie III:** používá se na trvale instalovaných nákladech, jako jsou rozvodné panely, motory a třífázové zásuvky - **je mimo tento MPM,**
- **Kategorie IV:** používá se na místech, kde může být úroveň poruchového proudu velmi vysoká, jako jsou vstupy do sítě, hlavní panely, měřiče napájení a zařízení pro primární ochranu před přepětím - **je mimo tento MPM.**



Obr. č. 4: Zařazení DMM do CAT bývá viditelně označeno.

Každé hodnocení kategorie také udává maximální bezpečná přechodová napětí pro vybrané měřicí rozsahy v měřiči. Měřiče s hodnocením podle kategorií také chrání před poruchami způsobenými nadproudem při poruše. Na elektroměrech, které umožňují propojení s počítači, může být použita optická izolace k ochraně připojeného zařízení proti vysokému napětí v měřeném obvodu.

Kvalitní multimetry určené pro splnění norem kategorie II a výše zahrnují keramické pojistky s vysokou průtržnou kapacitou (HRC) s výkonem nad 20 kA; tyto jsou mnohem méně pravděpodobné, že selhávají výbušně než běžnější skleněné pojistky (ale jsou drahé a málo dostupné). Budou také zahrnovat ochranu proti přepětí MOV (Metal Oxide Varistor) s vysokou energií a ochranu proti nadproudu obvodu v podobě Polyswitch.



Obr. č. 5: Příklad ochrany vstupu speciálními pojistkami na multimetru Fluke 28 Series II s zařazením do CAT-IV.

Rozlišení, digity a přesnost

(označené v angličtině jako resolution, digit, specification nebo accuracy).

DMM se liší rozlišením displeje i přesností měření. Rozlišení (resolution) je definováno jako nejmenší změna signálu zobrazená na displeji. Rozlišení DMM je vyjádřeno v počtu číslic, které může přístroj zobrazit. Například čtyřmístný DMM, který označujeme jako 4 DMM má čtyři číslice, kde každá může mít hodnoty od 0 do 9. Bohužel, 4 místné DMM se ale nevyrábí. Běžné jsou přístroje označené 4½ DMM. Ta ½ označuje první číslici, která představuje nejvyšší úroveň, kterou je možné zobrazit. První číslice je nejvýznamnější místo na displeji, které ukazuje měřitelný rozsah. Pokud je užito ½, je první číslice jen 0 nebo 1, Takový 4½ místný měřič může zobrazit kladné nebo záporné hodnoty od 0 do + nebo - 19,999.

Počet zobrazených číslic je u 3½ místných DMM ±1,999 (2000), u 4½ ±19 999 (20 000), u 3¾ ±3,999 (4 000).

Specifikace (accuracy nebo specification).

Všichni výrobci DMM vyjadřují specifikace přesnosti jako ± [% čtení + číslo označující počet ve specifikaci povolených jednotek nejméně významné číslice (LSD)]. Část specifikace % ze čtení je ovlivněna skutečnou hodnotou signálu a je to tedy udáno jako % z měřené hodnoty. LSD představuje chybu způsobenou vlivem interní odchylky analogového digitálního převodníku (ADC), offsetovým šumem a chybou zaokrouhlení. Pokud například 4½ místný DMM se specifikací stejnosměrného napětí ± (1 % + 2dig) měří a na vstupu 10,5 VDC očekává se, že měřidlo zobrazí hodnotu 10,5 V ±1 %, to je mezi 10,395 V až 10,605 V. Když se vezme v úvahu druhá složka specifikace, udaná jako LSD, ± (1 % + 2dig), poslední místo zobrazení se může lišit ještě o ± 2 digity. Pokud je multimetr nastaven při měření 10,5 V na rozsah 20 V, tyto dva digity budou 0,002 V. Celková přesnost je ± [10,5 x (1/100)] + 0,002 V = ±0,107 V. Výsledek je tedy (10,3 ±0,107) V, neboli výsledek leží v rozsahu mezi 10,393 V do 10,607 V.

Než si vyberte ruční DMM, který nejlépe vyhovuje vašim požadavkům, zvažte následující:

Při měření střídavého napětí AC U

V zásadě jsou k dispozici dva typy multimetrů: „average responding“ (střední hodnota) a „true RMS“ (pravá efektivní hodnota).

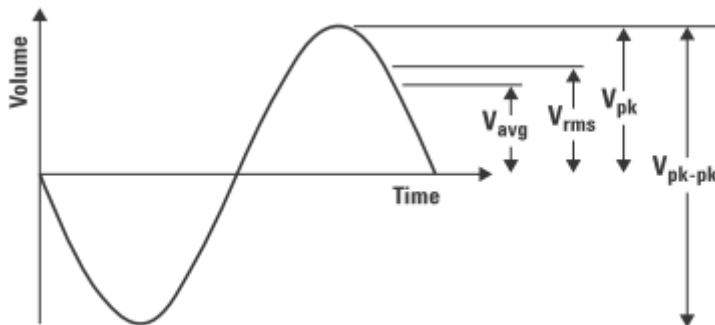
Pokud výrobce pomlčí o principu usměrnění, je obvykle měřič kalibrován pro čtení pouze pro vstup tvaru ideální sinusové vlny „average responding“ (střední hodnota). Pro ostatní tvary měřených křivek signálu měřič bude vykazovat podstatné chyby. Voltmetry reagující na střední hodnotu (na průměr reagující měřiče) budou normálně dobře pracovat pro měření signálu u lineárních zátěží, jako jsou odpory, žárovky, standardní indukční motory, ale pokud je signál s nelineárním zkreslením, jako je elektronického ovládní nebo kdekoliv v digitální technice, je přesnost podstatně nižší, než by se očekávalo.

True RMS (pravá efektivní hodnota) je měření efektivní hodnoty AC napětí nebo proudu. Tato hodnota je úměrná čtverci RMS napětí, nezávislé na tvaru vlny. Tento typ usměrnění je podstatně dražší a obvykle se tím pochlubí i výrobce multimetru.

Vždy nezapomeňte zvážit, jaký druh aplikací měříte před volbou typu ručního DMM. Pokud neměříme střídavé napětí, nevyužijeme výhody true RMS. Multimetry reagující na střední hodnotu (average responding) jsou podstatně jednodušší a levnější než typy reagující na pravou efektivní hodnotu (označené True RMS). Pro silně zkreslené signály ale žádný DMM nemůže konkurovat použití osciloskopu.

Na obr. 6 je ukázáno porovnání střední (V_{avg}) efektivní (V_{rms}) a špičkové (V_{pk}) hodnoty a hodnoty mezivrcholové (V_{pk-pk}).

Pro nezkreslené harmonické napětí je $V_{avg} = 0,637 V_{pk}$, $V_{rms} = 0,707 V_{pk}$, a $V_{pk-pk} = 2 V_{pk}$.



Obr. č. 6: Porovnání střední (avg) efektivní (rms) a špičkové (pk) hodnoty a hodnoty mezivrcholové (pk-pk)

Vstupní impedance.

DMM je ve srovnání s impedancí měřeného obvodu velmi vysoká. Typicky mají ruční multimetry vstupní impedance větší než $1\text{ M}\Omega$ a vstupní impedance se mění v závislosti na designu DMM a na frekvenci. Zvláště důležité je vybrat DMM s vysokou impedancí u měřeného vysokoohmového obvodu.

Alternativy DMM

Kvalitní univerzální elektronika DMM je obecně považována za přiměřenou pro měření na úrovních signálů vyšších než 1 mV nebo $1\text{ }\mu\text{A}$ nebo nižší než přibližně $100\text{ M}\Omega$; tyto hodnoty jsou daleko od teoretických limitů citlivosti a mají velký zájem v některých situacích návrhu obvodů.

Jiné přístroje v podstatě podobné, ale s vyšší citlivostí - se používají pro přesné měření velmi malých nebo velmi velkých signálů. Patří mezi ně nanovoltmetry, elektroměry (pro velmi nízké proudy a napětí s velmi vysokým zdrojovým odporem, například 1 T Ω) a pikoampérmetry. Některá z těchto měření umožňuje také příslušenství pro více typických multimetrů. Tato měření jsou omezena dostupnou technologií a v konečném důsledku přirozeným tepelným šumem.

Napájení

Analogové měřiče mohou měřit napětí a proud pomocí napájení ze zkušebního obvodu, ale vyžadují dodatečný zdroj vnitřního napětí pro testování odporu, zatímco elektronické měřiče vždy vyžadují pro napájení svých vnitřních obvodů vnitřní zdroj napájení.

Ruční měřicí přístroje používají baterie, zatímco stolní metry obvykle používají síťové napájení; obě uspořádání umožňují s měřičem měřit, ale i někdy ovlivnit měřený obvod.

Testování často vyžaduje, aby testovaná součást byla izolována od obvodu, ve kterém jsou namontovány, protože jinak mohou bludné nebo svodové cesty deformovat měření.

V některých případech může napětí z multimetru zapnout a aktivovat měřené zařízení, zkreslit měření nebo v extrémních případech dokonce poškodit prvek ve zkoumaném obvodu.

Bezdotykové měření proudu a napětí



Obr. č. 7: Ukázka kleští pro měření proudu a kleští se zabudovaným čidlem pro bezkontaktní zkoušení napětí.

Bezkontaktní měření napětí obsahuje obvykle kompaktní multimetr v robustním krytu z měkké pryže s bezdotykovým zkoušením napětí (NCV). Díky tomu mohou být přezkušovány kabely a vodiče, zda je v nich vedeno napětí bez ohrožení obsluhy připojením. Proto je ideálně vhodný pro zvýšení bezpečnosti. Princip měření konkrétně je založen na tom, že uvnitř bezkontaktní sondy je kovová destička sloužící jako elektroda. Pokud je detekován rozdílný elektrický potenciál mezi měřeným objektem a touto elektrodou, vznikají velmi malé proudy, které jsou přístrojem eliminovány – generováním napětí na stejný potenciál. Z hodnoty tohoto generovaného napětí je následně stanoveno skutečné napětí na měřeném vedení.

Bezkontaktní měření proudu umožní klešťové přístroje. U obvyklých kleští je ale DMM v bezprostřední blízkosti měřiče, ve kterém je měřen proud, takže je nutné zachovávat všechna bezpečnostní opatření.

DMM s automatickým nastavením rozsahu.

V současné době existuje mnoho různých multimetrů a široká škála funkcí, ale obvykle jsou to varianty základního typu od výrobce. Malé digitální multimetry jsou si velmi podobné, s výjimkou některých drobných variací. DMM může být v ceně do 50 USD a jsou i tak zvané AUTORANGE multimetry, které jsou obvykle asi 10x dražší než ručně přepínané.

AUTORANGE

Autorange - automatické nastavení rozsahu. Toto automatické nastavení rozsahu je velmi pěkná vlastnost zejména pro začátečníky. Garantuje se i automatické vypnutí přístroje po několika minutách nečinnosti (šetří baterie).

- Uložení dat: uloží čtení, zápis je tak po ruce,
- nabízí se často i o něco přesnější stupnice (do 6 000, místo obvyklých 2 000),
- méně významná je možnost podsvícení LCD,
- kontrola spojitosti umožňuje kontrolovat spojitost pomocí zvuků (pípnutí),
- některé DMM měří pravou efektivní hodnotu (true RMS), což podstatně zlepšuje přesnost měření zkreslených harmonických signálů.

Co se obvykle neuvádí a výrobci se tím příliš nechlubí.

- Některé DMM potřebují dvě 9 V baterie,
- někdy chybí u přístrojů s automatickou volbou rozsahu možnost zvolit a fixovat rozsah ručně.

Základní bezpečnostní pokyny a varování



Varování

Abyste se vyhnuli úrazu elektrickým proudem nebo zranění a zabránili případnému poškození přístroje nebo měřeného obvodu, dodržujte následující pravidla:

- **Před použitím přístroje zkontrolujte jeho kryt. Nepoužívejte přístroj s poškozeným krytem. Hleďte ulomené části krytu nebo chybějící plast. Věnujte zvýšenou pozornost izolaci v okolí konektorů.**
- **Zkontrolujte měřicí přívody, zda nemají poškozenou izolaci nebo odhaleny**

vodivé části. Zkontrolujte, zda přívodní vodiče nejsou přerušeny. Poškozené měřicí přívody před měřením nahrad'te přívody stejného typu nebo specifikace.

- Měřte až po důkladné úvaze co, kde a jak budete měřit.
- Rozsah přístroje nastavte podle očekávané hodnoty nebo na rozsah větší.
- Používejte vždy originální kabely, které nesmí být poškozené.
- Sondy držíme vždy na určeném místě tak, aby byly ruce chráněny před sklouznutím terčíky na sondách.
- Ruce, držící sondy, nesmí být mokré. Mokrý nebo zapocené ruce před měřením utřeme.
- Multimetr je malý a lehký, proto si předem rozmyslíme, jak bude položen, aby nespádl.
- Nepřivádějte na přístroj napětí.
- Otočný přepínač by měl být nastaven do požadované polohy před spuštěním měření a změna rozsahu by neměla být prováděna v průběhu měření. Vyhněte se tím poškození přístroje.
- Abyste se vyhnuli úrazu elektrickým proudem nebo poškození přístroje, nepřivádějte mezi svorky a uzemnění větší napětí než 60 VDC nebo 30 V_{rms} (AC).
- Při měření používejte správné svorky, režim a rozsah pro dané měření.
- Přístroj nepoužívejte ani neskladujte v prostředí s vysokou teplotou nebo vlhkostí, ve výbušném nebo hořlavém prostředí nebo v silném magnetickém poli. Ve vlhku může dojít ke zhoršení vlastností přístroje.
- Vyměňte baterii ihned poté, co se objeví indikace slabé baterie na displeji. S vybitou baterií může přístroj udávat neplatné hodnoty, které mohou vést k úrazu elektrickým proudem a zranění.
- Před otevřením krytu přístroje odpojte a měřicí přívody a přístroj vypněte.
- Při opravě používejte pouze náhradní díly stejného typu nebo specifikace.
- Vnitřní obvody přístroje by neměly být svévolně upravovány, aby se předešlo poškození přístroje a úrazu.
- DMM je určen jen pro vnitřní použití (v bytě).
- Pro čištění povrchu použijte měkký hadřík a slabý roztok čisticího prostředku. K čištění nepoužívejte abrazivní prostředky nebo rozpouštědla. Vyhněte se tím korozi, poškození a úrazu.
- Pokud přístroj nepoužíváte, vypněte jej. Před delším nepoužíváním vyjměte baterii.
- Pravidelně kontrolujte baterii, která může po delší době používání začít vytékat. Vytékající baterii ihned vyměňte, protože by mohla poškodit přístroj.

Některé důležité symboly



Vybitá baterie.

Vyměňte baterii ihned poté, co se objeví tato indikace.

S vybitou baterií může přístroj udávat neplatné hodnoty, které mohou vést k úrazu elektrickým proudem a zranění.



Nebezpečné napětí

Varuje obsluhu před možným nebezpečím.

Základní mezinárodně používané symboly u DMM

~	AC (Střídavý proud)
—	DC (Stejnoseměrný Proud)
⎓	AC nebo DC
⊥	Zemění
□	Dvojitá Izolace
⚠	Upozornění. Odkazuje na provozní Manuál
🔋	Vybitá Napájecí Baterie
⚡	Kontinuity Test, Diody
⚡	Nebezpečí vysokého Napětí
CE	Je ve shodě s normami Evropské Unie

5 Měřidla a pomocná měřicí zařízení

Všeobecná typická specifikace DMM – 3,5 dig DMM

- Maximální napětí mezi vstupními svorkami **1000V_{rms}**.
- Pojistka pro vstup **mA** 315 mA, 250 V rychlá, (5x20) mm.
- Vstup **10 A** nebo **20 A** bez pojistky.
- Maximální zobrazitelná hodnota: **1999**.
- Změna rozsahu: manuální.
- Rychlost měření: 2-3x za sekundu.
- Teplota:
 - pracovní: 0 °C ~ 40 °C.
 - skladovací: -10 °C ~ 50 °C.
- Relativní vlhkost:
 - méně nebo rovno 75 % při 0 °C ~ 30 °C.
 - méně nebo rovno 50 % při 31 °C ~ 40 °C.
- Nadmořská výška:
 - pracovní: max. 2000 m.
 - skladovací: 10000 m.
- Překročení rozsahu: zobrazí se „1“.
- Polarita: automaticky (u negativních hodnot je zobrazeno „-“).
- Baterie 9 V (NEDA 1604 nebo 6F22 nebo 006P).
- Indikace slabé baterie: zobrazením symbolu baterie.
- DATA HOLD: zobrazením symbolu.
- Rozměry (výška x šířka x délka): (172 x 83 x 38) mm nebo více.
- Hmotnost: přibližně 310 g (včetně baterie) nebo více.
- Bezpečnost: v souladu s normou IEC61010 CAT I 1000 V, CAT II 600 V a dvojitá izolace.
- **Přesnost měření**
 - Přesnost: ± (a % z naměřené hodnoty + b z rozsahu).
 - Záruka přesnosti 1 rok.

- Pracovní teplota: $23\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$.
- Relativní vlhkost: menší než 75 %.
- Teplotní koeficient: $0,1 \times$ (udaná přesnost) / 1 °C nebo / 5 °C

Měření s DMM s automatickým nebo s ručním přepínáním rozsahů.

Měření s DMM s automatickým přepínáním rozsahů se liší jen tím, že přístroj automaticky nastaví rozsah.

Měření s DMM s automatickým přepínáním rozsahů s možnou ruční fixací rozsahu tlačítkem mají jen některé typy DMM a umožňují měřit signály, pro které by přístroj automaticky nastavil různé rozsahy jen na jednom rozsahu, což je v některých případech přednost.

6 Obecné podmínky měření – veličiny ovlivňující výsledky měření

Pro popisované (3,5 až $4\frac{3}{4}$) dig DMM obsahující v konstrukci elektroniku obvykle výrobce měřidel určuje rozsah použití referenční teploty v rozmezí $(23 \pm 5)\text{ °C}$, což je běžné prostředí v bytě. Pro teploty mimo tento rozsah se zhorší přesnost a výrobce určuje tzv. teplotní koeficient, který je nutné připočítat při výpočtu nejistoty měření, ale v tomto MPM se užití mimo rozsah $(23 \pm 5)\text{ °C}$ neuvažuje.

Instalace baterie do DMM.

Před použitím měřiče musí být vybaven malou 9 V baterií, která je obvykle součástí dodávky DMM. Spotřeba proudu DMM je asi 1 mA a dobrá alkalická baterie PP3 má kapacitu přibližně (500 – 600) mAh. Mějte na paměti, že když je měřič vypnutý, není zobrazen žádný viditelný displej - obrazovka je jednotně šedá. Když je třeba vyměnit baterii (pokud klesne napětí na přibližně 7 V), varovný symbol BAT se automaticky objeví v horní levé části displeje kromě běžného údaje displeje, když je přístroj zapnutý a ohlásí tím automaticky nutnost výměny baterie. Životnost baterie je dva až tři roky při příležitostném používání DMM, ale pouze po dobu dvou až tří týdnů, pokud je měřič ponechán zapnutý - proto by měl být skladován vždy vypnutý, pokud není používán a to otočením přepínače tak, aby šipka ukazovala nahoru.



Obr. č. 8: Symbol vybité baterie na displeji DMM.

8 Kontrola měřidla před použitím a příprava na měření

Měřicí přístroj se připraví pro měření v souladu s technickou dokumentací nebo údaji uvedenými na přístroji. Provede se vnější prohlídka přístroje, viz varování v kap. 2 zda:

- kryt přístroje a kryt stupnice displeje nejsou poškozeny,
- přístroj je vybaven všemi součástkami a příslušenstvím potřebným k měření,
- všechny technické údaje o přístroji uvedené na stupnici, přepínači rozsahů, svorkách a krytu přístroje jsou zřetelné.

Dále se **provede kontrola provozuschopnosti** zda:

- přípojovací svorky jsou spolehlivě upevněné a nepoškozené,
- přepínače měřicích rozsahů jsou funkční a mají správnou aretaci odpovídající
- zvolenému měřicímu rozsahu,
- zjistí se, zda všechny ovládací prvky mechanicky správně pracují,
- zjistí se, zda přístroj na všech jeho uvedených funkcích elektricky správně pracuje,
- zjistí se, zda je možné nastavit nulový údaj, případně dovolenou odchylku od nuly,
- na všech měřicích rozsazích a ve všech funkcích přístroje.

Pokud je to možné, je vhodné před vlastním měřením vyzkoušet zda svítí všechny segmenty displeje (při poruše sedmsegmentového displeje může snadno dojít k záměně číslic 0 a 8 nebo 5 a 6).

Měřidlo, které vykazuje nedostatky, nelze dále k měření používat.

Přívodní kabely (zkušební sonda).

Tyto součásti jsou fyzická zařízení, kterých se používá pro připojení multimetru k testovanému zařízení. Testovací sondy se pohybují od velmi jednoduchých, robustních zařízení až po složité sondy. Zkušební sonda se často dodává jako zkušební vodič, který zahrnuje sondu, kabel a zakončovací konektor.

Sondy se nejčastěji používají k měření napětí na testovaném zařízení. Pro dosažení vysoké přesnosti nesmí DMM ani jeho sonda významně ovlivnit měřené napětí. Toho je dosaženo zajištěním toho, aby kombinace přístroje a sondy vykazovala dostatečně vysokou impedanci, která nezatěžuje testované zařízení. Pro měření AC může být reaktivní složka impedance důležitější než odpor.

Typická sonda k DMM se skládá z jediného vodiče, který má na jednom konci konektor, který zapadá do voltmetru, a na druhém konci tuhý trubkovitý plastový úsek, který obsahuje jak držadlo, tak tělo sondy. Rukojeť umožňuje osobě držet a vést sondu bez ovlivnění měření (tím, že se stane součástí elektrického obvodu) nebo vystavena nebezpečným napětím, která mohou způsobit úraz elektrickým proudem. V těle sondy je vodič připojen k pevnému špičatému kovovému hrotu, který se dotýká testovaného zařízení.

Zkušební vodiče jsou obvykle vyrobeny z jemně spleteného svazku drátů, aby se udržely pružné a dostatečné pro vedení několika ampérů elektrického proudu. Izolace je zvolena tak, aby byla flexibilní a měla průrazné napětí vyšší než maximální vstupní napětí voltmetru. Mnoho jemných pramenů a silná izolace činí drát silnějším než obyčejný drát. Dvě sondy se používají společně pro měření napětí, proudu a dvousvorkových komponent, jako jsou odpory a kondenzátory. Při měření DC je nutné vědět, která sonda je pozitivní a která je negativní, takže podle konvencí jsou sondy červeně zbarveny pro pozitivní a černě pro negativní polaritu. V závislosti na požadované přesnosti mohou být použity s frekvencemi signálu v rozsahu od DC do několika kilohertzů.

Teplotní sondy se používají pro kontaktní měření povrchových teplot. Používají teplotní čidlo, jako je obvykle termočlánek k výrobě napětí, které se mění s teplotou. Nejsou u všech typů DMM.

Měření.

Během používání jsou používány vždy vodiče dodané s DMM.

Černý vodič je zapojen do nejnižší ze tří zásuvek (černý) a červený vedení do střední zásuvky (dolní ze dvou červených zásuvek). Červené vedení by nikdy nemělo být zapojeno do jiné červené zásuvky, s výjimkou měření velkých stejnosměrných proudů (až 10 ampérů).

Další častou, ale ne tak fatální poruchou multimetru je zlomení pájeného spoje vedení sond z místa jejich připojení (pájení) k hrotu v sondě. To je způsobeno skutečností, že při měření se sondy často otáčejí vzhledem k jejich ose, zatímco spojovací vodič u jednoduchých sond zůstává stacionární. V důsledku konstantního zkroucení a odvíjení se poškodí měděné jádro kabelu a připojovací kabel je odlomen v místě pájení. Abyste tomu zabránili, stačí upravit připojovací kabel jednoduché sondy fixováním s ohledem na sondu, například pomocí izolační pásky nebo smršťovací hadičky, kvalitnější DMM už to mají zajištěno při výrobě.



Obr. č. 9: Příklad provedení sondy

Pouzdro přístroje

Krabička, ve které je přístroj vestavěn, u nejmenších DMM obvykle černá nebo jasně žlutá, plní všechny bezpečnostní a funkční požadavky, ale často s malou mechanickou odolností. Proto je s přístrojem vždy třeba zacházet opatrně. Pokud po delší době provozu přestává být přepínání spolehlivé, je to většinou způsobeno mechanickým uvolněním a bývá to snadno odstranitelné. Lepší provedení pouzdra ukazuje i na pravděpodobně lepší konstrukci přístroje. Dražší typy mají často ne pouzdru ještě pružný ochranný obal.

9 Postup měření

9.1 Měření DC (stejnoseměrného) napětí

Varování:

Abyste se vyhnuli poškození přístroje nebo měřených zařízení, nesnažte se měřit napětí vyšší než 1000 V nebo 750V_{rms} a dbejte vždy zvýšenou pozornost při měření vysokého napětí.

Pro měření DC (stejnoseměrného) napětí postupujte takto:

- Připojte červenou měřicí sondu do zdířky na multimetru a černou sondu do zdířky COM,
- nastavte otočný přepínač do polohy DC V,
- připojte měřicí sondy k měřenému zařízení a to tak, že červenou sondu připojíte na kladný pól a černou sondu připojíte na záporný pól (zem – GND),
- naměřená hodnota je zobrazena na displeji,
- po ukončení měření odpojte měřicí sondy od měřeného zařízení.

Poznámka:

- V případě, že neznáte hodnotu měřeného napětí, nastavte rozsah napětí na nejvyšší (1000V) a pouze pokud je naměřená hodnota menší než další nižší rozsah napětí na multimetru, můžete pro zjištění přesnější hodnoty nastavit menší rozsah na multimetru,
- rozsah přepínejte jen po odpojení sond od měřeného obvodu,
- v případě, že se na displeji objeví symbol „1“, měřená hodnota napětí je vyšší než zvolený rozsah,
- vstupní impedance je cca 10 M Ω , což může, mít za následek chybu v měření u vysokoimpedančních obvodů. V případě, že impedance obvodu je menší nebo rovna 10 K Ω , je chyba při měření zanedbatelná (cca 0,1 % a méně).

9.2 Měření AC (střídavého) napětí**Varování**

Abyste se vyhnuli poškození přístroje nebo měřených zařízení, nesnažte se měřit napětí vyšší než 1000 V nebo 750 V_{rms} a dejte pozor při měření vysokého napětí.

Pro měření AC (střídavého) napětí postupujte takto:

- Připojte červenou měřicí sondu do zdířky na multimetru a černou sondu do zdířky COM,
- nastavte otočný přepínač do polohy AC V,
- připojte měřicí sondy k měřenému zařízení,
- naměřená hodnota je zobrazena na displeji,
- po ukončení měření odpojte měřicí sondy od měřeného zařízení.

Poznámka:

- V případě, že neznáte hodnotu měřeného napětí, nastavte rozsah napětí na nejvyšší (750 V) a pouze pokud je naměřená hodnota menší než další nižší rozsah napětí na multimetru, můžete pro zjištění přesnější hodnoty nastavit menší rozsah na multimetru,
- rozsah přepínejte jen po odpojení sond od měřeného obvodu,
- v případě, že se na displeji objeví symbol „1“, měřená hodnota napětí je vyšší než zvolený rozsah,
- vstupní impedance je cca 1 M Ω nebo 10 M Ω , což může, mít za následek chybu v měření u vysokoimpedančních obvodů. V případě, že impedance obvodu je menší nebo rovna 10 K Ω , je chyba při měření zanedbatelná (cca 0,1 % a méně).

9.3 Měření DC (stejnoseměrného) proudu**Varování**

Abyste se vyhnuli poškození přístroje nebo měřených zařízení, nesnažte se měřit proud v obvodu, kde je napětí vyšší než 60 V DC nebo 30 V_{rms}.

V případě, že dojde k vyhoření pojistky při měření, může dojít k poškození multimetru či poranění obsluhy multimetru. Pro měření proto používejte správně zapojené měřicí sondy a správně nastavený rozsah. Při připojení měřících sond nikdy nepřipojujte multimetr do obvodu paralelně, ale vždy v zapojení do série!

Při měření postupujte takto:

- Vypněte zařízení, u kterého budete měřit proud, **vybijte všechny vysokonapět'ové kondenzátory**,
- připojte červenou sondu do zdířky **mA** nebo **20 A** nebo **10 A** multimetru a černou do zdířky COM. Při měření proudu do 200 mA, použijte zdířku **mA**, zatímco při proudech větších než 200 mA, použijte zdířku **20 A** nebo **10 A**,
- nastavte otočný přepínač na měřicí rozsah **DC A**,
- přerušte v místě měření zapojený obvod a připojte multimetr do série tak, že červenou sondu připojíte do místa s vyšším potenciálem a černou do místa s nižším potenciálem,
- zapněte zařízení, u kterého měříte proud,
- naměřená hodnota je zobrazena na displeji,
- po ukončení měření odpojte měřicí sondy od měřeného zařízení.

Poznámka:

V případě, že neznáte hodnotu měřeného proudu, nastavte rozsah proudu na nejvyšší (10 A) a pouze pokud je naměřená hodnota menší než další nižší rozsah proudu na multimetru, můžete pro zjištění přesnější hodnoty nastavit menší rozsah na multimetru.

9.4 Měření AC (střídavého) proudu

Varování

Abyste se vyhnuli poškození přístroje nebo měřených zařízení, nesnažte se měřit proud v obvodu, kde je napětí vyšší než 60 V. V případě, že dojde k vyhoření pojistky při měření, může dojít k poškození multimetru či poranění obsluhy multimetru. Pro měření proto používejte správně zapojené měřicí sondy a správně nastavený rozsah. Při připojení měřicích sond nikdy nepřipojujte multimetr do obvodu paralelně, ale vždy v zapojení do série!

Při měření postupujte takto:

- Vypněte zařízení, u kterého budete měřit proud, **vybijete všechny vysokonapět'ové kondenzátory**,
- připojte červenou sondu do zdířky **mA** nebo **20 A** nebo **10 A** multimetru a černou do zdířky COM. Při měření proudu do 200 mA, použijte zdířku **mA**, zatímco při proudech větších než 200 mA, použijte zdířku **20 A** nebo **10 A**,
- nastavte otočný přepínač do polohy **AC A**,
- přerušte v místě měření zapojení obvodu a připojte multimetr do série tak, že červenou sondu připojíte do místa s vyšším potenciálem a černou do místa s nižším potenciálem,
- zapněte zařízení, u kterého měříte proud,
- naměřená hodnota je zobrazena na displeji,
- po ukončení měření odpojte měřicí sondy od měřeného zařízení.

Poznámka:

V případě, že neznáte hodnotu měřeného proudu, nastavte rozsah proudu na nejvyšší (20 A) a pouze pokud je naměřená hodnota menší než další nižší rozsah proudu na multimetru, můžete pro zjištění přesnější hodnoty nastavit menší rozsah na multimetru.

Po ukončení měření odpojte měřicí sondy od měřeného zařízení.

9.5 Měření elektrického odporu

Varování

Abyste se vyhnuli poškození přístroje nebo měřených zařízení, odpojte před měřením napájení obvodu a vybijte všechny vysokonapěťové kondenzátory.

Pro měření elektrického odporu postupujeme takto:

- Připojte červenou měřicí sondu do zdířky multimetru a černou sondu do zdířky COM,
- nastavte otočný přepínač do polohy Ω ,
- připojte měřicí sondy k měřenému zařízení,
- naměřené hodnota je zobrazena na displeji,
- po ukončení měření odpojte měřicí sondy od měřeného zařízení.

Poznámka

- Vliv přívodů a měřicí hroty mohou znamenat odchylku výsledku o $0,1 \Omega - 0,3 \Omega$,
- při měření malého odporu v rozsahu ($0 - 200$) Ω , zkratujte červenou a černou testovací sondu před samotným měřením a zaznamenejte si hodnotu, která se objeví na displeji (tuto hodnotu nazvěme X),
- poté proveďte samotné měření odporu a výslednou hodnotu odporu vypočtete pomocí rovnice $(Y) - (X) =$ přesně naměřená hodnota odporu,
- při měření velkého odporu ($>1 \text{ M}\Omega$) je normální, že se měřená hodnota rezistoru ustálí až po několika vteřinách.

9.6 Měření kapacity

Při měření kapacity postupujte následovně:

- Připojte měřený kondenzátor do zdířky pro měření kapacity,
- nastavte otočný přepínač měřiče na **rozsah C**,
- naměřená hodnota je zobrazena na displeji.

Poznámka

- Měření kapacity na DMM je spíše orientační a je vhodné pro vyšší hodnoty kondenzátorů,
- při měření polarizovaných kondenzátorů, připojte červenou sondu na anodu kondenzátoru a černou sondu na katodu kondenzátoru,
- v případě, že měřený kondenzátor je ve zkratu, nebo je jeho hodnota větší než zvolený rozsah na multimetru, se objeví na displeji nápis „1“,
- pro minimalizaci vlivu měřicích přívodů používejte co nejkratší přívody.

9.7 Měření diod

Varování

Abyste se vyhnuli poškození přístroje nebo měřených zařízení, odpojte před měřením diod a zkratu napájení obvodu a vybijte všechny vysokonapěťové kondenzátory.

9.7.1 Testování diod

Režim testování diod lze použít pro kontrolu diod, tranzistorů a dalších polovodičových součástek. V režimu testování diod je přístroj zdrojem proudu pro polovodičový přechod, na kterém je současně měřeno napětí. Napětí na křemíkovém přechodu by mělo být v normálním stavu (0,5 a 0,8) V.

Pro testování diody, která není zapojena v obvodu, postupujte takto:

- Otočným přepínačem nastavte měřič na **rozsah pro diody**,
- připojte červenou měřicí sondu do vývodu a černou do vývodu COM,
- pro měření napětí na polovodičovém přechodu v propustném směru připojte červenou svorku na anodu součástky a černou svorku na katodu,
- na displeji se zobrazí napětí na diodě v propustném směru.

Poznámka

- Pokud měříte diodu zapojenou v obvodu, na dobré součástce by mělo být napětí mezi 0,5 V a 0,8 V. Napětí v závěrném směru se ovšem může lišit v závislosti na elektrickém odporu dalších cest mezi měřicími hroty,
- připojte správně svorky (jak je uvedeno výše), abyste se vyhnuli při měření chybám. Při špatném propojení se na displeji zobrazí „1“, což indikuje rozpojený obvod. Jednotkou při měření v režimu testování diod jsou volty,
- po ukončení měření diod odpojte měřenou součástku nebo obvod od měřicích přívodů a měřicí přívody odpojte od přístroje.

9.7.2 Testování kontinuity (zkratu)

Při testování kontinuity (zkratu) postupujte takto:

- Otočným přepínačem nastavte měřič na rozsah pro testování kontinuity (zkratu),
- připojte červenou měřicí sondu do vývodu a černou do vývodu COM,
- připojte měřicí svorky na měřený objekt,
- pokud je měřený odpor menší než cca 70 Ω , ozve se souvislý tón a na displeji se objeví hodnota naměřeného odporu.

Poznámka

Při špatném propojení se na displeji zobrazí „1“, což indikuje rozpojený obvod.

Po ukončení měření kontinuity odpojte měřenou součástku nebo obvod od měřicích přívodů a měřicí přívody odpojte od přístroje.

9.8 Měření tranzistorů

Pro měření tranzistorů postupujte takto:

- Nastavte otočný přepínač do polohy **hFE**,
- vložte testovaný NPN či PNP tranzistor do patice pro měření tranzistorů,
- na displeji se objeví nejbližší možná naměřená hodnota tranzistoru.

Poznámka

Po ukončení měření tranzistorů vyjměte měřenou součástku z patice pro měření tranzistorů.

10 Záznamy o měření

Obvyklé je orientační měření bez zvláštních požadavků na uvádění výsledků.

11 Záznam o měření

Pokud je potřeba stanovit konkrétní záznamy o měření, využijí se postupy obvyklé v metrologii. Úroveň záznamu je dána důležitostí měřicí operace a jeho rozsah stanoví uživatel.

Tyto záznamy mohou obsahovat například:

- identifikace pracoviště provádějícího měření,
- pořadové číslo záznamu, očíslování jednotlivých stran, celkový počet stran,
- informace o měřidle,
- veličiny ovlivňující měření v okamžiku měření a způsob jejich kompenzace,
- název výrobní operace,
- datum měření, (případně i čas),
- označení použité metodiky měření (v našem případě např. MPM 4.1.3/04/19)
- měřidla použitá při měření,
- obecné vyjádření o návaznosti výsledků měření,
- výsledky měření a s nimi spjatou rozšířenou nejistotu měření a/nebo prohlášení o shodě s danou technologickou tolerancí,
- jméno pracovníka, provádějícího měření, jméno a podpis odpovědného (vedoucího) pracovníka, razítko pracoviště.

12 Péče o metodický postup

Originál metodického postupu je uložen u jeho uživatele DMM, obvykle u návodu a specifikace měřidla.

13 Rozdělovník, úprava a schválení, revize

Uvedený příklad je pouze orientační a platí pro organizace a majitel měřidla si může tuto dokumentaci upravit podle interních předpisů o řízení dokumentů.

13.1 Rozdělovník

Metodický postup		Převzal		
Výtisk číslo	Obdrží útvar	Jméno	Podpis	Datum

13.2 Úprava a schválení

Metodický postup	Jméno	Podpis	Datum
Upravil			
Úpravu schválil			

13.3 Revize

Strana	Popis změny	Zpracoval	Schválil	Datum

Upozornění

Tento metodický postup je třeba považovat za vzorový. Doporučuje se, aby jej majitel přizpůsobil svým požadavkům s ohledem na konkrétní typ DMM a konkrétní podmínky měření a užití.

Shrnutí bezpečnostních upozornění pro práci a při kalibraci

- Buďte velmi opatrní při měření DC napětí nad 30 V, AC napětí nad 25 V, proudů nad 10 mA. Při měření indukčních zátěží napájených síťovým napětím s velkou fluktuací napětí. Ve všech výše uvedených případech může dojít k elektrickému šoku.
- Vzhledem k typu měření se vždy přesvědčte, že přístroj je přepnut do správného měřicího rozsahu. Vždy se přesvědčte, že měřicí kabely jsou správně připojeny k přístroji a také měřenému obvodu. V opačném případě může dojít k elektrickému šoku.
- Přístroj by měl být používán pouze se schválenými měřicími kabely. Pouze s těmito kabely může vyhovovat požadavkům bezpečnostní normy. Pokud je vodič měřicího kabelu poškozen, je nutné jej ihned vyměnit za stejný typ nebo typ odpovídající elektrické specifikaci.
- Nepoužívejte jiné než schválené a doporučené ochranné pojistky umístěné uvnitř přístroje. Na výměnu je možné použít pouze typy stejného modelu nebo specifikace. Před jakoukoliv výměnou vodičů nebo pojistek se vždy ujistěte, že jsou přívody odpojeny od měřicího bodu a na vstupních svorkách není žádný měřený signál.
- Pro výměnu baterie uvnitř přístroje nepoužívejte žádné neschválené nebo neodpovídající typy baterií. Baterii je možno vyměnit pouze za stejný model nebo stejné elektrické specifikace. Před výměnou vždy odpojte přívodní vodiče od měřících bodů a ujistěte se, že na vstupních svorkách není žádný signál.
- Při provádění elektrických měření se nikdy nedotýkejte obnažených zemních potenciálů nebo kovových vstupních svorek, výstupních portů, přichytek apod. Pro izolaci vlastního těla proti zemnímu potenciálu je vhodné nosit suché oblečení, boty s gumovou podrážkou, gumové podložky a ostatní izolační materiály.
- Nepoužívejte ani neskladujte přístroj v prostředí s vysokou teplotou nebo vysokou vlhkostí. Stejně tak nepoužívejte přístroj v prostředí s hořlavými materiály nebo silným magnetickým polem. Nedovolte, aby se do přístroje dostala jakákoliv tekutina, byl zbytečně vystaven mechanickým šokům, povětrnostním vlivům, přímému slunečnímu světlu, zdrojům tepla, vlhku, korozivním látkám a dalším faktorům, které by jej mohly poškodit.
- Pokud jsou překračovány doporučené limity měřených napětí, může to vést k poškození přístroje nebo zranění obsluhy provádějící měření. Doporučené hodnoty limitů měřených napětí jsou vyznačeny na panelech přístroje. Nikdy nepřekračujte tuto doporučenou vyznačenou hodnotu. Měření vyšších hodnot může vést k poškození přístroje a také je ohrožena bezpečnost obsluhy provádějící měření.

- Po připojení měřicího kabelu do svorky pro měření proudu nikdy nemějte tímto kabelem napětí, protože by mohlo dojít k poškození přístroje a ohrožení bezpečnosti obsluhy provádějící měření.
- Neprovádějte opětovnou kalibraci ani opravy přístroje. Toto může v případě nutnosti provádět jen kvalifikovaný technik, který je k těmto úkonům speciálně vyškolen a má příslušná oprávnění.
- Během měření by zvolený rozsah měl odpovídat požadavkům měřené hodnoty a funkce na LCD displeji. Před přepnutím voliče na jiný rozsah nebo měřicí funkci vždy odpojte přívodní testovací kabely od měřeného obvodu.
- Pokud se na displeji LCD zobrazí symbol baterie, ihned baterie vyměňte, aby byla zajištěna přesnost měření podle specifikace.
- Nikdy nepřivádějte měřené napětí do svorek, které jsou určeny pro měření proudu!
- Nikdy nemanipulujte a nemějte zapojení vnitřních obvodů, protože by mohlo dojít k poškození přístroje ohrožení obsluhy provádějící měření.
- Pokud jsou přístroj nebo testovací vodiče jakkoliv poškozené, nepoužívejte přístroj a kontaktujte prodejce. Ujistěte se, že jsou testovací vodiče a sondy v dobrém stavu a nemají poškozenou izolaci.
- Před měřením odporu nebo testem diod se ujistěte, že je testovaný obvod vybitý.
- Pokud neznáte alespoň přibližně velikost napětí, nemějte jej se sondou v kontaktu s měřeným objektem.
- Prsty udržujte během měření za zábranami na sondách. Nehrozí tak kontakt s elektrickým proudem.
- Zajistěte, aby si s přístrojem nehrály děti. Je riziko úrazu.
- Výrobek nerozebírejte, je pak nebezpečí úrazu elektrickým proudem. Nemodifikujte přístroj. Změna v konstrukci může vést k nebezpečí, poškození a zranění.
- Nepoužívejte přístroj, pokud byl jakkoliv poškozen. Kontaktujte prodejce.
- Nepoužívejte přístroj, pokud je vlhký, ať již kvůli počasí nebo po čištění krytu.
- Nepoužívejte přístroj, pokud byl dlouhou dobu uskladněn za nepříznivých podmínek.
- Zabraňte použití přístroje poblíž silných magnetických polí (magnety, reproduktory, transformátory, motory, cívky, elektromagnety, atd.). Přístroj může poté ukazovat chybné údaje.
- Zabraňte použití poblíž silných elektrostatických polí (dráty vysokého napětí, televize, počítačové monitory, atd.). Přístroj může poté ukazovat chybné údaje.
- Zabraňte použití poblíž silných RF polí (rádiové a televizní vysílače, vysílačky, mobilní telefony). Přístroj může poté ukazovat chybné údaje.
- Pokud nebudete přístroj používat déle než 3 měsíce, vyjměte z něj baterii. Únik elektrolytu může přístroj poškodit.
- Baterie nevyhazujte do běžného odpadu, odevzdejte je na příslušném sběrném místě. Baterie nezkratujte, nerozebírejte, nezahřívejte, nevhazujte do ohně nebo vody, nepolykejte, nedávejte ke kovovým předmětům, nevystavujte mechanickým šokům. Pokud se nejedná o dobíjecí baterie, nedobíjejte je. Při delším nepoužívání přístroje baterie vyjměte. Zapojte je ve správné polaritě. Nekombinujte baterie nové a staré nebo různých typů. Udržujte je z dosahu dětí.
- Nepoužívejte přístroj, pokud není zavřený kryt baterií.
- Zabraňte co nejvíc kontaktu s "živými" obvody.
- Když provádíte měření, ujistěte se, že obvod není "živý", než jej otevřete, abyste připojili testovací vodiče.
- Nepoužívejte přístroj v kondenzující atmosféře.
- Nepoužívejte přístroj v podmínkách s okolní teplotou a vlhkostí, která může způsobit

kondenzaci vody uvnitř přístroje.

- Nepokoušejte se přístroj používat ihned poté, co jste ho přinesli z chladného prostředí do teplého prostředí. Kondenzace vody uvnitř i vně přístroje může způsobit nebezpečí. Nechte přístroj nejprve dosáhnout pokojové teploty.
- Nepoužívejte přístroj k účelům neuvedeným v návodu.

Závada baterie a nápravné opatření

Závada:	Řešení:
Nic není zobrazeno	Zapněte napájení Vyměňte baterie
Na displeji bliká symbol baterie	Vyměňte baterie
Velký rozdíl naměřené hodnoty od skutečnosti	Vyměňte baterie

14 Informativní příloha

Kalibrace DMM

Nový, koupený DMM má být podle zákona kalibrován před prodejem (u výrobce).

Protože specifikace je časově omezená, u elektronických zařízení obvykle 1 rok, měl by být po uplynutí obvyklé rekalibrační doby 1 rok DMM znovu kalibrován.

Zásadní je dokument pro kalibraci DMM je:

Calibration Guide EURAMET cg-15 Version 3.0 (02/2015) Guidelines on the Calibration of Digital Multimeters

Cílem tohoto dokumentu je poskytnout pokyny pro kalibraci digitálních multimetrů (DMM) pro kalibrační laboratoře akreditované i neakreditované. Netvrdí se, že je to úplné vyčerpání všech metrologických detailů DMM, a to ani těch, které jsou relevantní pro jejich kalibraci.

Uvažuje se kalibrace u multifunkčních měřicích přístrojů s digitálním odečtem pro měření veličin: stejnosměrné napětí, střídavé napětí (nízké kmitočty), stejnosměrný proud, střídavý proud (nízká frekvence), odpor.

Rozlišení; pokud se toto číslo liší od jedné funkce DMM k druhé, je odkaz maximální počet digitů.

Do první kategorie patří DMM s nízkou přesností, s rozlišením ne více než $4\frac{3}{4}$ číslic (počet rozlišení $\leq 39\,999$). **Toho se týká tento MPM.**

Druhá kategorie obsahuje přístroje s rozlišením od více než $4\frac{3}{4}$ až $8\frac{1}{2}$ číslic ($39\,999 < \text{počet snímků} \leq 19\,999\,999$). To jsou přístroje pro metrologické užití a jsou mimo rozsah tohoto MPM.

Pokud přístroj nemá nastavovací funkci, nebo se ukáže, že je udržována přesnost velmi uspokojivým způsobem, není možné provádět úpravy a následujte sledování driftu.

Limity, které nesmí překročit výsledky kalibrace, musí být vybrány tak, aby nástroj zůstal v rámci specifikace během následujícího období používání. Například u přístrojů s vysokou přesností s manuálním nastavením typu, které obvykle mají nízký drift s ohledem na specifikaci, limit odchylky může být nastaven na 70 % deklarované roční specifikace výrobcem, ve všech bodech měření a 50 %, pokud bod odpovídá hodnotu, pro kterou byl přístroj upraven.

Nastavení musí být provedeno podle metody předepsané výrobcem. Musí být provedeny všechny operace uvedené v návodu k použití přístroje, s výjimkou opatření výjimečné povahy.

Chyba nuly a korekce

Existují dva druhy korekčních operací týkajících kompenzace:

- **Přístrojová korekce nuly:** pro měření stejnosměrného napětí na napětí, proudu a

odporu. Předpokládá se, že předběžná nulová operace bude prováděna na každém rozsahu, když to bude použitá funkce. Pro stejnosměrné napětí bude použit nulový zkrat s nízkým teplotním emf na vstupu. Pro stejnosměrný proud zůstane vstupní obvod otevřený. Pro 2vodičové i 4vodičové DC budou odporové svorky zkratovány.

- **Obvodová korekce nuly:** pro kalibraci stejnosměrného odporu pomocí standardních odporových etalonů v případě 2vodičového měření bude dosaženo kompenzace odporu vedení vodiče na straně měřeného odporu. V případě 4vodičového měření, kompenzace driftu se obvykle dosahuje zkratem proudových svorek a měřením napětí. Zvláštní nulovací postupy uvedené v návodu k použití přístroje by měly následovat. V případě, že přístroj nemůže kompenzovat drift, provede se měření nuly a měření budou zahrnuty do seznamu měřicích bodů.

Chyba měření - Pro každý měřicí rozsah musí být nejméně jedna hodnota měřené veličiny kalibrována, pokud je to nutné, použitím reverze polarity; tato měřená hodnota by měla být přednostně na celé stupnici nebo 90 % celé stupnice. U měření AC se měří chyba a měření musí být stanoveny při různých frekvencích.

Linearita indikace - Stanoví se alespoň v jednom měřicím rozsahu pro jednu měřenou hodnotu stejnosměrného a jednoho střídavého proudu s použitím vhodného počtu kalibrací (ne méně než 5) při pevné frekvenci (obvykle 1 kHz). 10 % označuje začátek hodnoty stupnice; naměřené hodnoty mezi nulou a 10 % plného rozsahu není doporučeno hodnotit, protože jsou měřeny s větší přesností v dalším dolním rozsahu, ale pokud jsou požadovány, pak musí být spojeny s přiměřenou nejistotou. 90 % označuje plnou hodnotu; skutečná hodnota se může lišit od 50 % až 99 % plné stupnice pro všechny funkce kromě odporu, kde se může lišit 30 % až 99 %.

Hodnota 50 Hz označuje měřicí bod, který má kalibrovat přístroj při frekvenci napájení; skutečná hodnota se může lišit od 40 Hz do 60 Hz nebo nejvýše do 100 Hz. Je třeba poznamenat, že u vysoce přesných přístrojů je lepší se vyhnout měření na síťové frekvenci (50 nebo 60) Hz z důvodu možného rušení mezi kmitočtem použitého signálu a kmitočtem signálu sítě.

Frekvence 1 kHz označuje centrální hodnotu frekvence uvedenou ve specifikacích, na které je obvykle upraven; skutečná hodnota se může lišit od 200 Hz do 1 kHz v závislosti na modelu přístroje. Hodnoty frekvence vyšší než 1 kHz jsou orientační, ale jejich počet je závazný. Skutečné hodnoty by měly být určeny tak, aby ověření různých frekvenčních pásem definovaných ve specifikacích přístroje.

Table 2. Function: AC voltage

Applied Voltage		Instrument		Measurement Result	
Value	Frequency	Range	Reading	Error	Uncertainty
100.00 mV	50 Hz	100 mV	99.9 mV	-0.10 mV	0.10 mV
100.00 mV	1 kHz		99.7 mV	-0.30 mV	0.10 mV
1.000 0 V	50 Hz	1 V	0.998 V	-2.0 mV	1.0 mV

Obr. č. 10: Ukázka kalibračního listu podle dokumentu Euramet cg-15, hodnota etalonu je uvedena na více míst než je čtení pro kalibrovaný přístroj

Přehled zdrojů nejistot u kalibrací DMM

Importovaná nejistota

Nejistota přiřazená hodnotě v kalibračním listu přístroje, která dále přispívá ke složkám vyhodnocení následné nejistoty, ať se jedná o zařízení nebo o referenční etalon.

Dlouhodobá stabilita

U činnosti všech přístrojů a u hodnot referenčních etalonů je nutno očekávat, že mění svoje výstupní hodnoty v průběhu času.

U **pasivních zařízení**, jako etalonových rezistorů, lze očekávat pomalý drift v průběhu času. Vyhodnocení takových driftů musí být zkoumáno na základě hodnot obdržených z předchozích kalibrací. Nelze předpokládat, že drift bude lineární. Data je nutno po odečtení vyhodnotit v grafické formě. Křivka procesu stárnutí má významnou váhu pro každou kalibraci, nebo pro kalibrace předcházející, a může přiřadit nejpravděpodobnější prověřenou hodnotu v čase použití. Stupeň komplexnosti zpracování dané křivky je záležitostí jejího vyhodnocení; v některých případech uspokojivě postačí ručně znázornit hladkou křivku propojením zvolených bodů. Jakmile je provedena nová kalibrace, je nutno charakteristiku driftu opět přezkoumat. Korekce, která se aplikuje pro drift, je složkou nejistoty založené na rozptylu datových bodů, které drift charakterizují. Velikost driftu a náhodná nestabilita přístroje, resp. požadovaná přesnost určují potom rekalibrační interval.

U **elektronických zařízení, jako je DMM**, není vždy možné následovat tento postup, neboť změny stavu mohou být více náhodného charakteru v relativně dlouhé časové periodě. Je možno provést kontrolu prostřednictvím pasivních etalonů, pokud se vyhoví specifikaci, nebo pokud je nutná kalibrace s následnou justáží (dostavením). Dobrým startovním bodem pro přiřazení nejistoty na základě driftu přístroje může být specifikace výrobce, ale toto by mělo být potvrzeno analýzou systému kvality a kalibračních dat.

Okolní podmínky

Prostředí laboratoře je jednou z nejdůležitějších aspektů při provádění elektrických kalibrací. Okolní **teplota** je často nejdůležitějším vlivem a informace o **teplotním koeficientu**, např. etalonového odporu, musí být známa, nebo určena. Variace okolní **vlhkosti** může mít efekt na nehermetizované prvky. Na některé elektrické etalony může mít rovněž velký vliv barometrický tlak. Je rovněž nutno brát na vědomí možné efekty pracovních podmínek elektrických měření, jako vliv výkonu, harmonického zkreslení, úrovně napájecího napětí, které mohou být rozdílné při použití přístroje, resp. při jeho kalibraci. Odporové etalony, odporové napěťové děliče v DMM jsou příkladem zařízení ovlivněného samozahříváním a/nebo napájecím napětím. Mělo by být zajištěno, že všechna zařízení pracují v rozsahu napájecího napětí stanoveného výrobcem.

Harmonické a šumové efekty u střídavých kalibračních signálů mohou ovlivňovat vlastní hodnotu těchto signálů. Podobně by se měly brát do úvahy efekty jakýchkoli signálů obecných módů, které vznikají v měřicím systému.

Podmínky měření

Značně podceňovanou oblastí je nastavení podmínek měření. Týká se nejen prostředí, a propojení, ale i správného nastavení před měřením. Nejtypičtějším příkladem je nastavení nuly, které provází měření elektrických veličin od nastavení nuly u analogových přístrojů přes

nastavení nuly u číslicových voltmetrů až po nastavení zkratu (short) při měření prvků. Je třeba si uvědomit, že není zkrat jako zkrat a celé měření menších hodnot impedance prvků je vztaženo k tomu, jak byl definován a nastaven zkrat.

Interpolace kalibračních dat

Pokud je kalibrován přístroj s širokým rozsahem schopnosti měření, (multifunkční a multirozsahové) potom vznikají praktické a ekonomické vlivy k omezení počtu kalibračních bodů. Následně, hodnota veličiny, kterou je nutno změřit a/nebo její frekvence, může být rozdílná od hodnot kalibrovaných bodů. Pokud hodnota veličiny leží mezi dvěma kalibrovanými body, je potřebná úvaha ke zjištění systematické chyby, která vznikne např. z nelinearity stupnice.

Pokud měřená frekvence leží mezi dvěma kalibračními frekvencemi, bude rovněž nutné vyšetřit dodatečnou nejistotu, která zde může vzniknout ve vztahu k interpolaci. Toto je možné vykonat s dostatečnou věrohodností, pokud:

- je známa teorie činnosti přístroje, ze které je možno předvídat frekvenční charakteristiku, a/nebo jsou k dispozici další kalibrační data jiných vzorků stejného přístroje,

Nebo pokud je to smysluplné,

- činnost aktuálně použitého přístroje je přezkoumána frekvenčním měřicím systémem, pro ověření absence rezonančních efektů nebo odchylek ve vztahu k provozním, nebo konstrukčním limitům přístroje.

Rozlišení

Limit schopnosti přístroje indikovat malé změny měřené veličiny, označené jako rozlišení, nebo „digitální chyba zaokrouhlení“, se vztahuje k systematické komponentě nejistoty.

Mnoho přístrojů s digitálním displejem používá analogově-digitální převodník (ADC) pro konvertování vyšetřovaného analogového signálu do formy, která může být znázorněna numerickými znaky. Poslední zobrazený digit (dílek) je zaokrouhlená reprezentace dále již potlačeného analogového signálu. Vznikající chyba tímto postupem je v rozsahu od $-0,5$ digitu (jinak by byl poslední digit o jeden menší) do $+0,5$ digitu (jinak by byl poslední digit o jeden větší). Je proto uvedena kvantifikace této chyby jako $\pm 0,5$ digitu. Protože zde není možnost zjištění, kde v tomto rozmezí skutečná potlačená hodnota leží, výsledná chyba se předpokládá nulová s mezemi $\pm 0,5$ digitu.

„Digitální chybu zaokrouhlení“ $\pm 0,5$ digitu není možno aplikovat ve všech případech a je potřeba porozumět činnosti přístroje, aby byla přiřazena nejistota realistická. Např. frekvenční čítač s přímým vstupem má digitální chybu zaokrouhlení ± 1 digit, na základě náhodného vztahu mezi měřeným signálem a interními hodinami. Některé přístroje mohou rovněž zobrazovat hysterezi, která sama o sobě nemusí být vlastností zobrazení, může však vést k dalším nejistotám v řádu několika digitů.

U analogových přístrojů je efekt rozlišení určen praktickou schopností odečtení pozice ukazatele na stupnici. V takovém případě je aktuálně odečtený poslední dílek zdrojem nejistoty nejméně ± 5 dílku. Existence elektrického šumu, který způsobuje fluktuace u odečtu, obvykle určuje použitelné rozlišení, přesto je možno učinit uspokojivý odhad střední pozice pohybujícího se ukazatele okem.

Připojení přístroje

Fyzické nastavení jedné položky zařízení ve vztahu k jiné a jejich propojení vůči zemi může být důležité u některých měření. Odlišné nastavení v průběhu kalibrace a při následném používání přístroje může být zdrojem systematických chyb. Hlavními efekty jsou: únikové zemnicí proudy, interferenční proudové smyčky a zbytková elektromagnetická pole. Při měření induktancí je nutno definovat konfiguraci spojovacích vedení a je nutno mít na vědomí efekty uzemnění, resp. souvisejících feromagnetických materiálů. Efekt vzájemného ohřevu mezi přístroji může být také zdrojem problémů.

Termoelektrické napětí

Pokud prochází elektrický vodič teplotním gradientem, je v tomto gradientu generován potenciální rozdíl. Toto je známo jako *Seebeckův efekt* a toto nechtěné parazitní napětí může v některých systémech měření způsobit chyby – speciálně tam, kde jsou měřeny malé hodnoty stejnosměrného napětí.

Tyto chyby mohou být minimalizovány způsobem zapojení, které je teplotně symetrické. To znamená, že Seebeckovo napětí v jednom vodiči je eliminováno opačným identickým napětím ve vodiči jiném. V některých situacích, např. při ac/dc (střídavých/stejnosměrných) přechodových měřeních, je polarita stejnosměrného napájecího napětí změněna a za výsledek se vezme aritmetický průměr dvou sad stejnosměrného měření.

Obecně se předpokládá u existence teplotní elektromotorické síly vyhodnocení komponenty nejistoty jako Typu B.

Pozor. Většina DMM umí vynulovat termonapětí vzniklé uvnitř přístroje. U DMM napájených ze sítě mohou být vstupní svorky až o 10 °C teplejší než okolí.

Zatížení a impedance kabelů

Vstupní impedance voltmetrů, osciloskopů a jiných napětově citlivých přístrojů mohou tak zatížit proudový okruh, do kterého jsou zapojeny, že to může být zdrojem významné systematické chyby. Pokud jsou impedance známy je možno použít korekci. Je třeba uvažovat, že některé multifunkční kalibrátory mají, induktivní výstupní impedanci. To znamená, že při kapacitní zátěži může výsledná rezonance způsobit zvýšení výstupního napětí, v závislosti na hodnotě Q proudového okruhu. Impedance a konečná délka propojovacích vodičů nebo kabelů mohou rovněž ovlivnit do systematické chyby při měření napětí při jakékoli frekvenci. Použití čtyřvodičového zapojení minimalizuje takové chyby při některých měřeních.

Příklady výpočtu nejistoty kalibrace

DMM je velmi často uváděn ve všech dokumentech pro výpočet nejistoty, například v :

EA – 4/02 M:2013 Vyjádření nejistoty měření při kalibraci

Typický a závazný příklad pro 3,5 dig DMM je:

S9 KALIBRACE RUČNÍHO DIGITÁLNÍHO MULTIMETRU PŘI STEJNOSMĚRNÉM NAPĚTÍ 100 V (týká se hlavně DMM s „krátkou“ stupnicí do 2000)

Zde je podstatné, jak se udává rozšířená nejistota.

Standardní nejistotě měření vztažené k výsledku zřetelně vévodí vliv konečné rozlišitelnosti DMM. Výsledné rozdělení není normální, ale v podstatě rovnoměrné.

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

Změřená chyba údaje malého digitálního voltmetru se při 100 V rovná $(0,10 \pm 0,05)$ 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 %.

M3003 EDITION 3 | NOVEMBER 2012

The Expression of Uncertainty and Confidence in Measurement JH 2012

DMM se týká:

APPENDIX L EXPRESSION OF UNCERTAINTY FOR A RANGE OF VALUES

Technical Guide 1 Guidelines on the Evaluation and Expression of Measurement Uncertainty The SAC Accreditation Programme is managed by SPRING Singapore

DMM se týká:

EXAMPLE 5: CALIBRATION OF DC 20 V RANGE OF A MULTIMETER

NABL 141 GUIDELINES FOR ESTIMATION *and* EXPRESSION OF UNCERTAINTY IN MEASUREMENT NATIONAL ACCREDITATION BOARD FOR TESTING AND CALIBRATION LABORATORIES

DMM se týká:

C.6 Calibration of a 6 ½ digit DMM on its 1 Volt AC range

Nejpodrobněji je výpočet nejistot uveden ve vzorovém postupu:

M 08 PROCEDIMIENTO EL- 001 PARA LA CALIBRACIÓN DE MULTÍMETROS DIGITALES Centro Español de Metrología Tres Cantos, Madrid.