



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

Kalibrační postup

KP 4.1.3/02/16

MĚŘIDLA PRO REVIZNÍ TECHNIKY

Praha
Říjen 2016

Vzorový kalibrační postup byl zpracován a financován ÚNMZ v rámci Plánu standardizace – Program rozvoje metrologie 2016.

Číslo úkolu: VII/2/16.

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

Řešitel: Česká metrologická společnost.

Revidoval: 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

Termínem revizní přístroje jsou označovány přístroje určené ke kontrole plnění bezpečnostních požadavků platných norem v oblasti elektrorozvodů a elektrických zařízení. Smyslem jejich používání je kvantitativní stanovení parametrů elektrických rozvodů NN a parametrů elektrických strojů a přístrojů, které vyžadují používané technické normy pro jejich bezpečné používání. Z hlediska normativního jsou revize elektrických zařízení prováděny zpravidla (a nejen) podle harmonizovaných evropských norem EN 61557, EN 331600 a EN 331610.

Tento kalibrační postup je určen pro kalibraci měřidel pro revizní techniky. V tomto případě pod pojem „měřidla pro revizní techniky“ zahrnujeme měřicí přístroje, které jsou určeny pro revize elektrických sítí (např. měřidla zemního odporu) a elektrických zařízení (dále jen revizní přístroje). Přístroje pro revize a kontrolu elektrických spotřebičů se obvykle nazývají - PAT - Portable Appliance Testers.

Revizní přístroje mohou být analogové nebo digitální a jsou určeny pro měření jednoho nebo několika veličin (parametrů) měřených při revizích. Jedná se o tyto veličiny:

Hlavní měřené veličiny pro revizní přístroje pro kontrolu elektrických přístrojů (PAT Portable appliance tester):

- izolační odpor,
- odpor ochranného propojení (uzemnění),
- unikající proudy,
- kontrola odporu a izolace napájecích vodičů,
- měření příkonu spotřebičů,
- AC napětí, odpor.

Přístroje pro revize elektrických rozvodů NN (Installation testers). Hlavní měřené veličiny:

- odpor ochranného pospojování,
- izolační odpor,
- impedance ochranné smyčky a impedance sítě,
- měření proudových chráničů (RCD)
- zemní odpor (rezistivita půdy).

Zkušební zdroje (HIPOT testers):

- zkoušky průrazu izolace napětím do 6kVDC a 5kVAC,
- izolační odpor,
- unikající proud,
- odpor ochranného propojení.

Jednoúčelové speciální přístroje:

- megaohmmetry,
- měřiče zemního odporu,
- testery proudových chráničů.

Oblast měřidel pro revizní techniky je široká a může obsahovat i další měřidla, v tomto postupu neuvedená. Je třeba rozsah a obsah kalibrace vytvořit s uvážením specifikace a doporučení výrobce (pokud existuje).

2 Související normy a metrologické předpisy

TNI 01 0115	Mezinárodní metrologický slovník - Základní a všeobecné pojmy a přidružené termíny (VIM)	[1]
ČSN IEC 60050-300	Mezinárodní elektrotechnický slovník - Elektrická a elektronická měření a měřicí přístroje - Část 311: Všeobecné termíny měření - Část 312: Všeobecné termíny elektrického měření - Část 313: Typy elektrických měřicích přístrojů - Část 314: Zvláštní termíny podle typu přístroje	[2]
ČSN EN ISO 10012	Systémy managementu měření - Požadavky na procesy měření a měřicí vybavení	[3]
ČSN EN ISO/IEC 17025	Posuzování shody - Všeobecné požadavky na způsobilost zkušebních a kalibračních laboratoří	[4]
ČSN EN 61010-1	Bezpečnostní požadavky na elektrická měřicí, řídicí a laboratorní zařízení - Část 1: Všeobecné požadavky	[5]
EA - 4/02	Vyjadřování nejistot měření při kalibracích	[6]
EURAMET cg-15 Version 3.0 (02/2015)	Guidelines on the calibration of digital multimeters	[7]
EA-04/07	Návaznost měřicího a zkušebního zařízení na státní etalony	[8]
ILAC - G24	Pokyny pro stanovení kalibračních intervalů měřicích přístrojů	[9]
ČSN EN 50110-1 ed. 2	Obsluha a práce na elektrických zařízeních (zrušena)	[10]
ČSN EN 50110-1 ed. 3	Obsluha a práce na elektrických zařízeních - Část 1: Obecné požadavky	[11]
ČSN EN 61010-1 ed. 2	Bezpečnostní požadavky na elektrická měřicí, řídicí a laboratorní zaříze-	[12]

ČSN EN 61010-2-033 opr. 1	ni. Část 1: Všeobecné požadavky Bezpečnostní požadavky na elektrická měřicí, řídicí a laboratorní zařízení - Část 2-033: Zvláštní požadavky na ruční multimetry a další měřidla pro domácí a profesionální použití, s možností měřit síťové napětí	[13]
Ing. Ivo Lipovský, ILLKO s.r.o., Blansko	Problematika měření v oblasti revize elektrických předmětů a sítí <i>ČKS seminář elektro 2014, časopis Metrologie 4/2016</i>	[14]
Ing. Leoš Koupý ILLKO s.r.o., Blansko	Měření při revizích elektrických instalací, proudové chrániče – RCD ČSN 33 2000-6 www.illko.cz/images/dokumenty/mereni_proudovych_chranicu.pdf	[15]
Ing. Leoš Koupý ILLKO s.r.o., Blansko	Měření při revizích elektrických instalací, Impedance poruchové smyčky, ČSN 33 2000-6, ČSN 33 2000-4-41 www.illko.cz/images/dokumenty/mereni_impedance_poruchove_smycky.pdf	[16]
Ing. Karel Volný, Meatest s r.o., Brno	Kalibrace revizních měřidel, <i>Kalibračné združenie SR, Piešťany 2010, Kalibrace měřidel el. veličin, frekvence a času, seminář ČKS 2012</i>	[17]
ČSN 33 1610	Revize a kontroly elektrických spotřebičů během jejich používání (zrušená)	[18]
ČSN 33 1600 ed.2	Revize a kontroly elektrických spotřebičů během používání	[19]
ČSN EN 61557	Elektrická bezpečnost v nízkonapětových rozvodných sítích ... (sada norem)	[20]
ČSN EN 60359	Elektrická a elektronická měřicí zařízení - Vyjadřování vlastností (IEC 60359:2001)	[21]

Kalibrační postupy ČMS, použitelné při kalibraci revizních přístrojů:

KP 4.1.2/11/13	Analogový střídavý wattmetr
KP 4.1.2/14/15	Analogový multimetr
KP 4.2.1/01/15	Analogová panelová měřidla
KP 4.1.2/01/07/N	Stejnoseměrný analogový voltmetr
KP 4.1.2/02/07/N	Stejnoseměrný analogový ampérmetr.
KP 4.1.2/03/07/N	Střídavý analogový voltmetr
KP 4.1.2/04/07/N	Střídavý analogový ampérmetr
KP 4.1.2/05/11/N	Stejnoseměrný číslicový voltmetr
KP 4.1.2/06/11/N	Číslicový multimetr
KP 4.1.2/10/12/N	Střídavý klešťový ampérmetr
KP 4.1.2/12/06/N	Číslicový wattmetr
KP 4.1.2/13/06/N	Univerzální číslicový měřicí přístroj U, I, R, C, f
KP 4.3.1/01/16	Analogové a číslicové osciloskopy
KP 6.1.3/01/15	Čítač
KP 4.1.2/07/03/N	Dekádový odpor

Revize jsou zpravidla prováděny podle těchto (ale i dalších) norem:

ČSN EN 61557	Elektrická bezpečnost v nízkonapětových rozvodných sítích.
ČSN 33 1610	Revize a kontroly elektrických spotřebičů během jejich používání.
ČSN 33 1600	Revize a kontroly elektrického ručního nářadí během jeho používání.
ČSN 33 2140	Elektrické instalace nízkého napětí – Část 7-710: Zařízení jednoúčelová a ve zvláštních objektech – Zdravotnické prostory.
ČSN EN 60601-1 ed. 2:2006 (36 4801)	Zdravotnické elektrické přístroje – Část 1: Všeobecné požadavky na základní bezpečnost a nezbytnou funkčnost.

3 Kvalifikace pracovníků provádějících kalibraci

Kvalifikace pracovníků provádějících kalibraci revizních měřidel je dána v příslušném předpisu organizace. Dále musí být příslušní pracovníci seznámeni s tímto kalibračním postupem a výše citovanými kalibračními postupy v rozsahu podle potřeby.

Proces udržování a rozvoje kvalifikace má být soustavný a dokumentovaný, jak to předepisuje ČSN EN ISO/IEC 17025:2005 bod 5.2.2 i revize CD2 ISO/IEC 17025.

Doporučuje se proškolení ze základů revize a certifikace odborné způsobilosti těchto pracovníků. Pracovníci provádějící kalibraci elektrických měřidel musí být osobami znalými s vyšší kvalifikací ve smyslu vyhlášky ČÚBP č. 50/78Sb, popřípadě předpisů, které ji nahradí.

Kalibrační technik, který pracuje pro revizního technika, musí být vyškolen a sledovat konkrétní stav a požadavky norem. Rozsah požadavků by se měl plánovitě podrobně probrat a aktualizovat vždy podle potřeby, například v rámci školení k vyhlášce 50. Doporučuje se, aby kalibrační technik se v rámci programu vzdělávání podrobněji seznámil zejména s celou literaturou [14] až [20] ze které čerpá částečně i tato metodika.

Tuto práci smí provádět pouze osoby s příslušnou kvalifikací. Doporučuje se, aby z bezpečnostních důvodů byli na pracovišti vždy dva pracovníci.

Při práci s přípravky, ale i při práci s kalibrátorem (Transmille 3200) může hrozit nebezpečí úrazu elektrickým proudem. Na výstupních konektorech mohou být nebezpečná napětí. Kalibrovaný přístroj je schopný generovat vysoké napětí. Kvalifikovaný personál musí zajistit, aby obsluha přístroje byla vhodně oddělena od spojových míst.

POZOR: DŮLEŽITÉ UPOZORNĚNÍ

NĚKTERÁ MĚŘENÍ SE PROVÁDÍ PŘÍMO NA SÍTOVÉM NAPĚTÍ, KTERÉ NENÍ CHRÁNĚNÉ PROUDOVÝM CHRÁNIČEM, A PROTO PŘI NEDODRŽENÍ VHODNÝCH BEZPEČNOSTNÍCH OPATŘENÍ HROZÍ EXTRÉMNÍ NEBEZPEČÍ ÚRAZU ELEKTRICKÝM PROUDEM.

4 Názvosloví, definice

Názvosloví, definice jsou uvedeny v technických normách a v Mezinárodním metrologickém slovníku TNI 01 0115. Často se setkáme s dokumentací v angličtině, proto uvádíme některé používané pojmy:

PAT - Portable Appliance Testers	přístroje pro revize a kontrolu elektrických spotřebičů,
Installation testers	Přístroje pro revize elektrických rozvodů NN,
HIPOT testers	zkušební zdroje,
RCD (<i>residual current device</i>)	diferenciální proudová ochrana,
Loop	smyčka,
Earth	zemní,
Continuity	vodivost,
Insulation	izolační,
Earth Bond Resistance	zemní odpor (odpor mezi zemničem a zemí),
Insulation Tester	měřič izolačních odporů,
Continuity Tester	přístroj pro měření přechodových odporů.

Poznámka: V oblasti revizních přístrojů se někdy zaměňují pojmy odpor R a impedance Z . Odpor R měříme při stejnosměrném proudu, impedanci Z při střídavém proudu, to je v oblasti revizních přístrojů při kmitočtu napájecí sítě, 50 Hz. V převážné většině případů je rozdíl mezi R a Z menší než nejistota měření.

4.1 Parametry a značení u elektrických sítí

$U_{L-N}, U_{L-PE}, U_{L-L}$	elektrické střídavé napětí mezi jednotlivými vodiči sítě, kde:
L	fázový vodič,
N	střední vodič,
PE	ochranný vodič,
Z_{loop}	impedance poruchové smyčky (měřeno mezi vodiči L a PE),
Z_{line}	impedance sítě (měřeno mezi vodiči L a N),
$R_{loopN-PE}$	odpor smyčky N-PE,
R_{earth}	zemní odpor,
f	frekvence.

4.2 Parametry a značení u elektrických zařízení (spotřebičů, el. strojů, ručního nářadí)

R_{CONT}	odpor ochranného vodiče (přechodový odpor),
R_{ISO}	izolační odpor,
I	proud spotřebiče,
I_{leak}	unikající proud,
U_d	dotykové napětí (mezi neživou částí a zemí).

4.3 Parametry a značení u proudových chráničů

$I_{\Delta N}$	vybavovací proud chrániče (reziduální proud),
U_B	dotykové napětí při vybavení chrániče (střídavé napětí),
t	vypínací čas.

5 Prostředky potřebné pro kalibraci

Poznámka: Všechna použitá měřidla a měřicí prostředky musí být navázány na vhodný etalon a mít platnou dobu kalibrace. (Obvyklá doba je 1 rok).

Specifikace použitých etalonů nemá způsobit složku nejistoty měření větší než je 1/4 dovolené hodnoty podle specifikace kalibrovaného přístroje.

Revizní přístroje jsou multifunkční, při kalibraci je třeba prověřit všechny jejich funkce. To lze zajistit jak diskretními metodami měření, tak i pomocí speciálních kalibrátorů, určených pro kalibraci revizních přístrojů. Tyto kalibrátory v současné době vyrábí dvě firmy, Meatest a Transmille.

Kalibrátor 5320 A Meatest umí provést kalibraci asi 95% všech typů revizních přístrojů.

Je třeba poznamenat, že při diskretních metodách je třeba zajistit i některé speciální přípravky, jak bude uvedeno dále.

5.1 Při kalibraci lze použít některý z následujících etalonů:

Kalibrátor 5320A Meatest nebo kalibrátor Transmille 3200A.

5.2 Pokud není k dispozici speciální kalibrátor lze použít pro některé kalibrace:

- **kalibrátor střídavého napětí** s napěťovým rozsahem (0 až 1000) V a dovolenou základní chybou $\pm(0,05$ až $0,5)$ %,
- **přesný číslicový multimetr** nejméně s těmito parametry:
 - stejnosměrné napětí rozsah (0 až 1000) V, základní chyba $\pm (0,01$ až $0,1)$ %,
 - střídavé napětí rozsah (0 až 1000) V, základní chyba $\pm (0,05$ až $0,2)$ %,
 - stejnosměrný proud rozsah (0 až 10) A, základní chyba $\pm (0,05$ až $0,2)$ %,

- střídavý proud rozsah (0 až 1) A, základní chyba $\pm (0,1 \text{ až } 0,5) \%$,
- **etalonové odpory** (kalibrované i při střídavém proudu 50 Hz) od $0,001 \Omega$ do $10 \text{ k}\Omega$,
- **etalonové odpory** stejnosměrné od $100 \text{ k}\Omega$ do $1 \text{ G}\Omega$, kalibrované pro 500V až 5 kV.

Největší dovolená základní chyba etalonových měřidel by měla být v každém zkoušeném bodě minimálně čtyřikrát menší, než je dovolená základní chyba kalibrovaného přístroje.

Chyba měření podmíněná charakteristikami napájecích zdrojů musí být menší než 0,1 dovolené chyby kalibrovaného přístroje.

Etalonové měřidlo musí mít takovou rozlišovací schopnost stupnice (nebo takový počet číslic digitálního zobrazení), aby umožňovalo provádět čtení údajů s rozlišitelností minimálně jedné pětiny třídy kalibrovaného přístroje.

5.3 Speciální prostředky, určené výlučně pro kalibraci revizních přístrojů

5.3.1 Kalibrátor:

- výstupní střídavé napětí: (15 až 230) V,
- max. zátěž: -1A/10 s,
- 5 A/2 s,
- 35 A/10 ms.

5.3.2 Tester času:

- vybavovací proud: 10 mA, 30 mA, 100 mA, 300 mA a 500 mA,
- vypínací čas 10 ms až 230 ms s krokem po 20 ms.

5.4 Ke kalibraci jsou dále potřebné následující pomůcky:

- sada chráničů 10 mA až 500 mA,
- osciloskop,
- lupa (zvětšení min. 3x),
- teploměr (rozlišení $0,1 \text{ } ^\circ\text{C}$ nebo $0,2 \text{ } ^\circ\text{C}$),
- vlhkoměr s měřicím rozsahem (30 až 90) % relativní vlhkosti,
- propojovací vodiče,
- čisticí prostředky,
- tento kalibrační postup,
- záznam o provedené kalibraci,
- návody k použití etalonových měřidel.

6 Obecné podmínky kalibrace

Kalibrace generátoru se provádí za následujících referenčních podmínek:

- teplota prostředí $23 \text{ } ^\circ\text{C} \pm 2 \text{ } ^\circ\text{C}$,
- relativní vlhkost vzduchu 30 % RH až 60 % RH,
- napájecí napětí kalibrovaného generátoru po dobu zkoušky má mít:
 - jmenovitou hodnotu $\pm 5 \%$,
 - sinusový průběh s činitelem harmonického zkreslení menším než 5 %.

Referenční podmínky je nutné před zahájením kalibrace, v jejím průběhu a po skončení kontrolovat.

Stav napájecí sítě se kontroluje v rámci systému laboratoře, cca jednou ročně.

Kontrola okolní teploty se provádí teploměry s rozlišením alespoň $0,1 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Pro kontrolu vlhkosti se použije vlhkoměr pro měření relativní vlhkosti s rozsahem až 100 % RH.

Následující kontroly se provádí v rámci interních prověrek, jednou za 1 až 3 roky.

Kontrola zvlnění zdrojů vyžaduje zjištění velikosti efektivní hodnoty střídavého napětí superponovaného na stejnosměrné napětí.

Pro kalibrace analogových přístrojů je třeba provést kontrolu vodorovné polohy pracovní desky, na které se budou přístroje kalibrovat.

Pro zabezpečení referenčních podmínek vnějšího magnetického a elektrického pole je třeba měřením zjistit jejich maximální hodnoty, které se na kalibračním pracovišti vyskytují. Není vhodné, aby v rovině oken laboratoře byly viditelné antény vř zařízení (např. mobilních operátorů).

7 Rozsah kalibrace

Rozsah kalibrace je nutné předem odsouhlasit se zákazníkem, viz norma ISO/IEC 17025: 2005 část 4.4 Přezkoumání poptávek, nabídek a smluv nebo revize ISO/IEC 17025: 2018 (část 7.1.1.).

Kalibrace je popsána v člancích 8 a 9 tohoto postupu.

8 Kontrola dodávky a příprava ke kalibraci

Zakázka na kalibraci se při přebírání přezkoumává podle ČSN EN ISO/IEC 17025, odst. 4.4.

Přezkoumání má potvrdit, že laboratoř má nezbytné fyzické, lidské a informační zdroje, a že pracovníci laboratoře mají dovednosti a odborné znalosti potřebné k provádění příslušných kalibrací. Laboratoř musí vytvořit a udržovat postupy pro přezkoumávání poptávek, nabídek a smluv. Jakékoli rozdíly mezi poptávkou nebo nabídkou a smlouvou musí být dořešeny před zahájením prací. Každá smlouva musí být přijatelná jak pro laboratoř, tak zákazníka.

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

Současně se provede jeho **předběžná kontrola**, spočívající ve vnější prohlídce a kontrole provozuschopnosti přístroje. Kontroluje se mechanická nepoškozenost připojovacích konektorů a jejich čistota (v případě potřeby se vyčistí). Velmi pečlivě se u revizních přístrojů kontrolují kabely a připojení.

8.1 Příprava měřidla

Tyto přístroje nevyžadují speciální přípravná opatření. Doporučuje se uskladnit přístroj v prostředí laboratoře nejméně 1 den před začátkem kalibrace.

9 Postup kalibrace

9.1 Příprava přístroje ke kalibraci.

Před započítím kalibrace se musí vykonat tyto úkony:

9.1.1 Kalibrovaný přístroj se umístí do prostředí s teplotou a vlhkostí vzduchu dle čl. 6 a ponechá se v něm po dobu nejméně 2 hodiny. Pak se přemístí na zkušební pracoviště.

9.1.2 Kalibrovaný přístroj se připraví na zkoušení v souladu s jeho technickou dokumentací.

9.1.3 U analogových přístrojů se před zahájením každé série čtení údajů zkontroluje nastavení nuly (případně provede dostavení), vše podle normy EN 60051-9.

9.1.4 Jsou-li výrobcem specifikovány zkušební vodiče, musejí být vodiče pro tyto zkoušky použity. Jinak musí být rozměry a umístění vodičů používaných pro zkoušení voleny tak, aby neovlivňovaly výsledky zkoušek.

9.2 Vnější prohlídka

Zjišťuje se, zda:

- kryt přístroje a kryt stupnice nejsou poškozeny,
- přístroj je vybaven všemi součástkami a příslušenstvím potřebným ke zkoušení,
- všechny technické údaje o přístroji uvedené na stupnici a jejím okolí jsou zřetelné a jsou v souladu s dokumentací.

9.3 Zkouška provozuschopnosti

Zjišťuje se zda:

- přípojovací svorky jsou spolehlivě upevněné,
- pohyb ukazovatele výchylky je plynulý při zvětšování a zmenšování měřené veličiny (u analogových přístrojů),
- na displeji jsou všechny číslice a znaky úplné a dobře čitelné (u digitálních přístrojů),
- přepínače měřících rozsahů a funkcí jsou funkční a mají správnou aretaci odpovídající zvolenému rozsahu nebo funkci,
- kabely a konektory pro připojení musí být neporušené a v dobrém technickém stavu

9.3.1 Funkční kontrola měřičů chráničů

Zejména u sdružených měřících přístrojů pro revize elektrických sítí musí docházet v průběhu měřícího cyklu k vybavení chrániče. Ke kontrole funkčnosti těchto měřidel je možné použít sadu chráničů o jmenovitém reziduálním proudu 10 mA až 500 mA.

9.4 Provedení kalibrace

9.4.1 R_{iso} Izolační odpor.

Izolační odpor se obvykle měří mezi vzájemně propojenými vodiči L a N kontrolovaného spotřebiče (živými částmi) proti neživým nebo přístupným částem.

Pro měření se používá stejnosměrné měřicí napětí, zdroj tohoto napětí musí být schopen poskytnout jmenovité napětí 500 V při proudu 1 mA.

Obvyklý rozsah měření je od 100 k Ω do 20 až 100 M Ω a proto pro kalibraci postačuje sada odporů, které svými hodnotami pokryjí požadovaný měřicí rozsah. Při výběru odporů je třeba brát v úvahu jejich povolené napěťové zatížení s dostatečnou rezervou, protože některé starší PAT generují napětí až 700 V. Hodnota odporu nesmí nezanedbatelně záviset na velikosti měřícího napětí. Proto se nehodí používat staré typy odporů s uhlíkovou vrstvou Tesla v pouzdře ve skleněné trubce, které tuto závislost mají velkou.

Zdroj měřícího napětí 500 V kalibrovaného měřícího přístroje (PAT) sice je galvanicky oddělený od napájecí sítě, ale vždy zde existuje určitá parazitní vazba. Pokud je pro kalibraci použit kalibrátor se síťovým napájením, i zde se může vyskytnout jistá vazba na síť, případně PE vodič. Výsledkem bývá zhoršení přesnosti měření, na vyšších hodnotách odporů (>50 M Ω) i velmi významné. Řešením může být připojení kalibrovaného přístroje do síťové zásuvky se vzájemně zaměněnými vodiči L a N, případně použití diskretních odporových etalonů nebo odporové dekády.

Pokud je součástí kalibrace i zkouška, zda PAT generuje jmenovité napětí 500 V i při předepsané zátěži 1 mA, měří se toto napětí voltmetrem připojeným paralelně k zatěžovacímu odporu. Zde je třeba vzít v úvahu vnitřní odpor voltmetru (například 10 M Ω).

Na rozdíl od přístrojů kategorie PAT mají přístroje pro revize sítí větší rozsah měřícího napětí i měřených hodnot. Běžná měřicí napětí jsou 50 V, 100 V, 250 V, 500 V, 1 000 V, méně častá pak 2500V a 5000 V, některé měřicí přístroje umožňují nastavovat tato měřicí napětí i po menších stupních, například desítkách a jednotkách voltů.

Běžný měřicí rozsah je od jednotek kiloohmů do několika gigaohmů, ale poměrně časté jsou i přístroje s rozsahem do jednotek teraohmů.

Vyšší nároky jsou na odporové etalony, je možnost jejich napět'ové závislosti (měla by být provedena nejméně jednou při jejich kalibraci) a je i nebezpečí poškození měřicím napětím.

Používat se musí měřicí vodiče s čistým povrchem, nesmí se vzájemně dotýkat a podle možností by ani neměly být položeny na stole.

Doba ustálení hodnoty především při měření hodnot $>10 \text{ G}\Omega$ může být poměrně dlouhá, měření nelze uspěchat.

Měřená hodnota může být ovlivněna i pohybem osob v laboratoři. Výhodou je možné provést kalibraci v automatickém režimu.

9.4.2 Kalibrace R_{ISO}

R_{ISO} je elektrický odpor stejnosměrný, měří se mezi dvěma částmi elektrického zařízení, na nichž v době měření není přítomno napětí (obvykle mezi fází a neživou částí)

Rozsah odporu: $0 \text{ k}\Omega$ až $0,2 \text{ T}\Omega$.

Požadavky na přesnost: analogové $\pm 1,5 \%$,
digitální $\pm (1,5\% \text{ MH} + x \text{ digit})$.

Měřicí napětí (generuje revizní přístroj) $U_{ss} 50 \text{ V} \div 5 \text{ kV}$ s chybou max $\pm 2 \%$.

Měřicí proud $I_{DC} 0,01 \div 5 \text{ mA}$ (deklarovaná přesnost $\pm 2 \%$).

Metoda kalibrace:

přímá, pomocí sad pracovních etalonů odporů (sady od $10 \text{ k}\Omega$ až po $0,2 \text{ T}\Omega$).

Kalibruje se pro jmenovité měřicí napětí (eventuálně napětí naprázdno) a měřicí proud (eventuálně zkratový proud).

Zařízení:

například: kalibrátor 5320 MEATEST, 5320 Fluke nebo 3200 Transmille, odporová dekáda, odporové sady.

9.4.3 Z_{loop} Měření impedance poruchové smyčky

Měření poruchové smyčky je známé také pod názvem měření ochranné smyčky, vypínací smyčky, Z_{LOOP} a mnoha dalšími. I když se ve spojitosti s poruchou smyčkou většinou hovoří o měření impedance Z pro 50 Hz , většina přístrojů měří pouze odpor ($DC R$).

Stejným způsobem probíhá i měření vnitřní impedance sítě, pouze měřicí obvody jsou připojeny mezi L a N.

Zdánlivě jednoduché měření odporu poruchové smyčky je ztíženo mnoha faktory, jako je například zpracovávání poměrně malých změn signálů na pozadí velkých průmyslových rušení. Měření trvá poměrně krátkou dobu, desítky až stovky milisekund.

Síťové napětí má daleko k harmonickému sinusovému průběhu.

Kalibrace přístrojů pro měření poruchové smyčky je poměrně problematická. Nejjednodušší a bohužel také nejméně spolehlivá metoda je tzv. „kalibrovaná síťová zásuvka“. Tento název s jistou nadsázkou velmi dobře vyjadřuje podstatu kalibrace, tedy porovnání hodnoty indikované kalibrovaným přístrojem se známou hodnotou impedance (odporu) síťové zásuvky. Hlavní problém je právě ve zjištění této hodnoty. V praxi to znamená použít kvalitní měřič impedance/odporu sítě. Aby byla zajištěna dobrá přesnost měření, používají tyto přístroje vysoké měřicí proudy ($> 50 \text{ A}$). Zde ale narážíme na problém s vlastním provedením měření. Napětí sítě je nutno měřit alespoň s rozlišením $0,001 \text{ V}$, což sice je technicky možné, ale napětí sítě velmi rychle kolísá v řádu jednotek voltů a proto rozpoznat, že pokles napětí byl způsoben námi připojenou zátěží, je velmi obtížné a problematické. Rozsah měření bývá $25 \text{ m}\Omega$ až $1,8 \text{ k}\Omega$, použijeme minimálně 5 bodů. Proudová zatížitelnost použitých odporů musí být velká, krátkodobě až 40 A .

9.4.4 Kalibrace Z_{loop} (impedance mezi L a PE)

Rozsah:

- Impedance (0 až 2) k Ω .
- Měřicí proud I_{st} 10 mA až 50 A.
- Frekvence 50 Hz.
- Požadavky na přesnost: analogové ± 2 %.
digitální $\pm(2$ % MH + x digit).

Metoda kalibrace:

Měří se za přítomnosti napětí mezi L a PE vodiči.

Přímá metoda, s využitím kalibrátoru nebo sériově řazených odporů 0,1 Ω až 2 k Ω .

Hodnoty odporu, na kterých je provedena kalibrace, zvolíme podle specifikace jednotlivých rozsahů měření přechodového odporu: základní (nejpřesnější) rozsah pro (10, 50 a 100)% hodnoty z rozsahu a pro ostatní rozsahy 100 % hodnoty rozsahu.

Kontrola měřicího proudu:

Provádí se při zátěži 0,2 Ω až 2 Ω a měřicí proud musí být >200mA - viz technické parametry kalibrovaného přístroje).

Zařízení:

např. kalibrátor 5320 MEATEST, 5320 Fluke nebo 3200 Transmille , etalonové odpory R_N .

9.4.5 Kalibrace měřidla U

Počty kalibračních bodů jsou určeny s respektováním principů směrnice CALIBRATION GUIDE EURAMET CG-15. Při kalibraci jsou přiměřeně využívány postupy dle kalibračních postupů pro kalibraci měřidel stejnosměrného napětí, střídavého napětí, stejnosměrného proudu, střídavého proudu, stejnosměrného odporu, impedance (pro uvažovaný rozsah a frekvence prakticky odpovídá střídavému odporu), frekvence a času.

Při kalibraci s použitím kalibrátoru 5320 MEATEST, 5320 Fluke nebo 3200 Transmille postupujeme důsledně podle návodu. Dále je stanoven postup pro diskrétní kalibraci.

9.4.6 Kalibrace U_{L-N} , U_{L-PE} , U_{L-L}

Rozsah:

- napětí (U_{st}) (0 až 500) V,
- frekvence (50 až 500) Hz,
- požadavky na přesnost: analogové 1% měřené hodnoty (dále jen MH),
digitální (1% MH + x digit).

Metoda kalibrace:

shodná s kalibrací analogových resp. digitálních střídavých voltmetrů výše uvedené přesnosti.

Volba měřicích bodů:

Revizní měřicí přístroje mají pro měření stejnosměrného a střídavého napětí většinou po jednom měřicím rozsahu s rozmezím hodnot do 500V nebo do 1000V. Měřicí body zvolíme:

pro digitální přístroje:

- na 10%, 50% a 90 % rozsahu pro DCV,
- 10% a 50% /50 Hz a 90% / 50, 400 Hz rozsahu pro ACV,
- pro analogové přístroje: na každé očíslované hodnotě kalibrovaného rozsahu.

Zařízení:

např. kalibrátor 5320 MEATEST, 5320 Fluke nebo 3200 Transmille.

9.4.7 Kalibrace R_i (impedance sítě mezi L a N)**Rozsah:**

impedance	0,01 Ω až 2 k Ω ,
měřicí proud I_{st}	0,5 A až 50 A,
frekvence	50 Hz,
požadavky na přesnost:	analogové ± 2 %, digitální ± 2 % MH + x digit).

Metoda kalibrace:

Měří se za přítomnosti napětí mezi vodiči L a N. Kalibruje se stejně jako R_{schl} .

Zařízení:

kalibrátor 5320 MEATEST, 5320 Fluke nebo 3200 Transmille , etalonové odpory.

9.4.8 Kalibrace R_i (impedance)**Rozsah:**

impedance	0,01 Ω až 20 k Ω ,
frekvence	50 Hz až 500 Hz,
požadavky na přesnost:	analogové ± 2 %, digitální $\pm (2$ % MH + x digit).

Metoda kalibrace přímá:

- pomocí kalibrátoru impedance + sériově řazené odpory (dekáda),
- pomocí odporové dekády (dvouvodičově i čtyřvodičově),
- klešťové přístroje - pomocí smyčky a dekády.

Zařízení: kalibrátor, odporová dekáda.

9.4.9 R_{LO} Odpor ochranného pospojování

Patří k PAT testerům. Jedná se o odpor vodivých částí přístupných dotyku vůči ochranné svorce pro zařízení pro kategorie I. Pokud je měřicí přístroj napájen z baterií, je měření prováděno stejnosměrným proudem vyšším než 200 mA (do odporů $< 2 \Omega$), někdy je polarita měřicího proudu měněna pomocí relé. Některé jednoúčelové přístroje, napájené ze sítě, používají pro měření střídavý proud, jehož jmenovitá hodnota bývá 10 A nebo 25 A (krátkodobě).

Vzhledem k tomu, že proud a výkonová ztráta na odporových etalonech může být velká, je nutné jejich dobré výkonové dimenzování.

Při měření je třeba dbát na velmi dobrý kontakt mezi měřicími vodiči (hroty, krokosvorkami) měřicího přístroje a odporovým etalonem.

Před vlastním měřením je potřeba vynulovat odpor měřicích vodičů podle pokynů v návodu k používání, většinou nulováním včetně přívodů.

Častým zdrojem nestability měřené hodnoty je konektor, kterým se připojují měřicí vodiče k přístroji. Někdy stačí očištění kontaktů, jindy je třeba konektor vyměnit.

9.4.10 Kalibrace R_{LO} (impedance nebo stejnosměrný odpor)**Rozsah:**

R_{LOss}	0,01 Ω až 2 k Ω	(I_{ss} max 1 A),
R_{LOst}	0,01 Ω až 2 k Ω	(I_{st} max 100 A, $f = 50$ Hz),
Požadavky na přesnost:	analogové ± 2 %, digitální $\pm (2$ % MH + x digit).	

Metoda kalibrace:

Přímá metoda - měřením sady pracovních etalonů odporů. Kalibruje se i měřicí proud I_{ss} nebo I_{st} . U R_{LOst} případně i frekvence.

Poznámka: Při revizi měří přístroj odpor na soustavě vodičů elektrických zařízení, na nichž v době měření není přítomno elektrické napětí.

Zařízení:

např. kalibrátor 5320 MEATEST, 5320 Fluke nebo 3200 Transmille. Odporová dekáda; odporová sada.

9.4.11 R_{cont} Odpor ochranného uzemnění

Je to měření odporů mezi dutinkou PE síťové šňůry a přístupnou částí kontrolovaného spotřebiče. Obvykle měří PAT testery proudem malým (cca 200 mA) nebo velkým (10 – 25)A. U přenosných přístrojů se jedná zpravidla o dvousvokové měření, u stolních přístrojů (HIPOT testery) o čtyřsvokové měření.

Rozsah měřených hodnot je obvykle $0 \div 20 \Omega$, rozlišovací schopnost 0,01 nebo i 0,001 Ω .

Jmenovitý měřicí proud bývá stejnosměrný nebo střídavý 200 mA (do odporu 2 Ω), výjimečně 10 A nebo 25 A (krátkodobě). Vzhledem k výkonové ztrátě na odporových etalonech je nutné jejich přiměřené výkonové dimenzování. Kalibrátory revizních přístrojů používají ke kalibraci odporu velkými proudy diskrétní odporové dekády, složené z 10 až 20 diskrétních hodnot v rozsahu od 25 m Ω do 2 k Ω s maximálním povoleným proudem 30 A.

Dvouvodičově jsou měřeny relativně malé hodnoty odporů s rozlišením až 0,001 Ω , je třeba dbát na velmi dobrý kontakt mezi měřicími vodiči (hroty, krokosvorkami) měřicího přístroje a odporovým etalonem. Před vlastním měřením je potřeba „vynulovat“ přístroj včetně odporu měřicích vodičů podle pokynů v návodu k používání, tedy zahrnout tyto vodiče do nastavení nuly „Nedodržení postupu nulování odporu měřicích vodičů bývá zdrojem hrubých a zákeřných chyb měření.

Jedno z připojovacích míst bývá kolík PE zkušební zásuvky PAT. Tento kolík může být častým používáním uvolněný a způsobuje tak nestabilitu indikované hodnoty odporu.

Některé měřicí přístroje používají variantu čtyřvodičové metody měření odporu, kdy každý měřicí kabel je dvojitý, přičemž jeden vodič je proudový a druhý snímá úbytek napětí na měřeném odporu. Tyto vodiče jsou propojeny v měřicích hrotech, takže při měření se metoda jeví jako dvouvodičová. V tomto případě není nutná (a často ani možná) „kalibrace“ odporu měřicích vodičů a je tedy eliminována možnost špatného „vynulování“ odporu, přesto měřicí přístroj někdy může zobrazovat hodnoty zatížené velkou chybou. Ve většině případů je přerušovaný (zlomený, ukroucený) proudový vodič měřicího kabelu a proto je správné kabely kontrolovat na stálost odporu i při ohýbání. Zákazník (uživatel) si někdy stěžuje na to, že při měření odporu ochranného uzemnění určitého spotřebiče zobrazují různé přístroje naprosto odlišné hodnoty. Příčinou bývá indukčnost (EMC tlumička) v obvodu ochranného vodiče, která se při měření stejnosměrným proudem chová jako odpor s velmi malou hodnotou, zatímco při měření střídavým proudem se výrazně projeví její impedance.

9.4.12 I_{leak} Unikající proudy

Unikající proud odtéká z živých částí spotřebiče do jeho krytu, přístupných částí a případně ochranného vodiče. Příčinou unikajících proudů může být například vadná izolace, parazitní vazby, ale také síťové EMC filtry. Zdroj je napájecí blok testeru s napětím od 10 V do 50 V, rozdílový proud je měření testerem, jako rozdíl proudu vstupujícího do přístroje svorkou L a proudu vystupujícího svorkou N. Zdrojem proudu je obvykle kalibrátor.

Přestože se při kalibraci unikajících proudů nabízí použít porovnání hodnoty indikované kalibrovaným přístrojem s údajem miliampérmetru v měřicím obvodu nebo využití kalibrátoru jako zdroje

proudu, prakticky nelze tento způsob použít, protože moderní PAT, odpovídající ČSN 331600 – ed.2, požadují přepočtení naměřené hodnoty unikajícího proudu na jmenovité síťové napětí 230 V. Pokud by PAT měřil prostý unikající proud, jeho hodnota by přímo úměrně závisela na velikosti síťového napětí. Proto PAT přepočítávají zobrazenou hodnotu proudu na jmenovité napětí (například 230 V).

Při měření unikajícího proudu náhradní metodou se významně uplatňuje vnitřní odpor zdroje.

Pro kalibraci unikajících proudů opět stačí několik odporů.

9.4.13 I_{leak} a) Náhradní (substituční) metoda měření unikajícího proudu

Samotné měření je velmi podobné měření izolačního odporu, ovšem za použití střídavého napětí. Kontrolovaný spotřebič není v provozu, vodiče L a N jsou v PAT vzájemně propojené a jsou připojeny na jeden výstup zkušebního napětí, zatímco druhý je připojen na kolík PE zkušební zásuvky a často také na připojovací zdířku. Rozsah měření unikajících proudů bývá od 0 mA do 20 mA s rozlišením 0,01 nebo 0,001 mA. Jako zdroj měřicího napětí v PAT bývá použit transformátor, jehož sekundární (a tedy měřicí napětí) bývá od 30 V do 250 V. Při napětí vyšším než 50 V musí být zkratový proud menší než 3,5 mA.

Pro kalibraci unikajícího proudu použijeme odpor, jehož hodnotu R_{sim} určíme podle požadované hodnoty simulovaného unikajícího proudu a vnitřního odporu měřicího přístroje PAT, který podle ČSN 331600 – edice 2 má hodnotu 2 k Ω .

Pokud bychom do série s odporem R_{sim} vřadili mA-metr, ukáže nám hodnotu proudu nižší, než je indikováno na kalibrovaném přístroji a než je nastavená hodnota. Rozdíl je způsoben vnitřním odporem zdroje PAT, který bývá v řádu kiloohmů, aby byl dodržen požadavek normy na omezení zkratového proudu na max. 3,5 mA.

Pro nastavenou hodnotu 10 mA vypočítáme hodnotu simulačního odporu obdobně jako v předešlém případě:

Obdobně jako při kalibraci izolačních odporů se může vyskytnout problém s parazitními vazbami PAT a kalibrátoru. I v tomto případě může být řešením záměna L a N v síťovém napájení PAT nebo použití izolovaně uložené sady odporů místo odporů v kalibrátoru.

Při výpočtu odporu R_{sim} je třeba brát v úvahu skutečnost, že hodnota odporu je podle ČSN 331600 stanovena na 2 k Ω , ale například pro přístroje ve zdravotnictví je podle ČSN EN 62353 hodnota tohoto odporu 1 k Ω . Vždy je tedy nutné seznámit se s technickými specifikacemi kalibrovaného přístroje.

9.4.14 I_{leak} b) Přímá metoda měření unikajících proudů

Další označení pro tuto metodu je měření proudu ochranným vodičem, což velmi dobře vystihuje její princip.

Při revizi spotřebiče přímou metodou je spotřebič napájen síťovým napětím a je v chodu. PAT měří unikající proud, který odtéká ochranným vodičem. Aby bylo zajištěno, že při měření veškerý unikající proud poteče pouze ochranným vodičem, je nutné zajistit dokonale izolované uložení kontrolovaného spotřebiče a odpojení všech kabelů, které by mohly ovlivnit samotné měření.

Pro měření proudu používají PAT buď měřicí transformátor, nebo odporový bočník, který umožňuje zjistit i stejnosměrnou složku proudu.

Samotné měření probíhá ve dvou krocích; v prvním je zjištěna hodnota unikajícího proudu ve výchozím zapojení zkušební zásuvky PAT a ve druhém kroku se měření opakuje při vzájemně zaměněných vodičích L a N.

Při vlastní kalibraci lze postupovat stejně jako v případě náhradní metody, jen je ve většině případů možné zanedbat vnitřní odpor R_i , který bývá maximálně 100 Ω . Pro kalibraci nastavené hodnoty 5 mA je tedy použit odpor R_{sim} .

Pozor: vzhledem k tomu, že proti náhradní metodě není použit vnitřní galvanicky oddělený zdroj s proudovým omezením, ale R_{sim} je zapojen mezi krajní vodič L a ochranný vodič PE, musí být tento odpor (především pro vyšší kalibrované hodnoty proudů) přiměřeně dimenzován.

Pracujeme s tvrdým síťovým napětím, hrozí nebezpečí úrazu.

Odporové etalony musí být dokonale izolovány od zemního potenciálu.

9.4.15 I_{leak} c) Rozdílová (diferenciální a někdy také reziduální) metoda měření unikajícího proudu

Při měření unikajícího proudu rozdílovou metodou je zkoušený spotřebič napájený ze sítě a zkoumá se rozdíl mezi proudem přitékajícím do spotřebiče a proudem ze spotřebiče odtékajícím. V současnosti se pro toto měření využívá rozdílový transformátor, který nejlépe zvládá základní problém měření, zjistit velikost malého unikajícího proudu i při velkém procházejícím proudu.

Poznámka: pokud by pro měření proudu byly využity klasické proudové bočníky v L a N a přístroj následně od sebe odečítal naměřené hodnoty, musely by být měřicí obvody opravdu velmi kvalitní. Chceme-li měřit unikající proud s rozlišením 0,001 mA, znamená to spolehlivě měřit proud ve tvaru 16,000 001 A. Pro procházející proud 16 A je rozumná hodnota bočníku 0,1 Ω , a proto je úbytek napětí 1,600 000 1 V. Je patrné, že se zde dostáváme do zcela jiných požadavků na měření.

Kalibrace rozdílové metoda PAT je velmi podobná kalibraci přímé metody, i zde vystačíme s odpory.

Pracujeme s tvrdým síťovým napětím, hrozí nebezpečí úrazu.

Pokud je PAT přístroj vybaven systémem přepočtu zobrazované hodnoty unikajícího proudu na síťové napětí 230V, nelze použít kalibrátor jako zdroj proudu.

9.4.16 Kalibrace I

Střídavý proud 40 Hz až 400 Hz, obvykle jen 50 Hz.

Rozsah:

(0 ÷ 15) A.

Požadavky na přesnost:

analogové ± 2 %,

digitální $\pm (2\% \text{ MH} + x \text{ digit})$.

Metoda kalibrace:

Porovnávací – do série s proměnným odporem (zatěžovací proud asi 16 A) zapojíme etalonový ampérmetr (měřicí transformátor proudu + multimetr) porovnáme hodnotu střídavého proudu naměřenou etalonem a kalibrovaným přístrojem. Alternativně lze použít jako zdroj proudu – etalon kalibrátor.

Poznámka: *Kontrolované zařízení je při revizi napájeno přes revizní přístroj.*

Zařízení:

např. kalibrátor 5320 MEATEST, Fluke nebo 3200 Transmille, Měřicí transformátor proudu, multimetr nebo multifunkční kalibrátor.

9.4.17 Kalibrace I_U

Rozsah:

(0 až 200) mA (50 Hz),

Požadavky na přesnost:

analogové ± 2 %.

digitální $\pm (2\% \text{ MH} + x \text{ digit})$.

Poznámka:

rozlišení až 1 μA .

Unikající proud I_U (střídavý proud) je proud tekoucí (prosakovající) mezi vodiči L a PE, tedy:

$$I_U = I_L - I_N.$$

Z této definice jsou zřejmé i metody měření unikajícího proudu při revizích – přímá nebo rozdílová. Měření se provádí při síťovém napětí.

Metoda kalibrace 1:

Mezi L a PE (na měřicí zásuvce kalibrovaného přístroje) připojíme proměnný odpor a miliampérmetr (vše v sérii). Ve stanovených kalibračních bodech (nastavíme pomocí proměnného odporu) odečteme na kalibrovaném měřidle i etalonu naměřené hodnoty unikajícího proudu.

Kalibraci rozdílové metody měření unikajícího proudu provádíme navíc při min. a max. hodnotě pracovního proudu kalibrovaného měřidla.

Další používanou metodou měření unikajícího proudu je metoda náhradní. Kalibrované měřidlo je zdrojem izolovaného měřicího napětí. Etalonovou hodnotou unikajícího proudu určuje odpor zapojovaný mezi vodiči L a PE. Způsob výpočtu příslušné hodnoty odporu určuje výrobce měřidla.

Metoda kalibrace 2:

Mezi L a PE zapojíme odporovou dekádu. Nastavená hodnota odporu představuje etalonovou hodnotu proudu zobrazovanou na kalibrovaném měřidle.

Zařízení:

například kalibrátor 5320 MEATEST, Fluke nebo 3200 Transmille. Odporová dekáda, multimetr.

9.4.18 Kalibrace I_R

Při revizi se měří za přítomnosti napětí na kontrolovaném elektrickém zařízení. Nepřítomnost napětí je kontrolována měřením střídavého proudu I_R mezi neživou částí elektrického zařízení (předmětu) a mezi zemí.

Rozsah:

0 až 5 mA (střídavý proud) (50 Hz),
Požadavky na přesnost: $\pm (2,5 \% \text{ MH} + x \text{ digit})$.

Metoda kalibrace:

Přímá, při kalibraci se jako zdroj proudu použije kalibrátor M 130, na kalibrovaném přístroji se odečítá hodnota I_R . (Jako při kalibraci běžného střídavého miliampérmetru)

Zařízení: např. kalibrátor 5320 MEATEST, 5320 Fluke nebo 3200 Transmille, Multifunkční kalibrátor.

9.4.19 Kalibrace $I_{\Delta N}$

Vybavovací proud chrániče je střídavý proud protékající do vodiče PE, při kterém chránič reaguje (proudový chránič).

Rozsah: 5 mA až 1 A,
Požadavky na přesnost: $\pm (2 \% \text{ MH} + x \text{ digit})$.

Metoda kalibrace:

Mezi svorky měřidla PE a PE sítě zapojíme etalonový odpor a měříme úbytek napětí na tomto odporu. (Měření proudu nepřímou metodou $I = \frac{U}{R}$). Hodnotu R volíme dle kalibračního bodu a měřeného rozsahu kalibrovaného měřidla, kalibrujeme minimálně pro tři kalibrační body každého rozsahu. Pro měření vybavovacího proudu některých chráničů je nutno použít voltmetr s pamětí (vybavovací proud generovaný revizním přístrojem až do okamžiku "vybavení chrániče" roste lineárně nebo po skocích, potom padá na nulu).

Zařízení: kalibrátor 5320 MEATEST, 5320 Fluke nebo 3200 Transmille, multimetr, etalonový odpor; odporová dekáda, osciloskop.

9.4.20 Dotykové napětí U_B (střídavé napětí).

Rozsah: (5 až 100) V, (50 Hz),
Požadavky na přesnost: $\pm (5 \% \text{ MH} + x \text{ digit})$.

Metoda kalibrace:

Měření dotykového napětí bez vybavení chrániče. Etalonový odpor zařadíme do obvodu ochranného vodiče PE. Etalonové dotykové napětí vypočítáme z nastaveného jmenovitého reziduálního proudu na kalibrovaném přístroji a zařazeného etalonového odporu. Tuto etalonovou hodnotu napětí porovnáme s hodnotou indikovanou kalibrovaným přístrojem.

Měření dotykového napětí při vybavení chrániče. Etalonový odpor zařadíme do obvodu ochranného vodiče PE a paralelně k němu připojíme digitální voltmetr s pamětí. Ve zvoleném kalibračním bodě odpojíme síťové napájení. Odečteme etalonovou hodnotu dotykového napětí na paměťovém voltmetru. Tuto hodnotu porovnáme s hodnotou indikovanou kalibrovaným přístrojem.

Zařízení:

kalibrátor 5320 MEATEST, 5320 Fluke nebo 3200 Transmille, multimetr, odporová dekáda;

9.4.21 Měření proudových chráničů obecně

Pro účely automatického odpojení místa poruchy od zdroje lze použít jističe, pojistky nebo také proudové chrániče známé pod zkratkou RCD (*residual current device*), tj. diferenciální proudová ochrana). Proudový chránič je také jediným ochranným prvkem, který lze použít pro ochranu osob, pokud dojde k jejich kontaktu s nebezpečným napětím. Součtový (diferenciální) proudový měřicí transformátor v proudovém chrániči porovnává součet proudů tekoucích do obvodu za transformátor s proudem, který se z obvodu vrací zpět ke zdroji. Pokud tyto proudy nejsou stejné (část proudu za RCD uniká mimo pracovní vodiče sítě) a tento unikající proud překročí vybavovací proud chrániče, potom elektronický obvod chrániče vyhodnotí takový stav jako poruchu izolace instalace za chráničem a odpojí obvod s poruchou izolace od zdroje.

Charakteristickým rysem měření chráničů je rychlost odezvy. K vybavení chrániče musí stačit jedna půlperioda síťového kmitočtu (kladná nebo záporná). Časová odezva chrániče je v řádu ms a revizní přístroj musí být schopen měřit dobu vybavení s přesností řádově jednotek ms. Na kalibrační metodu pro kontrolu revizního přístroje je kladen tedy požadavek simulovat chránič s časovou odezvou lepší než 200 - 300 μ s.

Diskrétní metoda kalibrace revizního přístroje jsou založena na použití digitálních vzorkovacích osciloskopů, kterými se snímá odezva referenčního proudového chrániče, a porovnává se s údajem měřeným testovaným revizním přístrojem. Referenční chránič je přitom „vybaven“ proudem, který generuje vlastní revizní přístroj. Obvykle se používá několik proudových chráničů s různou proudovou citlivostí a případně typů zpožděných s delší vypínací dobou. Tímto způsobem je v několika bodech pokryta potřeba kalibrace. Podle používaných technických norem pro revizní přístroje je zapotřebí, aby chybový proud proudovým chráničem začal protékat při průchodu síťového napětí nulou.

K tomu je zapotřebí speciální přípravek.

Obvyklá metodika revizního přístroje při měření vypínacího času je následující:

- kontrola hodnoty dotykového napětí na vstupní svorce chrániče,
- test nevybavení chrániče proudem o hodnotě zpravidla $0,5 \times I_n$. Test je prováděn puštěním rozdílového proudu do chrániče. Test je prováděn po dobu specifikovanou v normách (240 ms v ČR, 310 ms v USA, 2000 ms v Anglii). Chránič se nesmí vypnout,
- test vybavení chrániče proudem o jmenovité hodnotě $1 \times I_n$. Zde je měřen časový interval vybavení chrániče. Chránič musí vypnout. Dotykové napětí na vstupní svorce chrániče nesmí překročit bezpečnou hodnotu (25V nebo 50V),
- test vybavení chrániče proudem o hodnotě $5 \times I_n$. Jedná se o funkční kontrolu chrániče.

Při kontrole vypínacího proudu puští revizní přístroj do chrániče narůstající proud od hodnoty cca $0,3 \times I_n$ do $1,3 \times I_n$ a sleduje, při jaké úrovni chránič vybaví. Tuto zjištěnou hodnotu poté zobrazí jako výsledek na displeji.

Kalibrátor 5320A je vybaven ke kalibraci funkce proudových chráničů simulátorem chrániče. Jedná se v podstatě o elektronický spínač, jehož rozepnutí je ovládáno procesorem kalibrátoru podle nastavené požadované doby vypnutí. 5320A obsahuje vzorkovací ampérmetr, který dokáže s přesností lepší než 1 % vyhodnotit efektivní hodnotu vybavovacího proudu způsobeného revizním přístrojem a to již během jedné půlperrody síťového napětí, tedy v časovém intervalu 10 ms pro 50 Hz rozvody. Toto řešení umožnilo posunout rozsah kalibrace vybavovací doby od 10 ms. Maximální nastavitelná hodnota je 5 s. Kalibrátor vždy dopočítává počátek „události“ k prvnímu předchozímu průchodu síťového napětí nulou, a od tohoto okamžiku počítá nastavenou dobu vypnutí. Kromě kalibrované a nastavitelné vypínací doby kalibrátor poskytne při kalibraci revizního přístroje další informace o vypínacím proudu jako je typ proudu (střídavý, střídavý půlvlnný, stejnosměrný), dále určí fázi vypínacího proudu (kladnou/zápornou) a jeho efektivní hodnotu a změří rovněž dotykové napětí.

Přístroje pro testování proudových chráničů (RCD testery) měří tyto základní parametry proudových chráničů:

- vypínací čas proudového chrániče,
- vypínací proud proudového chrániče,
- dotykové napětí.

Pro kalibraci RCD testerů se v minulosti používaly nejčastěji sady proudových chráničů a paměťový osciloskop pro kalibraci vypínacího času, ampérmetry s pamětí maximální hodnoty nebo zapisovače (VAREGy) k měření vypínacího proudu a sada odporů pro kalibraci dotykového napětí.

V současnosti se téměř výlučně používají speciální kalibrátory, které při kalibraci simulují proudový chránič s nastavitelnými parametry. Velké množství možných nastavení a měření na kalibrovaném přístroji a z toho plynoucí možnost chyby obsluhy nebo nedostatečné kalibrace zvyšují požadavky na kvalifikaci při tomto měření.

- Vypínací proud: rozsah 3 mA až 3 A,
- vybavovací čas: 20 ms až 5 s,
- dotykové napětí 0 až 50 V,
- přetížení 0,5; 1; 1,4; 2; 5 násobky proudu I_{JM} .

Měření je provádí při všech násobcích proudu (podle typu revizního přístroje nebo požadavků zákazníka). Při násobku 1 x I_{jm} je měřen časový interval vybavení proudových chráničů. Na kalibrátoru nastavíme vybavovací čas a proud.

Měřicí body vychází z vypínacích časů vyráběných chráničů a mohou být 20ms, 30ms, 50ms, 100ms, 200ms, 300ms, 500ms a 1000ms, pokud z dokumentace kalibrovaného přístroje nevyplývá požadavek na jiné body.

9.4.22 Vypínací čas chrániče t

(Doba, za kterou vypne chránič od dosažení dané hodnoty vybavovacího proudu).

Rozsah: (0 až 2000) ms,

Požadovaná přesnost: $\pm (2 \% M + x \text{ digit})$.

Revizní přístroj (při revizi) je připojen do zásuvky, v jejímž okruhu je kontrolovaný chránič. Revizní přístroj generuje vybavovací proud chrániče a měří dobu od dosažení vybavovacího proudu po vypnutí chrániče. (Je indikováno odpojením sítě).

Volba měřicích bodů:

Měřicí body jsou dány funkcí RCD kalibrátoru T3200A a vychází z vypínacích časů vyráběných chráničů: 20ms, 30ms, 50ms, 100ms, 200ms, 300ms, 500ms a 1000ms.

Metoda kalibrace:

Pro kalibraci je použit jednoúčelový tester Tester času 1, který pro kalibrovaná měřidla pro jmenovitý vybavovací proud 10 mA, 30 mA, 100 mA, 300 mA a 500 mA simuluje funkci chrániče v rozsahu 10 ms až 230 ms s krokem 20 ms.

Na testeru nastavíme vybavovací proud a vypínací čas. Na kalibrovaném měřidle odečteme naměřený vypínací čas.

Měřicí body jsou dány nominálními hodnotami vypínacích proudů vyráběných chráničů. Těmto hodnotám odpovídají měřicí rozsahy revizních přístrojů: 10; 30; 100; 300; 500 a 1000 mA. Většina revizních přístrojů umožňuje rovněž nastavení násobků nominálního proudu: $I/2$; $2I$; $5I$.

Zařízení: např. kalibrátor 5320 MEATEST, Fluke nebo 3200 Transmille, Tester času.

9.4.23 Měření střídavého proudu proudovými kleštěmi

Provádí se přímým měřením na proudové cívice připojené ke kalibrátoru při frekvenci 50 Hz - minimálně v 5 bodech podle technických parametrů kalibrovaného přístroje a proudových kleští.

Zařízení: např. kalibrátor 5320 MEATEST, Fluke nebo 3200 Transmille a příslušné proudové cívky

9.4.24 Elektrický příkon

Funkcí měření příkonu spotřebičů jsou vybaveny PAT testery. Přístroj obvykle měří napájecí napětí objektu a proud procházející do přístroje. Snímání proudu může být provedeno odporovým bočnickem nebo malým proudovým transformátorem vřazeným do napájecí cesty. Revizní přístroj dopočítá z hodnoty napětí a proudu příkon ve VA. Některé revizní přístroje dokáží ze sejmutých hodnot napětí a proudu dopočítat i činný výkon, případně účinník. Rozsah měření se pohybuje do cca 4 kVA, což odpovídá maximálnímu proudu 16 A při síťovém napětí 230 V.

Kalibrace diskrétní metodou se prakticky provádí jen pro zdánlivý výkon. Ke kalibraci je zapotřebí kalibrovaný voltmetr a ampérmetr (nebo proudový bočník ke snímání proudu) a elektronická střídavá zátěž nebo pasivní odporová zátěž dimenzovaná na požadovaný výkon do 4 kW. Zátěž je použita k simulaci spotřebiče.

9.4.25 Zemní odpor (rezistivita půdy)

Některé revizní přístroje obsahují funkci měření zemního odporu (rezistivity půdy). Ten je zjišťován tak, že se v předepsaných vzdálenostech do povrchu země zasunou měřicí sondy a měří se skutečný odpor země. Z důvodu potlačení rušení téměř výhradně používají napájecí signál pravoúhlý o kmitočtu 100 až 200 Hz (ale ne násobky 50 Hz). Revizní přístroj je zapojen v podstatě jako čtyřsvorkový ohmmetr se sdruženou svorkou Lo a Li a se synchronním detektorem na napěťových vstupech Hu a Hi. Rozsah měření bývá do 2 k Ω , přesnost (2 až 5) %.

Protože revizní přístroj je čtyřsvorkový ohmmetr, postačuje k jeho kalibraci kalibrovaná odporová dekáda 100 m Ω až 10 k Ω , která umožňuje čtyřvodičové připojení revizního přístroje.

9.4.26 Zkouška bezpečnosti vysokým napětím

HIPOT testery určené k provádění revizí bezpečnosti elektrických přístrojů a elektrických komponentů obsahují funkci „zkouška izolace vysokým napětím“. Toto vysoké napětí se přikládá mezi části nebezpečné živé a bezpečné živé a sleduje se, nedojde-li u objektu k průrazu nebo jinému porušení izolace. Kritériem hodnocení je velikost svodového proudu na testovaném izolačním rozhraní. Rozsah generovaného vysokého napětí těchto testerů se pohybuje do 5 kV AC, resp. 6 kV DC s přesností řádově několik %. Testery současně měří svodový proud, jehož rozsah se pohybuje od jednotek μ A do max. několik desítek mA, jehož přesnost měření je rovněž v řádu jednotek %. Téměř vždy jsou vybaveny časovačem, umožňujícím přiložení testovacího napětí na objekt po definované dobu.

Kalibraci HIPOT testeru lze provést stejnosměrným voltmetrem, doplněným případně vysokonapěťovou sondou do 10 kV. Provádí-li se i kontrola přesnosti měření unikajícího proudu, je zapotřebí dále stejnosměrný miliampérmetr a pomocná vysokonapěťová zátěž, která slouží k vytvoření unikajícího proudu.

Kalibrátor Fluke 5320A je vybaven ke kontrole těchto parametrů dvěma samostatnými funkcemi. Funkce HIPOT LC umožňuje současné měření AC nebo DC výstupního napětí HIPOT testeru a - za použití externího modulu 5320A-LOAD - také zatížení HIPOT testeru a kontrolu unikajícího proudu. Nejistota kalibrace proudu a napětí závisí na jejich hodnotách a pohybuje se v desetinách procent. Druhá funkce označovaná HIPOT TIMER umožňuje kalibraci časovací funkce HIPOT testeru a to tak, že kalibrátor měří dobu, po kterou je na jeho vstupní svorky přiloženo napětí větší, než 50 V. Tento údaj také indikuje na displeji. Přesnost měření časového intervalu je 0,2 % + 2 ms pro DC napětí a 0,2 % + 20 ms pro AC napětí s rozsahem 50 ms až 999 s.

9.4.27 Kalibrace frekvence f

Rozsah 20 Hz až 500 Hz,
Požadavky na přesnost $\pm(0,1\% \text{ MH} + x \text{ digit})$.

Metoda kalibrace:

Přímá metoda - na kalibrátoru nastavujeme při daném napětí frekvenci v požadovaném rozsahu a na kalibrovaném přístroji odečítáme naměřenou hodnotu. Přesnost nastavené frekvence je lepší než 0,01%).

Zařízení:

kalibrátor nebo univerzální kalibrátory a čítače.

9.4.28 Doplnkové funkce

S výjimkou výše uvedených funkcí se lze u různých revizních přístrojů setkat s některými dalšími doplňkovými funkcemi, jako např. kontrolou sledu fází třífázové soustavy, harmonickou analýzou měřeného napětí a proudu, s měřením teploty, aj. Tyto funkce se však nepoužívají ke kontrolám bezpečnosti elektrických strojů a rozvodů a metody jejich kalibrace zde nejsou uvedeny.

10 Vyhodnocení kalibrace

Stanovení počtu kalibrovaných bodů by mělo odpovídat zásadám tvorby kalibračního diagramu, viz [20], ČSN EN 60359 Elektrická a elektronická měřicí zařízení - Vyjadřování vlastností (IEC 60359:2001).

Stanovení počtu měřených bodů (shrnutí)

Revizní měřicí přístroje mají pro měření stejnosměrného a střídavého napětí většinou po jednom měřícím rozsahu s rozmezím hodnot do 500V nebo do 1000V. Měřicí body zvolíme pro digitální přístroje podle doporučení výrobce, pokud není tak: na 10%, 50% a 90 % rozsahu pro DCV 10% a 50% /50 Hz a 90% / 50, 400 Hz rozsahu pro ACV, pro analogové přístroje: na každé očíslované hodnotě kalibrovaného rozsahu, pokud výrobce kalibrovaného přístroje nedoporučil jinak.

- **Zemní odpor:** Počet měřících bodů (% z MR): 10%, 30%, 50%, 70%, 90%,
- **odpor ochranného vodiče:** Odpory mají pevné hodnoty, které vhodně vybereme podle rozsahu měřeného přístroje (min. 5 bodů),
- **izolační odpor:** Počet měřících bodů (% z MR): 10%, 30%, 50%, 70%, 90%.
- **impedance ochranné smyčky** (vnitřní odpor sítě). Odpory mají pevné hodnoty, které vhodně vybereme podle rozsahu měřeného přístroje (min. 5 bodů),
- **unikající proud:** Počet měřících bodů (% z MR): 10%, 30%, 50%, 70%, 90%,

- **proudové chrániče (RCD)** Vybavovací proud: měří se všechny rozsahy proudů. Při základním proudu (10 mA) se měří i přetížení, násobky proudu $0,5 \times I_{JM}$; $1 \times I_{JM}$; $1,4 \times I_{JM}$; $2 \times I_{JM}$; $5 \times I_{JM}$.
- **vybavovací čas:** min. v 3 bodech. Vybavovací proud $I_{JM} = I_{JM}$, $I_{JM} = 2I_{jm}$, $I_{JM} = 5I_{jm}$ vybavovací čas (měřicí body) $<0,3 \text{ s}$ $<0,15 \text{ s}$ $<0,04 \text{ s}$.
Vybavovací čas: min. v 3 bodech.

Vybavovací proud	$I_{jm} = I_{jm}$	$I_{jm} = 2I_{jm}$	$I_{jm} = 5I_{jm}$
vybavovací čas (měřicí body)	<0,3 s	<0,15 s	<0,04 s

Kalibrační list se musí vztahovat pouze k veličinám a výsledkům kalibrací a funkčních zkoušek. Jestliže bylo vypracováno vyjádření o souladu se specifikací, musí být identifikováno, které články specifikace jsou splněny a které nejsou splněny, podle ILAC-G08:03/2009 Pokyny k uvádění shody se specifikací (Guidelines on the Reporting of Compliance with Specification, 2009).

Pokud je vypracováno vyjádření o shodě se specifikací, přičemž jsou vynechány výsledky měření a s nimi spojené nejistoty, musí laboratoř tyto výsledky zaznamenat a udržovat jejich záznamy pro další možnou potřebu.

Pokud jsou vypracována vyjádření o shodě, musí být vzata v úvahu nejistota měření.

Jestliže se přístroj, který se má kalibrovat, bude justovat nebo opravovat, musí být uvedeny výsledky kalibrace získané před a po justování nebo opravě, pokud jsou k dispozici.

Kalibrační list nesmí obsahovat žádné doporučení týkající se intervalu kalibrace s výjimkou doporučení, které bylo odsouhlaseno zákazníkem.

10.1 Postup vyhodnocení

Kalibrační laboratoř vede záznamy, v nichž kromě jiného uvádí:

- konkrétní udání použitého zdroje specifikace,
- měřicí rozsahy, na nichž je kalibrace prováděna,
- frekvence a výstupní napětí,
- dovolené chyby parametrů zkoušeného přístroje v jednotlivých kontrolních bodech vyjádřené v procentech,
- zjištěné chyby parametrů zkoušeného přístroje v jednotlivých kontrolních bodech vyjádřené v procentech,
- nejistota kalibrace.

10.2 Rozhodnutí o výsledku kalibrace

V organizacích, v nichž vedoucí kalibrační laboratoře vykonává současně funkci metrologa organizace, na základě vyhodnocení zkoušených bodů uvedených v kapitole 7 rozhodne vedoucí kalibrační laboratoře, zda kalibrováný přístroj vyhovuje nebo nevyhovuje všem požadavkům na něj kladeným. Výsledek rozhodnutí je uveden v kalibračním listu.

10.3 Postup v případě neshody

V případě, že kalibrováný generátor čerpal na některém měřicím rozsahu více než 70 % specifikace, při interních kalibracích rozhoduje vedoucí kalibrační laboratoře, zda je možná a vhodná justace nebo zda je možné přístroj dále provozovat, ale doporučuje se zkrátit dobu do rekalibrace. Při kalibraci externímu zákazníkovi má být zákazník informován.

Nejsou-li splněny výše uvedené podmínky nebo nevyhověl-li kalibrováný přístroj jiným požadavkům, předává vedoucí kalibrační laboratoře objednateli informaci

Postup uváděný v bodech 10.2 a 10.3 se používá v organizacích, v nichž vedoucí kalibrační laboratoře vykonává současně funkci metrologa organizace. V jiných případech provádí příslušná rozhodnutí zástupce (obvykle metrolog) organizace, která objednala kalibraci generátoru.

11 Kalibrační list

11.1. Náležitosti kalibračního listu

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 přístroje
- e) datum přijetí přístroje ke kalibraci, datum provedení kalibrace a datum vystavení kalibračního listu,
- f) určení specifikace uplatněné při kalibraci nebo označení kalibračního postupu (v tomto případě KP 4.1.3/02/16),
- g) podmínky, za nichž byla kalibrace provedena (hodnoty ovlivňujících veličin apod.),
- h) měřidla použitá při kalibraci,
- i) obecné vyjádření o návaznosti výsledků měření,
- j) výsledky měření a s nimi spjatou nejistotu měření anebo prohlášení o shodě s určitou metrologickou specifikací,
- k) jméno pracovníka, který revizní přístroj kalibroval a podpis odpovědného (vedoucího) pracovníka, razítko kalibrační laboratoře.

Vyjádření o nejistotě měření, které podle ILAC-P14:01/2013 bod 6.3 může mít tvar:

„Uvedená rozšířená nejistota měření je součinem standardní nejistoty měření a koeficientu k , který odpovídá pravděpodobnosti pokrytí přibližně 95 %.“

Akreditovaná kalibrační laboratoř navíc uvede název/logo akreditačního orgánu, číslo osvědčení o akreditaci, údaje o oprávnění, na jehož základě je kalibrační list vydán, prohlášení, že kalibrační list nesmí být bez písemného schválení kalibrační laboratoře rozmnožován jinak než celý.

11.2 Protokolování

Originál kalibračního listu se předává objednateli kalibrace. Jeho kopii si ponechává kalibrační laboratoř a archivuje ji nejméně po dobu 5 let. Doporučuje se archivovat kalibrační záznamy a kalibrační listy chronologicky. Výsledky kalibrace se mohou v souladu s případnými podnikovými metrologickými dokumenty místo do kalibračního listu zanášet do kalibrační karty měřidla nebo ukládat do paměti počítače.

11.3 Umístění kalibrační značky

Po provedení kalibrace se přístroj opatří kalibrační značkou – štítkem. Kalibrační štítek je třeba na přístroj umístit viditelně.

Na štítku je uvedeno číslo kalibračního listu, datum provedené kalibrace podpis pracovníka, který prováděl kalibraci a identifikace kalibrační laboratoře.

V případě, že je výsledek kalibrace nevyhovující, označí se měřidlo štítkem - **NEVYHOVUJE**.

V případě, že je výsledek kalibrace nepokrývá měření v celém rozsahu specifikací, použije se štítek s označením - **NEÚPLNÁ KALIBRACE**.

Pokud to není výslovně uvedeno v některém interním podnikovém metrologickém předpisu pro interní kalibrace nebo ve smlouvě se zákazníkem, nesmí kalibrační laboratoř uvádět na svém kalibračním štítku datum příští kalibrace. Stanovení kalibrační lhůty měřidla je právem a povinností uživatele.

11.4 Převzetí ke kalibraci a předání kalibrovaného přístroje

Převzetí přístroje ke kalibraci stvrzuje pracovník kalibrační laboratoře svým podpisem na kopii objednávky nebo na formuláři k tomu určenému.

Po skončení kalibrace přístroje stvrzuje zákazník svým podpisem na příslušném formuláři nebo do knihy zakázek jeho převzetí.

V obou případech se k podpisům připojují příslušná data.

11.5 Reklamacce

V případě, že objednatel kalibrace podá stížnost na provedenou kalibraci, tuto přebírá vedoucí kalibrační laboratoře, v době nepřítomnosti jeho zástupce. Stížnost se může týkat rozsahu nebo správnosti provedené kalibrace, úplnosti nebo správnosti předaného kalibračního listu, úplnosti vráceného přístroje, případně výše fakturace za provedenou kalibraci.

Povinností vedoucího kalibrační laboratoře je analyzovat stížnost, na jejím základě učinit příslušná opatření a s nimi bez prodlení seznámit objednatele kalibrace.

Nebyly-li při analýze shledány závady, je o tom objednatel kalibrace informován také.

Pokud je stížnost oprávněná a jedná se o rozsah nebo správnost kalibrace, provede laboratoř novou, bezplatnou kalibraci a vystaví nový kalibrační list. V ostatních případech oprávněné stížnosti se provedou příslušná opatření.

11.6 Neshodné výsledky kalibrace

Pokud laboratoř zjistí, například při rekalibraci etalonu, že prováděla neshodné kalibrace, je její povinnost provést nápravná opatření a informovat také zákazníka, pro kterého mohly být neshodné práce provedeny, viz také ČSN EN ISO/IEC 17025 bod 4.9 a 4.11.

12 Péče o kalibrační postup

Originál kalibračního postupu je uložen u jeho zpracovatele, další vyhotovení jsou předána příslušným pracovníkům podle rozdělovníku na titulní straně.

Změny, popř. revize kalibračního postupu je oprávněn provádět jeho zpracovatel, změny schvaluje vedoucí zpracovatele (vedoucí kalibrační laboratoře nebo metrolog organizace).

13 Rozdělovník, úprava a schválení, revize

13.1 Rozdělovník

Kalibrační postup		Převzal		
Výtisk číslo	Obdrží útvar	Jméno	Podpis	Datum

13.2 Úprava, schválení

Kalibrační postup	Jméno	Podpis	Datum
Upravil			
Schválil			

13.3 Revize

Strana	Popis změny	Zpracoval	Schválil	Datum

14 Stanovení nejistoty měření (příklad výpočtu)

14.1 Nejistoty měření pro jednotlivé veličiny.

Nejistoty měření pro jednotlivé veličiny se stanoví postupem uvedeným v příslušných metodikách kalibrace těchto elektrických veličin. Pro měření vnitřního odporu sítě a impedance vypínací smyčky je stanovení nejistot zpracováno, obdobně jako pro ostatní kalibrované veličiny, v souladu a dokumentem EA - 4/02. Jedná se o přímé měření odporu elektrické sítě při jejím napětí 230 V, 50 Hz. (Obdoba měření vnitřního odporu zdroje napětí).

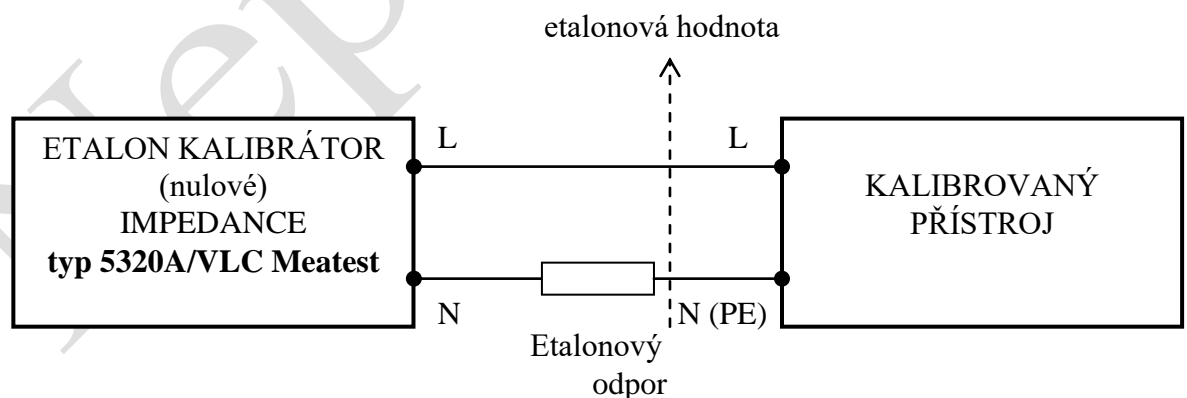
Nejistota měření představuje odhad té části vyjadřovaných výsledků měření, která charakterizuje rozmezí hodnot, v němž leží skutečná hodnota měřené veličiny s danou pravděpodobností. K vyjádření nejistoty se přistupuje poté, co byly provedeny korekce všech známých systematických chyb.

Kalibrátor impedance, typ KI 1 představuje etalon konstantní – malé (nulové) impedance elektrické sítě. Konkrétní požadovanou hodnotu etalonové impedance docílujeme sériovým zařazením etalonového odporu. Kalibrovaným přístrojem je např. měřidlo vnitřního odporu sítě.

Hledaná výstupní veličina, odpor elektrické sítě R , je funkcí vstupních veličin, nulové impedance kalibrátoru Z a etalonového odporu R_N .

$$R = Z + R_N \quad [\Omega; \Omega, \Omega]$$

Schéma zapojení:



Obrázek č. 1: Kalibruje se měřidlo vnitřního odporu sítě (Profitest 0100S) kalibrační bod 0,55 Ω.

14.1.1 Stanovení nejistoty typu A:

V oblasti méně přesných měření bývá často údaj stabilní a nejistotu typu A nevyhodnocujeme.

V oblasti měření s velkými výkony a velkými proudy, často bývá doba měření omezena z důvodů možného přehřátí etalonu nebo kalibrovaného zařízení. V tomto případě provádíme měření v určité době po zapnutí například 10 sekund a tuto dobu udáme do podmínek měření v kalibračním listě a

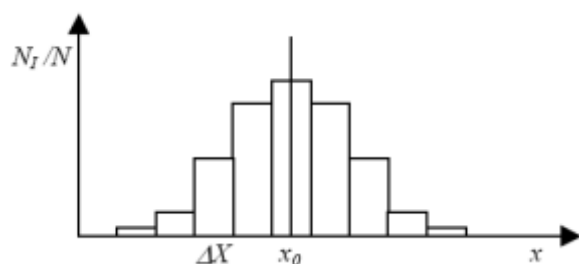
měření také už vícekrát neopakujeme. Pokud měření chceme opakovat, musíme vyčkat, až odezní vliv zahřátí při minulém měření velkého příkonu.

Níže uvedený postup pro stanovení nejistoty typu A lze použít tehdy, pokud bylo měření několikrát opakováno za stejných podmínek (včetně rozpojení a nového zapojení obvodu). Pokud bylo měření provedeno s dostatečným rozlišením, může být pozorovatelné rozptýlení získaných hodnot.

Tabulka naměřených a vypočtených hodnot:

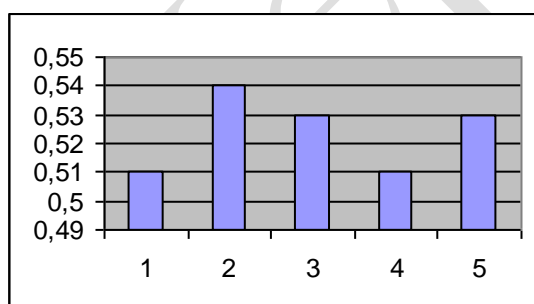
pořadové číslo měření	R_{x_i} Ω	$(R_{x_i}) - \bar{R}_x$	$(R_{x_i} - \bar{R}_x)^2$
1	0,51	- 0,014	0,000196
2	0,54	0,016	0,000256
3	0,53	0,006	0,000036
4	0,51	- 0,014	0,000196
5	0,53	0,006	0,000036
Σ	2,62	0	0,000720

Výsledky opakovaného měření mají co nejvíce odpovídat normálnímu rozložení, viz obr. č. 2



Obrázek č. 2: Rozložení výsledků opakovaných měření (příklad)

Každá odchylka od tohoto rozložení signalizuje problém při měření. Zejména sledujeme, zda měření nemá systematickou složku driftu, která by ukazovala, že proces není ustálen. Pro uvedený příklad ukazuje graf, že systematická složka driftu je zanedbatelná a je tedy možné hodnocení nejistoty typu A.



Obrázek č. 3: Rozložení výsledků měření podle příkladu

Odhad R_x hodnoty měřené veličiny je dán aritmetickým průměrem jednotlivých naměřených hodnot R_{x_i} :

$$\bar{R}_x = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n R_{x_i} = \frac{2,62}{5} = 0,524 \Omega.$$

Výběrová směrodatná odchylka:

$$s(R_x) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (R_{xi} - \bar{R}_x)^2}$$

$$= \sqrt{\frac{0,00072}{4}} = \sqrt{0,00018} \cong 0,0134 \Omega.$$

Výběrová směrodatná odchylka průměru je pak:

$$s(\bar{R}_x) = \frac{s(R_x)}{\sqrt{n}} = \frac{0,0134}{\sqrt{5}} \cong \frac{0,0134}{2,236} \cong 0,006 \Omega$$

Standardní nejistota $u(R_x)$ odhadu R_x je pak rovna výše uvedené experimentální směrodatné odchylce průměru:

$$u(R_x) = s(\bar{R}_x) \cong 0,6 \cdot 10^{-2} \Omega$$

Pokud je počet opakovaných měření menší než 10, tento vzorec by vedl k podhodnocení vlivu nejistoty. V tomto případě je hodnota standardní nejistoty $u(R_x)$ stanovena dle článku 3.2.2. (b) dokumentu EA 4/02.

14.1.2 Stanovení nejistoty typu B:

14.1.2.1 Vliv teploty.

Relativní teplotní koeficient kalibrátoru i sériově zařazeného etalonového odporu nemusíme uvažovat, neboť kalibrace byla provedena v pracovním rozsahu teplot, tj. $23 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$. Tento prvek nejistoty je tak malý, ve srovnání s ostatními, že na výslednou hodnotu nejistoty nemá prakticky žádný vliv (viz bod 5.2 povolené doby měření) proto jej můžeme zanedbat.

14.1.2.2 Nejistota navázání etalonu nulové impedance δZ

Kalibrátor nulové impedance má ve svém kalibračním listě uvedenou naměřenou hodnotu včetně nejistoty měření. Uvedena rozšířená nejistota U je pro $k = 2$ a normální rozdělení.

Standardní nejistotu u_z určíme pomocí vztahu:

z kalibračního listu $U = 0,006 \Omega$,

$$u_z = \frac{U}{2} = \frac{0,006}{2} = 0,003 \Omega$$

14.1.2.3 Nejistota navázání etalonového odporu $0,5 \Omega$

z kalibračního listu $U_R = 0,5\%$ po přepočtu na Ω , $k = 2$, normální rozdělení:

$$U_R = 0,0025 \Omega$$

$$u_N = \frac{U_R}{2} = \frac{0,0025}{2} = 0,00125 \Omega$$

14.1.2.4 Vliv chyby odečítání hodnoty

Každý měřicí přístroj má konečnou rozlišovací schopnost, jejíž vliv se podílí na výsledné celkové nejistotě. Standardní nejistota u_R má rovnoměrné pravděpodobnostní rozdělení a její velikost určíme pomocí vztahu:

$$u_R = \frac{b}{\sqrt{3}},$$

Kde:

$b = 1/4$ nejmenšího dílku stupnice u analogového měřidla a

$b = 1$ digit, poslední platná číslice displeje u číslicového měřidla
(u Profitestu 0100S při měření R_1 0,01 Ω).

$$u_R = \frac{b}{\sqrt{3}} = \frac{0,01}{\sqrt{3}} \cong 0,0058 \Omega$$

14.1.3 Určení citlivostních koeficientů c_i

Příspěvek ke standardní nejistotě $u_i(y)$ odhadu y výstupní veličiny je přímo úměrný standardní nejistotě odhadu x_i vstupní veličiny.

$$u_i(y) = c_i \cdot u(x_i)$$

Koeficient citlivosti c_i popisuje, do jaké míry je odhad výstupní hodnoty y ovlivňován změnami v odhadu x_i vstupní veličiny X_i . Citlivostní koeficienty zjistíme jako parciální derivace funkce f dle vstupní veličiny X_i pro odhad její hodnoty x_i .

$$c_i = \frac{\partial f}{\partial x_i} = \frac{\partial f}{\partial X_i} \Big|_{X_1=x_1, \dots, X_N=x_N}$$

V našem případě je funkce f dána vztahem:

$$R_x = Z + R_N,$$

Koeficient citlivosti c_i potom jsou:

$$c_1, c_2, c_3 = 1.$$

14.1.4 Přehled nejistot:

Veličina	Odhad	Standardní nejistota $u(x_i) \Omega$	Pravděpodobnostní rozdělení	Citlivostní koeficient c_i	Příspěvek k nejistotě $u_i(y) \Omega$
R_x	R_x	$u(R_x)$	normální	1	$u(R_x)$
δZ	Z	u_Z	normální	1	u_Z
δR_N	R_N	u_N	normální	1	u_N
δR_R	0	u_R	rovnoměrné	1	u_R
R	R_x	Kombinovaná	standardní nejistota		$u(R)$

14.1.4.1 Kombinovaná standardní nejistota $u(R)$ odhadu R :

$$\begin{aligned}
 u(R) &= \sqrt{u(R_x)^2 + u_Z^2 + u_N^2 + u_R^2} = \\
 &= \sqrt{(0,6 \cdot 10^{-2})^2 + (0,3 \cdot 10^{-2})^2 + (0,125 \cdot 10^{-2})^2 + (0,58 \cdot 10^{-2})^2} = \\
 &= \sqrt{(0,36 + 0,09 + 0,0156 + 0,3364) \cdot 10^{-4}} = \sqrt{0,802 \cdot 10^{-4}} = 0,89 \cdot 10^{-2} \cong 0,009 \Omega
 \end{aligned}$$

14.1.4.2 Rozšířená nejistota měření:

Rozšířená nejistota měření U se stanoví vynásobením celkové standardní nejistoty koeficientem rozšíření k :

$$U = k \cdot u(R) = 2 \cdot 0,009 = \pm 0,018 \Omega$$

V případě, kdy lze usuzovat na normální (Gaussovo) rozdělení měřené veličiny a kdy celková standardní nejistota je stanovena s dostatečnou spolehlivostí, je třeba použít standardní koeficient rozšíření $k = 2$. Takto stanovená rozšířená nejistota odpovídá pravděpodobnosti pokrytí asi 95%.

14.1.4.3 Uvádění nejistoty v kalibračním listu:

Výsledek (odhadovaná hodnota skutečné hodnoty):

$$R = R_x \pm 2 \cdot u(R) = R_x \pm U.$$

Nejistota měření vnitřního odporu sítě v kalibrovaném bodě 0,55 Ω je $\pm 0,018 \Omega$.

Dodatečná poznámka, vždy uváděná k výsledku měření musí mít následující formu:

Uvedená rozšířená nejistota měření je součinem standardní nejistoty měření a koeficientu k , který odpovídá pravděpodobnosti pokrytí přibližně 95 %. Standardní nejistota měření byla určena v souladu s dokumentem EA-4/02.

15 Validace

Kalibrační metody podléhají validaci v souladu s normou ČSN EN ISO/IEC 17 025 čl. 5.4.

Změny proti předchozímu vydání

Tento kalibrační postup byl revidován s přihlédnutím k novým metrologickým předpisům a normám a podle připomínek uživatelů. Dále byl doplněn o postup při stanovení nejistoty měření při kalibraci a údaj o validaci použité metody. Rovněž byl doplněn o přílohy jejichž účelem je rozšířit některé informace uvedené v postupu.

Upozornění

Tento kalibrační postup byl zpracován a posouzen v rámci úkolu programu rozvoje metrologie, řešeného pro Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví pod číslem VII/2/16. Vzhledem k tomu nesmí být rozmnožován ani předáván jiným organizacím bez souhlasu ČMS. Kalibrační postup je třeba považovat za vzorový. Doporučuje se organizaci, aby jej přizpůsobila svým požadavkům s ohledem na své metrologické vybavení a konkrétní podmínky.

16 Přílohy

Příloha 1 - Kalibrátory revizních přístrojů

Vzhledem k charakteru měření a tomu, že se pracuje i s napětím sítě, je nanejvýše žádoucí, aby byla kalibrace provedena profesionálně. K tomu velmi pomohou speciální kalibrátory. Sortiment speciálních kalibrátorů, nabízených ve světě je velmi omezený. Jsou to prakticky pouze dva typy, Transmille 3200A a MEATEST 5320A (Fluke 5320A).

Transmille 3200A

http://www.transmillecalibration.com/3200_Electrical_Calibrator_p/3200.htm#6



Umožňuje kalibraci základních veličin revizních přístrojů, včetně odporu poruchové smyčky. Pro měření odporu poruchové smyčky pouze slučuje měřič odporu sítě a sadu odporů, jedná se tedy o sofistikovanou verzi „kalibrované sítě zásuvky, jak ji používají laboratoře, které nemají lepší vybavení“. Nejnižší nastavitelný odpor je vždy vyšší než je odpor sítě (L – N). Transmille 3200 i s doplňkem AUTOLOOP option pouze změří odpor sítě (včetně odporu přívodní šňůry, vnitřních elektrických obvodů kalibrátoru a přechodového odporu mezi síťovou zásuvkou a zástrčkou) a tuto hodnotu pojme jako nejnižší možnou a k ní potom umí přidávat několik diskretních odporů. Základní přesnost měření je (podle výrobce) $\pm 18 \text{ m}\Omega$.

MEATEST 5320A, Fluke 5320A

<http://www.meatest.cz/produkty-5320a-kalibrator-reviznich-pristroju-detail-129>



V základním provedení pracuje přístroj podobně jako Transmille 3200A, a tedy nejnižší nastavitelná hodnota odporu poruchové smyčky je vždy vyšší než odpor sítě, ke které je kalibrátor připojený. Kalibrátor MEATEST 5320A existuje také v provedení **5320A/VLC**, tedy nejen s měřením odporu sítě, ale i s kompenzací tohoto odporu. Kalibrátor v tomto provedení tedy nejprve změří odpor sítě, nastaví vnitřní kompenzaci tak, aby při vlastní kalibraci byla tato hodnota fyzicky odečítána od výstupního napětí na svorkách kalibrátoru. Výsledkem je tedy unikátní možnost kalibrace odporu

ru poruchové smyčky od hodnot blízkých nule. Jistou nevýhodou je, že stejná hodnota kompenzace je odečítána až do dalšího měření, přičemž není bráno v úvahu kolísání vnitřního odporu sítě.

Typ 5320A je univerzální multifunkční kalibrátor, určený ke kalibracím jak kombinovaných revizních přístrojů pro elektrická zařízení, revizních přístrojů elektrických instalací budov, HIPOT testerů, tak i jednoúčelových testerů bezpečnosti, jako jsou měřiče proudových chráničů, měřiče impedance ochranné smyčky, ochranného propojení, zemního odporu a mnoha dalších.

Přístroj integruje v jednom celku následující funkce:

- **nízkoohmovou nízkovýkonovou dekádu** s rozsahem 0,1 Ω až 10 k Ω , určenou ke kalibracím ohmmetrů, měřičů zemního odporu,
- **nízkoohmovou výkonovou dekádu** s rozsahem 25 m Ω až 1,8 k Ω , ke kalibracím odporu zemní smyčky, odporu ochranného propojení, impedance fáze,
- **vysokoohmovou dekádu** s rozsahem 10 k Ω až 100 G Ω (s násobičem odporu do 10 T Ω), určenou ke kalibracím megaohmmetrů a měřičů izolačního odporu,
- **etalonový simulátor proudového chrániče** s rozsahem vypínací citlivosti od 3 mA do 3 A a s nastavitelným časem vypnutí 10 ms až 5 s, určeným ke kalibracím funkce testování proudových chráničů,
- **etalonový zdroj impedance ochranné smyčky** s rozsahem 0 m Ω až 1,8 k Ω , doplněný funkcí snímání a kompenzace residuální impedance v místě připojení,
- **etalonový zdroj unikajícího proudu** s rozsahem 100 μ A až 30 mA ke kalibracím dotykového, náhradního, rozdílového a aktivního proudu,
- **AC/DC napěťový kalibrátor 0,1%** s rozsahem výstupního napětí 3 až 600 V v pásmu kmitočtů do 400 Hz,
- **AC/DC multimetr** s napěťovými rozsahy do 1000 V a proudovými rozsahy do 30 A doplněný externími sondami s možností měření AC/DC napětí do 10 kV, resp. 40 kV a s výpočtem zdánlivého výkonu.

Příloha 2 - Příklad kalibrovaných měřidel a měřených parametrů

Příklad kalibrace přístroje Profitest 0100S

Profitest 0100S je typ univerzálního měřicího přístroje pro revize elektrických sítí. Pro kalibraci je zpracována kalibrační tabulka. Jednotlivé parametry se kalibrují v rozsahu uvedeném v této kalibrační tabulce. Postup je v souladu s návodem k obsluze. Návaznosti měření jednotlivých veličin jsou uvedeny v příslušných metodikách kalibrace.

Popis kalibračních bodů (viz tabulka "záznam o měření" - zpracuje kalibrační laboratoř):

- střídavé napětí U_{LN} , U_{LPE} , U_{LL} – parametr je kontrolován v rozsahu napětí, 100 V až 400 V a frekvence v rozsahu 20 Hz až 400 Hz,
- odpor vypínací smyčky R_{schl} a vnitřní odpor sítě R_i – parametr je kontrolován v rozsahu 0,2 Ω až 9 Ω ,
- odpor uzemnění R_E – parametr je kontrolován v rozsahu 0,2 k Ω až 10 k Ω ,
- izolační odpor stanoviště Z_{st} , izolační odpor podlahy a stěn R_{st} – parametr je kontrolován v rozsahu 10 k Ω až 900 k Ω ,
- izolační odpor R_{ISO} – parametr je kontrolován v rozsahu 50 k Ω až 100 M Ω ,
- přechodový odpor R_{LO} – parametr je kontrolován v rozsahu 0,1 Ω až 20 Ω ,
- dotykové napětí chrániče U_{IAN} – parametr je kontrolován v rozsahu 5 V až 70 V,
- čas vybavení chrániče t_A – parametr je kontrolován v rozsahu 17 ms až 230 ms,
- vybavovací proud chrániče $I_{\Delta N}$ – parametr je kontrolován v rozsahu 10 mA až 500 mA.

Kontrola parametrů chráničů U_{IAN} , t_A a $I_{\Delta N}$ je prováděna pro chrániče o jmenovité hodnotě $I_{\Delta N}$ 10 mA, 30 mA, 100 mA, 300 mA a 500 mA.

Příklad kalibrace měřicího přístroje PU 184

Měřicí přístroj PU 184 je typ univerzálního měřicího přístroje pro revize elektrických předmětů. Pro kalibraci je zpracována kalibrační tabulka. Jednotlivé parametry se kalibrují v rozsahu uvedeném v této kalibrační tabulce. Postup je v souladu s návodem k obsluze. Návaznost a nejistoty měření jednotlivých veličin jsou uvedeny v příslušných metodikách kalibrace.

Popis kalibrační tabulky:

- odpor ochranného vodiče – parametr je kontrolován v rozsahu (0 až 20) Ω ,
- nepřítomnost napětí – parametr je kontrolován v rozsahu (0 až 2) mA,
- unikající proud – parametr je kontrolován v rozsahu (0 až 20) mA,
- izolační odpor – parametr je kontrolován v rozsahu (0 až 20) M Ω ,
- síťové napětí – parametr je kontrolován v rozsahu U_{st} (180 až 250) V,
- proud spotřebiče – parametr je kontrolován v rozsahu (0 až 16) A.

Příloha 3 - Všeobecné poznámky ke kalibracím

Zdravotní a bezpečnostní předpisy vyžadují, aby elektrické rozvody i spotřebiče byly bezpečné a udržovány tak, aby se zabránilo poškození a nebezpečí pracovníkům. Evropská směrnice o nízkém napětí upravuje výrobu nebo dovoz elektrických spotřebičů. Shoda se toto musí být deklarována a indikováno na displeji značky CE na výrobku. Odpovědnost za to nese výrobce nebo dovozce. Přenosné přístroje pro revize spotřebičů jsou známy jako "PAT", což je název, který známe ze Spojeného království.

Elektrická zařízení se již před uvedením do provozu musí vyzkoušet a prověřit, během svého provozu pak nechat podrobit pravidelným kontrolám a revizím. Provozování elektrických zařízení upravuje například norma ČSN 33 1500, která stanovuje lhůty revizí podle prostředí nebo druhu prostoru. Povinnost provádět revize určuje zákon č. 458/2000 Sb. (tzv. energetický zákon). Tuto činnost zajišťuje revizní technik na základě získaného oprávnění Technické inspekce České republiky. Prohlídkou, **kontrolním měřením** a přezkoušením celkového stavu ověřuje bezpečný a bezporuchový provoz elektrického zařízení. Ke každé revizi se vystaví *revizní zpráva*, kde se zohlední veškeré provedené činnosti při revizi, zjištěné závady a závěrem takové zprávy je, že elektrické zařízení je způsobilé bezpečného provozu. Výchozí revize se provádí vždy před uvedením nových elektrických zařízení do provozu nebo po jejich rekonstrukci, pravidelná revize v pravidelných intervalech dle lhůt stanovených v ČSN 33 1500 a mimořádná revize například při uzavírání nových smluv s dodavatelem elektrické energie. Revizní přístroj je důležitý, aby mohla revize proběhnout.

Revizní zpráva uvádí **soupis použitých měřicích přístrojů** a související údaje jako je číslo kalibračního listu a stanovení chyby měření (ČSN EN 33 2000–6–61, odd. 612).

Kalibrační technik, který pracuje pro revizního technika, musí být vyškolen a sledovat konkrétní stav a požadavky norem pro revize.

Požadavky na rozsah a provedení kalibrací by se měly plánovitě podrobně probrat a aktualizovat vždy podle potřeby, například v rámci školení k vyhlášce č. 50.

Optimální je, pokud v laboratoři je pracovník s kvalifikací revizního technika a ten kalibrace provádí nebo na ně dohlíží.

Příloha 4 – Poznámky pro elektrická zařízení, sítě, parametry a měření.

Elektrická zařízení a rozvody energie zná lidstvo jen o něco více než jedno století, ale prostupují a ovlivňují celý náš život. Revizní přístroje a jejich kalibrace jsou jen malou částí problematiky, ale velmi důležitou, protože na ní závisí život nás všech. Kalibraci revizních přístrojů je třeba dělat s největší odpovědností a se znalostmi souvislostí.

Od vzniku elektrických sítí se předpokládá směr toku elektrické energie jedním směrem, zvětšovaly se výkony elektráren, zdokonalovala se vybavení. Vše bylo budováno pro dosažení nejvyšší účinnosti centralizované výroby a přenosu energie. V poslední dekádě na principu „udržitelnosti rozvoje“ dochází k zásadní koncepční změně charakterizované decentralizací výroby elektrické energie a rozvojem nových principů výroby elektřiny: vítr, fotovoltaika. Vychází se ze záměru, že z hlediska rozvoje společnosti je nejlépe vyrábět elektřinu v místě její spotřeby, pokud je to možné a je snaha najít, jak akumulovat přebytky (například když vítr moc fouká).

V důsledku decentralizace výroby elektrické energie je třeba měnit nejen výstavbu a uspořádání elektrických sítí, ale i řídicí postupy včetně měřících metod. To vše vede k potřebě vyšší úrovně měření výroby a spotřeby elektrické energie. Elektrické sítě v ČR jsou budovány jako trojfázové se jmenovitým kmitočtem 50 Hz a fázovým posuvem 120° mezi fázovými napětími. Elektrické sítě se liší připojením středního vodiče N (neutrál) k zemnicí soustavě – PE. Výčet elektrických parametrů vychází z informací standardu ČSN EN 61557-12 vztahujícího se na zařízení pro měření a monitorování elektrických parametrů PMD. Měřicí metody jednotlivých elektrických parametrů kvality napětí vychází ze standardů ČSN EN 61000-4-30, ed.2 „Metody měření kvality energie“. Speciálním napětím v elektrických sítích ČR je napětí signálu hromadného dálkového ovládání – HDO (mains signaling voltage on the supply voltage). U nás se k řízení spotřeby elektřiny používá dvoustavově amplitudově modulovaný signál většinou o kmitočtu 216 2/3 Hz. Dále se používají kmitočty: 283 Hz, 425 Hz, 760 Hz a 1060 Hz. Poruchy na napětí v síti se vyskytují v pásmu do 10 MHz a vyznačují se strmým nárůstem a pozvolnějším poklesem exponenciálního tvaru. Referenční tvary vln jsou 10/1000 μs, 8/20 μs a 12/50 μs. Jednotná metoda měření ještě není stanovena, ale revizní přístroje by takové poruchy měly „přežít“. Flikr je další parametr, se kterým se setkáváme a je popsán v ČSN EN 61000-4-15 a je charakterizován opakovaným působením změny světelného toku vláknové žárovky o výkonu 60 W na oko pozorovatele, způsobeným opakovanými změnami napětí vyskytujícími se v dovozených tolerancích ±10 % U_{jm} a může ovlivnit i měření. Jednorázové a neperiodické změny napětí v dovozeném tolerančním pásmu se v návrzích nových standardů označují jako rychlé změny napětí.

Příklad: malá poznámka - když kalibrační laboratoř uvede nejistotu referenční teploty 2°C, pak reviznímu technikovi, který měří odpory vodičů přidala kalibrační laboratoř nejistotou referenční teploty 2°C složku k nejistotě měření téměř 0,8 %, protože teplotní závislost pro měděné vodiče je cca 0,4 %/°C.

Příloha 5 - CMC a revizní přístroje

ILAC-P14:01/2013 Politika ILAC pro nejistoty při kalibraci ILAC Policy for Uncertainty in Calibration: Překlad ČIA - duben 2013 uvádí v bodě 5.4, že Kalibrační laboratoře musí doložit, že jsou schopny poskytnout zákazníkům kalibraci v souladu s článkem 5.1 b) tak, aby se nejistoty měření rovnaly nejistotám zahrnutým do CMC. Při vyjádření CMC musí laboratoře vzít v úvahu vlastnosti „nejlepšího existujícího zařízení“, které je pro danou kategorii kalibrací k dispozici.

- Touto formulací vzniká otázka, zda jsou revizní přístroje kategorií kalibrací. Jedno možné stanovisko je, že jde o veličiny měřené i pro jiné přístroje, a že tedy není nutné je uvádět samostatně,

- druhé možné stanovisko je, že revizní přístroje mají tolik speciálních vlastností, že je vhodné je uvádět samostatně.

Příklad některých CMC pro revizní přístroje:

Veličina	Rozsah	Nejistota	Poznámka
Revizní přístroje			
Vypínací čas proudových chráničů	10 ms až 5 s	0,05 %	
Izolační odpor	10 k Ω až 1 M Ω 1 M Ω až 10 M Ω 10 M Ω až 1 G Ω 1 G Ω až 10 G Ω 10 G Ω až 100 G Ω	0,3 % 0,4 % 0,7 % 1,5 % 1,7 %	pro $U = 500V$ až $U = 1500V$
Impedance elektrických rozvodů	25 m Ω 50 m Ω 100 m Ω 330 m Ω 500 m Ω 1 Ω 1,8 Ω 5 Ω 10 Ω 18 Ω 50 Ω 100 Ω 180 Ω 500 Ω 1 k Ω 1,8 k Ω	7,0 m Ω 7,0 m Ω 7,9 m Ω 8,0 m Ω 9,6 m Ω 13 m Ω 22 m Ω 40 m Ω 78 m Ω 0,13 Ω 0,40 Ω 0,65 Ω 1,3 Ω 3,3 Ω 6,5 Ω 13 Ω	

Další příklady lze nalézt na stránkách kalibračních schopností akreditovaných laboratoří.