



**Česká metrologická společnost**

**Novotného lávka 5, 116 68 Praha 1**

tel/fax: 221 082 254

e-mail: cms-zk@csvts.cz

www.csvtc.cz/cms

**Kalibrační postup**

**KP 4.1.2/11/13**

**ANALOGOVÝ STŘÍDAVÝ WATTMETR**

**Praha**  
Říjen 2013

**Revize** tohoto vzorového kalibračního postupu byla zpracována a financována ÚNMZ v rámci Plánu standardizace – Program rozvoje metrologie

**Číslo úkolu:** VII/2/13

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

**Řešitel:** Česká metrologická společnost

**Zpracoval:** Ing. Vladimír Vilhelm

© ÚNMZ, ČMS

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

## 1 Předmět kalibrace

Tento kalibrační postup se vztahuje na kalibraci přímopůsobících ukazovacích střídavých analogových wattmetrů s maximálním rozsahem 600 V, 10 A, s frekvenčním rozsahem (30 až 300) Hz a třídou přesnosti od 0,05 výše.

## 2 Související normy a metrologické předpisy

TNI 01 0115	Mezinárodní metrologický slovník – Základní a všeobecné pojmy a přidružené termíny (VIM)	[1]
ČSN EN 60051-1	Elektrické měřicí přístroje přímopůsobící ukazovací analogové a jejich příslušenství - Část 1: Definice a všeobecné požadavky společné pro všechny části	[2]
ČSN IEC 51-3	Elektrické měřicí přístroje přímopůsobící ukazovací analogové a jejich příslušenství. Část 3: Speciální požadavky pro wattmetry a varmetry	[3]
ČSN IEC 51-8	Elektrické měřicí přístroje přímopůsobící ukazovací analogové a jejich příslušenství. Část 8: Speciální požadavky pro příslušenství	[4]
ČSN IEC 51-9	Elektrické měřicí přístroje přímopůsobící ukazovací analogové a jejich příslušenství. Část 9: Doporučené zkušební metody	[5]
ČSN 99 2162	Ampérmetre, voltmetre, wattmetre, varmetre. Metódy skúšania na úradné overovanie (zrušená)	[6]
ČSN EN 61010-1 ed. 2	Bezpečnostní požadavky na elektrická měřicí, řídicí a laboratorní zařízení - Část 1: Všeobecné požadavky	[7]
ČSN EN ISO 10012	Systémy managementu měření - Požadavky na procesy měření a měřicí vybavení	[8]
ČSN EN ISO/IEC 17025	Posuzování shody - Všeobecné požadavky na způsobilost zkušebních a kalibračních laboratoří	[9]
EA 4/02	Vyjadřování nejistot při kalibracích	[10]

## 3 Kvalifikace pracovníků provádějící kalibraci

Kvalifikace pracovníků provádějících kalibraci voltmetrů je dána v příslušném předpisu organizace. Dále musí být příslušní pracovníci seznámeni s tímto kalibračním postupem a předpisy.

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

Pracovníci provádějící kalibraci elektrických měřidel musí být osobami znalými s vyšší kvalifikací nejlépe podle § 6 pro samostatnou činnost ve smyslu vyhlášky ČUBP č. 50/78 Sb.

## 4 Názvosloví, definice

Názvosloví a definice jsou obsaženy v příslušných normách (viz čl. 2), zejména v TNI 01 0115 a v publikacích věnovaných metrologické terminologii.

Definice týkající se konstrukčních vlastností měřicích přístrojů, jejich charakteristických vlastností a charakteristických hodnot, chyb a změn údajů, přesnosti, třídy přesnosti a značek elektrických měřicích přístrojů přímopůsobících ukazovacích analogových jsou zakotveny v ČSN EN 60051 - 1 Část 1: Definice a všeobecné požadavky společné pro všechny části a v ČSN IEC 51 - 3 Část 3: Speciální požadavky pro wattmetry a varmetry.

## 5 Prostředky potřebné ke kalibraci

### 5.1 Při kalibraci lze použít některý z následujících etalonů:

5.1.1 Kalibrátor výkonu střídavého proudu s napětovým rozsahem do 600 V, proudovým rozsahem do 10 A, frekvenčním rozsahem 50 Hz až 300 Hz, možností měnit účinník od -1 do +1 a dovolenou základní chybou  $\pm(0,01 \text{ \% až } 0,5 \text{ \%})$

5.1.2 Pro wattmetry se systémem měřicím jak stejnosměrný, tak střídavý proud je možné použít dva nezávislé zdroje - kalibrátor stejnosměrného napětí s rozsahem (0 až 600) V a kalibrátor stejnosměrného proudu s rozsahem (0 až 10) A, u kterých druhá odmocnina součtu kvadrátů jejich základních chyb nepřesáhne hodnotu (0,01 až 0,5) %.

Největší dovolená základní chyba etalonového kalibrátoru musí být v každém zkoušeném bodě minimálně čtyřikrát menší než je dovolená základní chyba kalibrovaného wattmetru.

Etalonový kalibrátor musí mít možnost nastavení takového počtu číslic, aby umožňoval provádět odečet hodnot s rozlišením minimálně jedné pětiny třídy přesnosti kalibrovaného wattmetru.

#### *Doporučené typy:*

Jednofázový kalibrátor výkonu střídavého proudu Rotek, model 8000 s napětovým rozsahem 1 V až 700 V, proudovým rozsahem 0,001 A až 10 A, frekvenčním rozsahem 25 Hz až 1000 Hz a s dovolenou základní chybou od  $\pm 0,01 \text{ \%}$  výše.

Jednofázový kalibrátor výkonu střídavého proudu Rotek, model 800A s napětovým rozsahem 10 V až 749 V, proudovým rozsahem 0,011 A až 50 A, frekvenčním rozsahem 50 Hz, 60 Hz a 400 Hz a s dovolenou základní chybou od  $\pm 0,05 \text{ \%}$  výše.

Třífázový kalibrátor výkonu a energie střídavého proudu Meatest, typ M-103 s napětovým rozsahem 6 V až 240 V, proudovým rozsahem 0,1 A až 10 A, frekvenčním rozsahem 40 Hz až 400 Hz a s dovolenou základní chybou od  $\pm 0,08 \text{ \%}$  výše.

Kalibrátor Fluke, typ 5520A v režimu kalibrátoru jednofázového výkonu střídavého proudu s napětovým rozsahem 0,33 V až 1000 V, proudovým rozsahem 0,0033 A až 20 A, frekvenčním rozsahem (45 až 65) Hz a s dovolenou základní chybou od  $\pm 0,07 \text{ \%}$  výše.

Kalibrátor Fluke, typ 5101B jako DC napěťový zdroj s rozsahem (0 až 1100) V s dovolenou základní chybou  $\pm 0,006$  % a kalibrátor Fluke, typ 5101B s proudovým zesilovačem Fluke, typ 5220A jako DC proudový zdroj s rozsahem 10  $\mu$ A až 20 A a dovolenou základní chybou  $\pm 0,025$  %.

Volba kalibračního zařízení závisí na technické úrovni laboratoře.

## 5.2 Ke kalibraci jsou dále potřebné měřidla a pomocná měřicí zařízení:

- měřič izolačního odporu s měřícím rozsahem minimálně (0 až 5) M $\Omega$ ,
- výkonový vysokonapěťový zdroj stejnosměrného napětí (0 až 3) kV s výkonem minimálně 0,25 kVA a činitelem pulzace napětí maximálně 10 %,
- digitální teploměr s rozlišením 0,1 °C,
- vlhkoměr s měřícím rozsahem (0 až 100) % relativní vlhkosti,
- lupa se zvětšením min. 4x,
- čisticí prostředky.

Poznámka: všechna měřidla a pomocná měřicí zařízení uvedené v článku 5., musí být navázány na etalon vhodného rozsahu a přesnosti a musí mít platnou kalibraci.

## 6 Obecné podmínky kalibrace

Kalibrace wattmetrů se provádí za následujících referenčních podmínek:

- Teplota prostředí: (23  $\pm$  1) °C pro wattmetry třídy přesnosti 0,05 až 0,3 včetně, (23  $\pm$  2) °C pro wattmetry třídy přesnosti 0,5 a horší,
- Relativní vlhkost vzduchu : (40 až 60) %RH,
- Poloha : stanovená schématickou značkou na wattmetru  $\pm 1^\circ$ ,
- Činitel výkyvu (crest factor) :  $\sqrt{2} \pm 0,05$  (pro měřené střídavé veličiny).

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

Kontrola okolní teploty se provádí digitálním teploměrem s rozlišením 0,1 °C.

Pro kontrolu vlhkosti se použije vlhkoměr pro měření relativní vlhkosti s rozsahem (0 až 100) %RH.

Před zahájením kalibrace je třeba provést kontrolu vodorovné polohy pracovní desky, na které se budou wattmetry kalibrovat. Plocha, na níž je zkoušený wattmetr po dobu kalibrace umístěn, musí být zabezpečena proti chvění.

## 7 Rozsah kalibrace

### 7.1 Při prvotní kalibraci wattmetru se provádějí následující zkoušky:

- Vnější prohlídka (metodika čl. 9.2)
- Zkouška provozuschopnosti (metodika čl. 9.3)
- Zkouška elektrické pevnosti (metodika čl. 9.4)

- Zkouška izolačního odporu (metodika čl. 9.5)
- Zkouška základní chyby, hysterezní chyby a zbytkové odchylky ukazovatele od nulové značky (metodika čl. 9.6)

#### 7.2 Při recalibraci wattmetru se provádějí následující zkoušky:

- Vnější prohlídka (metodika čl. 9.2)
- Zkouška provozuschopnosti (metodika čl. 9.3)
- Zkouška základní chyby, hysterezní chyby a zbytkové odchylky ukazovatele od nulové značky (metodika čl. 9.6)

### 8 Kontrola dodávky a příprava ke kalibraci

Při přebírání přístroje ke kalibraci odpovědný pracovník metrologického pracoviště posoudí, zda typ, výrobní číslo a příslušenství dodaného přístroje odpovídá údajům uvedeným na objednávce nebo dodacím listu, provede přezkoumání požadavku (upřesnění rozsahu a způsobu provedení požadovaného metrologického výkonu dle ČSN EN ISO/IEC 17025, čl. 4.4). Současně provede jeho předběžnou kontrolu, spočívající ve vnější prohlídce přístroje.

#### 8.1 Příprava přístroje ke kalibraci

Před započítím zkoušení se musí vykonat tyto úkony :

- Kalibrovaný přístroj se umístí do prostředí s teplotou a vlhkostí vzduchu dle čl. 6 a ponechá se v něm po dobu nejméně 8 hodin. Pak se přemístí na zkušební pracoviště.
- Kalibrovaný přístroj se připraví na zkoušení v souladu s jeho technickou dokumentací.
- Před zahájením zkoušky musí být na wattmetru nastavena mechanická nula následujícím postupem:
  - a) na napěťové svorky wattmetru připojíme jmenovité napětí, proudové svorky jsou nezapojeny,
  - b) pohybujeme stavítkem mechanické nuly ve směru potřebném k přivedení ukazovatele na nulovou značku přístroje,
  - c) v průběhu posouvání ukazovatele ve směru zvoleném podle předchozí operace nastavíme ukazovatel na nulovou značku při poklepu na pouzdro přístroje; jakmile byl zvolen směr posouvání, již se nesmí měnit, dokud není ukazovatel na nulové značce,
  - d) po nastavení ukazovatele na nulovou značku se obrátí směr pohybu stavítka mechanické nuly a pohne se jím v mezích mechanické vůle (mrtvého chodu) tak, aby nedošlo ke změně polohy ukazovatele.

U wattmetrů třídy přesnosti 0,5 až 5 se nastavuje mechanická nula bezprostředně po připojení na jmenovité napětí při rozpojených proudových svorkách. U wattmetrů třídy přesnosti 0,05 až 0,2 se mechanická nula nastavuje po připojení na jmenovité napětí po stanovené době uvedené v dokumentaci. Není-li tato doba uvedena, nastavuje se mechanická nula bezprostředně po připojení na jmenovité napětí.

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

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

## 8.2 Vnější prohlídka

Zjišťuje se, zda:

- a) kryt wattmetru a kryt stupnice nejsou poškozeny,
- b) wattmetr je vybaven všemi součástkami a příslušenstvím potřebným ke zkoušení,
- c) stupnice wattmetru je zřetelná, zrcadlová část stupnice nemá slepá místa,
- d) všechny technické údaje o wattmetru uvedené na stupnici a jejím okolí jsou zřetelné a jsou v souladu s ČSN EN 60051 – 1.

## 8.3 Zkouška provozuschopnosti

Zjišťuje se, zda:

- a) připojovací svorky jsou spolehlivě upevněné,
- b) pohyb ukazovatele výchylky je plynulý při zvětšování a zmenšování proudu při daném napětí,
- c) přepínače a kolíčky měřicích rozsahů jsou funkční a mají správnou aretaci odpovídající zvolenému měřicímu rozsahu,
- d) jas a ostrost stopy světelného ukazovatele jsou dostatečné.

# 9 Postup kalibrace

## 9.1 Zkouška elektrické pevnosti izolace

- 9.1.1 Zkušební napětí se přiloží mezi všechny vzájemně spojené obvody přístroje a referenční zkušební zem připojenou k pomocnému obvodu, pokud je nějaký. Napětí se pozvolna a plynule zvyšuje na stanovenou hodnotu tak, aby nevznikaly zákrmitové jevy, a ponechá se na ní po dobu jedné minuty, pak se pozvolna snižuje na nulu. Během zkoušky nesmí dojít k průrazu nebo přeskoku.
- 9.1.2 Hodnota zkušebního napětí v kV je uváděna uvnitř hvězdy stupnice přístroje. Není-li takové číslo uvnitř hvězdy, pak je zkušební napětí 0,5 kV. Číslice "0" uvnitř hvězdy značí, že se zkouška neprovádí.
- 9.1.3 Elektrická pevnost izolace přístrojů se zkouší střídavým napětím sinusového průběhu o frekvenci 45 Hz až 65 Hz.
- 9.1.4 Zkouška elektrické pevnosti izolace se provádí jen při prvotní kalibraci přístroje a po opravě. Pokud nedošlo k jiné dohodě mezi výrobcem a zákazníkem, platí :
  - a) Přístroje, jejichž zkušební napětí nepřekračuje 2 kV, mohou být podrobeny nezbytnému počtu zkoušek, přičemž každá z nich se provádí při stoprocentním zkušebním napětí.
  - b) Pro přístroje, jejichž zkušební napětí je větší než 2 kV, jsou dovoleny dvě zkoušky (tj. jedno opakování), každá z nich při stoprocentním zkušebním napětí.

## 9.2 Zkouška izolačního odporu

- 9.2.1 Měřič izolačního odporu se připojí mezi všechny vzájemně spojené obvody přístroje a referenční zkušební zem. Pomocné obvody musí být připojeny k měřicím obvodům.
- 9.2.2 Měření izolačního odporu se provádí jednu minutu po přiložení stejnosměrného napětí cca 500 V.
- 9.2.3 Takto změřený izolační odpor nesmí být menší než 5 MΩ.
- 9.2.4 Zkouška izolačního odporu se provádí jen při prvotní kalibraci a po opravě.

## 9.3 Zkouška základní chyby, hysterezní chyby a zbytkové odchylky ukazovatele od nulové značky

- 9.3.1 Základní chyba a hysterezní chyba wattmetrů třídy přesnosti 0,05 - 0,1 - 0,2 se určuje na každé očíslované značce stupnice.
- 9.3.2 U wattmetrů třídy přesnosti 0,5 a méně přesných nebo u měřidel s rovnoměrnou stupnicí, která má více než 10 očíslovaných značek, se může základní a hysterezní chyba zkoušet jen na pěti očíslovaných značkách stupnice rovnoměrně rozložených v měřicím rozsahu.
- 9.3.3 Vícerozsahové wattmetry se zkoušejí na všech očíslovaných značkách stupnice jen na jednom měřicím rozsahu. Na ostatních měřicích rozsazích stačí prověřit dvě značky stupnice:

- a) očíslovanou značku stupnice odpovídající maximální hodnotě měřicího rozsahu,
- b) očíslovanou značku stupnice, na které byla zjištěna maximální chyba při zkoušení měřicího rozsahu na všech očíslovaných značkách.

Při zkoušce vícerozsahových wattmetrů se zkouší každý napěťový rozsah v kombinaci se všemi proudovými rozsahy, přičemž se vybere jeden základní rozsah pro napětí a proud. Všechny rozsahy wattmetru se zkoušejí s  $\cos \varphi$ , který je uveden na přístroji. Účinník musí být zpoždovací (induktivní) pro wattmetry s třídy přesnosti 0,5 a větší. Pro wattmetry s třídy přesnosti 0,3 a menší musí být prováděna zkouška s použitím obou, jak zpoždovacího účinníku, tak předbíhajícího (kapacitního) účinníku. Základní rozsah u wattmetru se navíc kontroluje při jmenovité hodnotě napětí a proudu a nulovém účinníku, kdy naměřená chyba nesmí překročit specifikovanou chybu danou výrobcem.

- 9.3.4 Wattmetry s více stupnicemi se musí zkoušet na každé stupnici podle zásad uvedených výše.
- 9.3.5 Wattmetry se systémem měřicím jak stejnosměrný, tak střídavý výkon třídy přesnosti 0,05 a 0,1 a sekundární etalony třídy přesnosti 0,05 až 0,5, zkouší-li se stejnosměrně, se musí zkoušet při obou polaritách stejnosměrného proudu (tedy 2x nahoru a 2x dolů). Ani jedna z hodnot chyb získaných ze čtyř měření nesmí překročit základní chybu měřidla. Je-li nutno stanovit korekce, určuje se základní chyba pro každou zkoušenou značku stupnice jako aritmetický průměr z těchto čtyř hodnot.

Wattmetry třídy přesnosti 0,2 až 5 a sekundární etalony třídy přesnosti 1 až 5 se mohou zkoušet pouze při jedné polaritě stejnosměrného proudu.

Etalonové wattmetry se zkoušejí při takovém druhu proudu a napětí, při kterém se používají (ss/stř). Při periodické kalibraci provozních elektrodynamických wattmetrů s frekvencí do 100 Hz je lze zkoušet pouze stejnosměrně.

- 9.3.6 Pracovní wattmetry se při střídavém proudu zkoušejí při vztažných hodnotách ( $f = 50$  Hz). Není-li vztažná frekvence uvedena, pak se zkouší při  $f = \sqrt{f_h \cdot f_d}$ ,



kde  $f_h$  je horní mez a  $f_d$  je dolní mez frekvenčního rozsahu.

Etalonové wattmetry se zkoušejí při  $f = 50$  Hz, dále při  $f = \sqrt{f_h \cdot f_d}$  a při horní mezi rozsahu frekvence. Neobsahuje-li vztažný rozsah frekvenci 50 Hz, je třeba zkoušet etalonový wattmetr i při dolní mezi frekvenčního rozsahu.

- 9.3.7 Trojfázové vícesystémové wattmetry se mohou zkoušet v jednofázovém zapojení, je-li to uvedeno v technické dokumentaci.
- 9.3.8 Bezprostředně před započítáním zkoušení se nastaví nulová poloha ukazovatele podle čl. 8.1. Wattmetr se připojí na takovou hodnotu napětí a proudu a po takovou dobu, které jsou uvedeny v jeho technické dokumentaci. Není-li čas temperace wattmetru při zatížení uveden, určuje se základní chyba ihned po jeho zapojení do obvodu.
- 9.3.9 Při zkoušce základní a hysterezní chyby se postupuje následovně:  
Na napěťové svorky wattmetru přivedeme jmenovitou hodnotu napětí a zadáme požadovaný fázový posuv mezi napětím a proudem. Připojíme proudové svorky a dostatečně pomalým zvyšováním hodnoty proudu nastavujeme ukazovatel postupně (bez překývnutí a bez poklepu na wattmetr nebo podložku) na prověřované dílky zkoušeného wattmetru, přičemž z etalonového kalibrátoru odečítáme konvenčně pravou (skutečnou) hodnotu.  
Po dosažení maximální hodnoty měřicího rozsahu zvýšíme proud na 120 % hodnoty odpovídající horní mezi měřicího rozsahu nebo na maximální výchylku (mechanický doraz) podle toho, co je menší. Za obdobných podmínek začneme pomalu snižovat hodnotu proudu tak, abychom přivedli ukazovatel postupně na stejné značky stupnice jako při postupném zvyšování. Skutečné hodnoty opět odečítáme z etalonového kalibrátoru.  
Poklepávat na přístroj během zkoušky za účelem dostavení ukazovatele na daný dílek je zakázáno. Dojde-li k překývnutí ručky nad (pod) zkoušený dílek, musí se nastavování opakovat od předcházejícího číslovaného dílku.
- 9.3.10 Základní chyba wattmetru  $\delta_0$  vyjádřená v procentech měřicího rozsahu se vypočítá ze vztahu:

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

kde:

$A_N$  - nastavená hodnota na kalibrovaném wattmetru

$A_S$  - odpovídající hodnota (skutečná) etalonového kalibrátoru

$A_M$  - maximální hodnota měřicího rozsahu

- 9.3.11 Na žádné zkoušené značce nesmí zjištěná chyba převyšovat hodnotu dovolené chyby zkoušeného wattmetru.
- 9.3.12 Mají-li se stanovit korekce, pak se základní chyba zkoušeného wattmetru určuje pro každou značku jako aritmetický průměr z chyb zjištěných při zvyšování a snižování proudu.
- 9.3.13 Hysterezní chyba údajů na zkoušené značce stupnice wattmetru se určuje jako absolutní hodnota rozdílu skutečných hodnot měřené veličiny na této značce získaných při plynulém zvyšování její velikosti a hodnoty při plynulém snižování její velikosti.  
Při dvou polaritách proudu se za hysterezní chybu považuje největší z nich.

U etalonových wattmetrů nesmí hysterezní chyba převyšovat polovinu dovolené základní chyby.

U pracovních wattmetrů nesmí hysterezní chyba převyšovat dovolenou základní chybu.

9.3.14 Zbytková odchylka ukazovatele od nulové značky se zjišťuje při plynulém zmenšování veličiny od maximální hodnoty rozsahu po nulu. U wattmetrů se zbytková hodnota určuje při jmenovitém napětí a plynulém zmenšování proudu.

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

$$\Delta l = \frac{K_n \cdot l}{100}$$

kde:  $K_n$  .... číslo označující třídu přesnosti  
 $l$  ..... délka stupnice v mm

Pro wattmetry odolné mechanickému působení, wattmetry malých rozměrů, wattmetry s úhlem stupnice větším než  $120^\circ$  a pro wattmetry třídy přesnosti 0,05, nesmí zbytková odchylka " $\Delta l$ " převýšit plnou hodnotu danou výše uvedeným vztahem.

## 10 Vyhodnocení kalibrace

### 10.1 Postup vyhodnocení

Vyhodnocení kalibrace se v kalibračních laboratořích provádí ručně nebo pomocí početní techniky.

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

### 10.2 Postup v případě neshody

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

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

## 11 Kalibrační list

### 11.1 Náležitosti kalibračního listu

Kalibrační list musí 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 označení wattmetru,
- e) datum přijetí wattmetru ke kalibraci, datum provedení kalibrace a datum vystavení kalibračního listu,
- f) určení specifikace uplatněné při kalibraci nebo označení kalibračního postupu (v tomto případě KP 4.1.2/11/13),
- 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 rozšířenou nejistotu měření, nebo prohlášení o shodě s určitou metrologickou specifikací,
- k) jméno pracovníka, který wattmetr kalibroval, jméno a podpis odpovědného (vedoucího) pracovníka, razítko kalibrační laboratoře.

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.

Pokud provádí kalibrační laboratoř kalibraci pro vlastní organizaci, může být kalibrační list zjednodušen, popř. vůbec nevystavován (výsledky kalibrace mohou být uvedeny např. v kalibrační kartě wattmetru nebo na vhodném nosiči, např. v elektronické paměti). I v tomto případě však musí kalibrační laboratoř archivovat záznam o měření s uvedenými měřeními hodnotami.

### 11.2 Protokolování

Originál kalibračního listu se předá zadavateli kalibrace. Kopii kalibračního listu si ponechá kalibrační laboratoř a archivuje ji po dobu minimálně pěti let zároveň se záznamem o měření. Doporučuje se archivovat záznamy o měření a kalibrační listy chronologicky. Výsledky kalibrace se mohou, v souladu s případnými podnikovými metrologickými dokumenty, zanášet do kalibrační karty měřidla nebo ukládat do vhodné elektronické paměti.

### 11.3 Umístění kalibrační značky

Po provedené kalibraci může kalibrační laboratoř označit kalibrovaný wattmetr kalibrační značkou, např. kalibračním štítkem. Pokud to není výslovně uvedeno v některém podnikovém metrologickém předpisu, nesmí kalibrační laboratoř uvádět na kalibrační štítek datum příští kalibrace.

## 12 Péče o kalibrační postup

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

Změny, popř. revize kalibračního postupu je oprávněn provádět jeho zpracovatel, změny schvaluje vedoucí zpracovatele (zpravidla 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			
úpravu schválil			

### 13.3 Revize

strana	popis změny	zpracoval	schválil	datum

## 14 Stanovení nejistoty měření (příklad výpočtu)

### 14.1 Zdroje a výpočet nejistoty typu A:

Průměrná hodnota: 
$$\bar{V} = \frac{\sum V_i}{n}$$

Směrodatná odchylka: 
$$s_V = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum (V_i - \bar{V})^2}$$

$$\text{Odhad rozptylu: } s_x^2 = \frac{1}{n} s_V^2$$

$$\text{Nejistota typu A: } u_A = \sqrt{s_x^2}$$

#### 14.2 Zdroje a výpočet nejistoty typu B:

$U_{B1}$  – specifikace přesnosti etalonového měřidla; rovnoměrné rozdělení

$U_{B2}$  – nejistota kalibrace etalonu pro  $k=1$

$U_{B3}$  – čtení na stupnici s použitím lupy; rovnoměrné rozdělení

Ostatní zdroje nejistot jsou při dodržení podmínek zanedbatelné.

$$\text{Nejistota typu B: } u_B = \sqrt{\left(\frac{u_{B1}}{\sqrt{3}}\right)^2 + u_{B2}^2 + \left(\frac{u_{B3}}{\sqrt{3}}\right)^2}$$

$$\text{Kombinovaná nejistota: } u = \sqrt{u_A^2 + u_B^2}$$

$$\text{Rozšířená nejistota: } U_{k=2} = 2u$$

#### Příklad výpočtu:

Kalibrace střídavého wattmetru přesnosti 0,2; délky stupnice 150 dílků; porovnáním s etalonovým wattmetrem, kalibrace na maximální hodnotě rozsahu 150 V, 1 A.

Standardní nejistotu  $u_A$  určíme statistickým vyhodnocením souboru opakovaných měření. Z etalonového wattmetru je odečteno 10 hodnot střídavého elektrického výkonu. Z těchto hodnot ve vypočtena průměrná hodnota

$$\bar{V} = \frac{\sum V_i}{n} = 150,12 \text{ W}$$

a směrodatná odchylka

$$s_V = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum (V_i - \bar{V})^2} = 0,032 \%$$

Ze měrodatné odchylky je vypočtena nejistota typu A:

$$u_A = \sqrt{s_x^2} = \frac{s_V}{\sqrt{n}} = 0,01\%$$

Nejistoty typu B:

$u_{B1} = 0,065 \%$  - zjištěno z technické dokumentace etalonu

$u_{B2} = 0,015 \%$  - zjištěno z kalibračního listu etalonu

$u_{B3} = 0,03 \%$  - kvalifikovaný odhad ( stupnice podložena zrcátkem, čtení přes čtecí lupu se zvětšením 4x)

$$u_B = \sqrt{\left(\frac{u_{B1}}{\sqrt{3}}\right)^2 + u_{B2}^2 + \left(\frac{u_{B3}}{\sqrt{3}}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{0,065}{\sqrt{3}}\right)^2 + 0,015^2 + \left(\frac{0,03}{\sqrt{3}}\right)^2} = 0,044\%$$

$$u = \sqrt{u_A^2 + u_B^2} = \sqrt{0,01^2 + 0,044^2} = 0,045 \%$$

$$U_{k=2} = 2u = 2 \cdot 0,045 = 0,090 \%$$

Přehled nejistot:

Veličina	Odhad	Pravděpodob. rozdělení	Standardní nejistota	Citlivostní koeficient	Příspěvek k nejistotě
$u_A$	0,01 %	normální	0,01 %	1	0,01 %
$u_{B1}$	0,065 %	rovnoměrné	0,038 %	1	0,038 %
$u_{B2}$	0,015 %	normální	0,015 %	1	0,015 %
$u_{B3}$	0,03 %	rovnoměrné	0,017 %	1	0,017 %
$\bar{V}$	150,12 W				<b>0,045 %</b>

Uvedená rozšířená nejistota měření je součinem kombinované standardní nejistoty měření a koeficientu rozšíření  $k = 2$ , což pro normální rozdělení odpovídá pravděpodobnosti pokrytí cca 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 17025 článek 5.4. Validace zpráva je uložena v archivu sekretariátu ČMS.

### Změny proti předchozímu vydání

Tento kalibrační postup byl upraven s přihlédnutím k novým metrologickým předpisům a normám a podle připomínek uživatelů. Dále byl doplněn o příklad stanovení nejistoty měření při kalibraci a validaci použité metody.

### Upozornění

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