



**Česká metrologická společnost, z.s.**

**Novotného lávka 5, 116 68 Praha 1**

tel/fax: 221 082 254

mail: cms-zk@csvts.cz

www.csvts.cz/cms

**Kalibrační postup**

**VKP 4.1.2/02/24**

**STEJNOSMĚRNÝ ANALOGOVÝ AMPÉRMETR**

**Praha**

Srpen 2024

**Vzorový kalibrační postup** byl zpracován a financován ÚNMZ v rámci Plánu standardizace – Program rozvoje metrologie 2024

Číslo úkolu: VII/2/24

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

**Řešitel:** Česká metrologická společnost, z.s.

© ÚNMZ, ČMS

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

## 1 Předmět kalibrace

Tento kalibrační postup se vztahuje na kalibraci přímopůsobících ukazovacích stejnosměrných analogových ampérmetrů s maximálním rozsahem 30 A, s třídou přesnosti 0,1 a horší.

## 2 Související normy a metrologické předpisy

TNI 01 0115	Mezinárodní metrologický slovník – Základní a všeobecné pojmy a přidružené termíny (VIM 3)	[L1]
ČSN EN 60051-1 ed.2	Elektrické měřicí přístroje přímopůsobící ukazovací analogové a jejich příslušenství – část 1: Definice a obecné požadavky společné pro všechny části	[L2]
ČSN EN IEC 60051-2	Elektrické měřicí přístroje přímopůsobící ukazovací analogové a jejich příslušenství – část 2: Zvláštní požadavky na ampérmetry a voltmetry	[L3]
ČSN EN IEC 60051-8	Elektrické měřicí přístroje přímopůsobící ukazovací analogové a jejich příslušenství – část 8: Zvláštní požadavky na příslušenství	[L4]
ČSN EN IEC 60051-9	Elektrické měřicí přístroje přímopůsobící ukazovací analogové a jejich příslušenství – část 9: Doporučené zkušební metody	[L5]
ČSN EN 61010-1ed.2	Bezpečnostní požadavky na elektrická měřicí, řídicí a laboratorní zařízení – část 1: Všeobecné požadavky	[L6]
ČSN EN ISO/IEC 17025	Všeobecné požadavky na kompetenci zkušebních a kalibračních laboratoří	[L7]
ČSN EN ISO 10012	Systémy managementu měření – Požadavky na procesy měření a měřicí vybavení	[L8]
EA-4/02 M:	Vyhodnocení nejistoty měření při kalibraci	[L9]
ILAC-G8:09/2019	Pokyny pro použití rozhodovacích pravidel a uvádění výroků o shodě	

## 3 Kvalifikace pracovníků provádějících kalibraci

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

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

Pracovníci provádějící kalibraci měřidel elektrických veličin osobami znalými pro samostatnou činnost / osobami znalými pro řízení činnosti ve smyslu zákona č. 250/2021 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 souboru norem ČSN EN 60051.

## 5 Měřidla a pomocná měřicí zařízení pro kalibraci

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

5.1.1 Kalibrátor stejnosměrného proudu s proudovým rozsahem (0 až 30) A a dovolenou základní chybou  $\pm (0,01 \text{ až } 1) \%$

5.1.2 Stejnoseměrný číslicový multimetr s proudovým rozsahem (0 až 30) A, napětovým rozsahem (0 až 2) V a dovolenou základní chybou  $\pm (0,01 \text{ až } 1) \%$

5.1.3 Odporové etalony s dovoleným proudem do 30 A a dovolenou chybou  $\pm 0,05 \%$

Největší dovolená základní chyba etalonových přístrojů musí být v každém zkoušeném bodě minimálně čtyřikrát menší, než je dovolená základní chyba kalibrovaného ampérmetru.

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

Etalonový přístroj musí mít možnost nastavení (zobrazení) takového počtu číslic, aby umožňoval provádět nastavení (odečet) hodnot s rozlišitelností minimálně jedné pětiny třídy přesnosti kalibrovaného ampérmetru.

*Doporučené typy:*

Kalibrátor typové řady 4700 firmy Datron doplněný proudovým zesilovačem typ 4600 firmy Datron s proudovým rozsahem (0 až 11) A dovolené chyby  $\pm 0,01 \%$

Kalibrátor typ 5101B firmy Fluke doplněný proudovým zesilovačem typ Y 5020 firmy FLUKE s proudovým rozsahem (0 až 20) A dovolené chyby  $\pm 0,04 \%$

Multifunkční kalibrátor Meatest M-140, (0 až 20) A,  $\pm (0,01 \%$  z hodnoty + 0,003 % z rozsahu)

Číslicový multimetr Agilent 34401A, (0 až 1000) V,  $\pm (0,02 \%$  z hodnoty + 0,005 % z rozsahu)

Číslicový multimetr Agilent 34410A, (0 až 1000) V,  $\pm (0,02 \%$  z hodnoty + 0,005 % z rozsahu)

### 5.2 Ke kalibraci jsou dále potřebné následující přístroje a pomůcky:

5.2.1 Teploměr s měřicím rozsahem minimálně 20 °C až 26 °C, dílek stupnice minimálně 0,1 °C

5.2.2 Vlhkoměr s měřicím rozsahem (0 až 100) % relativní vlhkosti

5.2.3 Lupa se zvětšením min. 4x

5.2.4 Čisticí prostředky

Poznámka: Všechna použitá měřidla a pomocná měřicí zařízení musí být navázána na etalon vhodného rozsahu a přesnosti a musí mít platnou kalibraci.

## 6 Obecné podmínky kalibrace – referenční podmínky

Kalibrace ampérmetrů se provádí za následujících referenčních podmínek:

Teplota prostředí:  $23 \text{ °C} \pm 1 \text{ °C}$  pro ampérmetry třídy přesnosti 0,1 až 0,3 včetně  
 $23 \text{ °C} \pm 2 \text{ °C}$  pro ampérmetry třídy přesnosti 0,5 a horší

Vlhkost vzduchu:	40 % až 60 %	relativní vlhkosti
Zvlnění měřeného proudu:	< 1 %	pro ampérmetry třídy přesnosti 0,1 až 0,3 včetně
	< 3 %	pro ampérmetry třídy přesnosti 0,5 a horší

## 7 Rozsah kalibrace

Při kalibraci měřidla se postupuje následovně:

- a) provést částečnou kalibraci přístroje podle čl. 7.1 tohoto kalibračního postupu pro zjištění, zda je potřeba provést justování přístroje
  - b) provést justování přístroje podle dokumentace výrobce, pokud je potřeba
  - c) po justování provést kompletní kalibraci podle čl. 7.1
  - d) zaznamenávat výsledky kalibrace před i po justování přístroje, které se uvádí do kalibračních listů
- Tento kalibrační postup pojednává jen o kalibraci přístroje a nezabývá se jeho justováním.

7.1 Při kalibraci přístroje se provádějí následující zkoušky:

7.1.1 Vnější prohlídka (metodika čl. 9.2)

7.1.2 Kontrola provozuschopnosti (metodika čl. 9.3)

7.1.3 Zkouška základní chyby, hysterezní chyby a zbytkové odchylky ukazovatele od nulové značky (metodika čl. 9.4)

## 8. Předběžná kontrola ampérmetru

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. Současně provede jeho předběžnou kontrolu, spočívající ve vnější prohlídce přístroje.

## 9. Postup kalibrace

### 9.1 Příprava přístroje ke kalibraci

Před započítím zkoušení 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 8 hodin. Pak se přemístí na zkušební pracoviště.
- 9.1.2 Je-li na přístroji dohodnutý znak (šipka) udávající jeho polohu v zemském magnetickém poli, nastaví se přístroj tak, aby byla šipka ve směru magnetického poledníku.
- 9.1.3 Kalibrovaný přístroj se připraví na zkoušení v souladu s jeho technickou dokumentací.
- 9.1.4 Před zahájením zkoušky musí být na ampérmetru odpojeném od všech napájecích zdrojů pomocí stavítka mechanické nuly nastaven ukazovatel na nulovou značku nebo na příslušnou kontrolní značku následujícím postupem:
  - pohybujeme stavítkem mechanické nuly ve směru potřebném k přivedení ukazovatele na nulovou značku přístroje
  - 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
  - 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

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

- 9.1.5 Jsou-li výrobcem specifikovány zkušební vodiče, musejí být tyto vodiče pro 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:

- a) kryt ampérmetru a kryt stupnice nejsou poškozeny
- b) ampérmetr je vybaven všemi součástkami a příslušenstvím potřebným ke zkoušení
- c) stupnice ampérmetru je zřetelná, zrcadlová část stupnice nemá slepá místa
- d) všechny technické údaje o ampérmetru uvedené na stupnici a jejím okolí jsou zřetelné a jsou v souladu s ČSN EN 60051-1 ed.2

## 9.3 Zkouška provozuschopnosti

Zjišťuje se, zda:

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

## 9.4 Zkouška základní chyby a zbytkové odchylky ukazovatele od nulové značky

- 9.4.1 Základní chyba ampérmetrů třídy přesnosti 0,2 a lepší se určuje na každé očíslované značce stupnice.
- 9.4.2 U ampérmetrů třídy přesnosti 0,5 a méně přesných nebo u měřidel s rovnoměrnou stupnicí, která má více jak 10 očíslovaných značek, se může základní chyba zkoušet jen na pěti očíslovaných značkách stupnice rovnoměrně rozložených v měřicím rozsahu.
- 9.4.3 Vícerozsahové ampérmetry 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
- 9.4.4 Ampérmetry s více stupnicemi se musí zkoušet na každé stupnici podle zásad uvedených výše.
- 9.4.5 Ampérmetry s nulou stupnice uprostřed se zkoušejí na všech očíslovaných značkách na levé i pravé části stupnice.
- 9.4.6 Kalibrovaný ampérmetr se připojí na takovou hodnotu proudu po takovou dobu, které jsou uvedeny v jeho technické dokumentaci. Není-li čas temperace ampérmetru při zatížení uveden, určuje se základní chyba ihned po jeho zapojení do obvodu.
- 9.4.7 Bezprostředně před započítáním zkoušení se nastaví nulová poloha ukazovatele podle čl. 9.1.4.
- 9.4.8 Při zkoušce základní chyby se postupuje následovně:
  - dostatečně pomalým zvyšováním hodnoty proudu nastavujeme ukazovatel výchylky postupně (bez překývnutí a bez poklepu na ampérmetr nebo podložku) na každou zkoušenou značku ampérmetru
  - na etalonovém přístroji připojeném sériově ke zkoušenému ampérmetru 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 výchylky postupně na stejné značky stupnice jako při postupném zvyšování a skutečné hodnoty opět odečítáme z etalonového přístroje
  - poklepávat na přístroj během zkoušky za účelem dostavení ukazatele na daný dílek je zakázáno - dojde-li k překývnutí ručky nad (pod) zkoušený dílek, musí se nastavování opakovat od předcházejícího číslovaného dílku.
- 9.4.9 Základní chyba ampérmetru  $\delta_0$  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 ampérmetru  
 $A_S$  - odpovídající hodnota (skutečná) etalonového přístroje  
 $A_M$  - maximální hodnota měřicího rozsahu

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

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

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

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

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

## 10 Vyhodnocení kalibrace

Nastavené hodnoty proudu, jim odpovídající hodnoty etalonového přístroje a chyby zjištěné na jednotlivých značkách stupnice kalibrovaných měřicích rozsahů jsou uvedeny v kalibračním listu. Zjištěné chyby se porovnávají s dovolenými chybami. Vyhodnocení ostatních bodů je uvedeno v kapitole 9.

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

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

Poznámka:

Symbody pro značení přístrojů a jejich příslušenství jsou uvedeny v ČSN EN 60 051-1, tab. 6.

Prohlášení o shodě s metrologickou specifikací

Prohlášení o shodě se provádí v souladu s rozhodovacím pravidlem, které je v souladu s dokumentem ILAC G08:09/2019 a, o kterém je žadatel informován.

## 11 Kalibrační list

Výsledky měření by měly být uváděny v souladu s normou ČSN EN ISO 17025 a jejího článku 7.8 – Uvádění výsledků. Jednou z forem je 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 ampérmetru,
- e) datum přijetí ampérmetru ke kalibraci (nepovinné), datum provedení kalibrace a datum vystavení kalibračního listu,
- f) určení specifikace uplatněné při kalibraci nebo označení kalibračního postupu (v tomto případě KP 4.1.2/02/24),
- g) podmínky, za nichž byla kalibrace provedena (hodnoty ovlivňujících veličin apod.),
- h) měřidla použitá při kalibraci,
- i) obecné vyjádření o návaznosti výsledků měření (etalony použité při kalibraci),
- j) výsledky měření a s nimi spjatou rozšířenou nejistotu měření a/nebo prohlášení o shodě s určitou metrologickou specifikací,
- k) jméno pracovníka, který měřidlo kalibroval, jméno a podpis odpovědného (vedoucího) pracovníka, razítko kalibrační laboratoře.

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

Pokud provádí kalibrační, resp. metrologická laboratoř kalibraci pro vlastní organizaci, může být kalibrační list zjednodušen, případně vůbec nevystavován (výsledky kalibrace mohou být uvedeny např. v kalibrační kartě měřidla nebo na vhodném nosiči, popř. v elektronické paměti). V tomto případě je vhodné kalibrační laboratoř zpracovala záznam o měření (s uvedenými měřeními hodnotami) a archivovat jej.

## 11.2 Protokolování

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

## 11.3 Umístění kalibrační značky

Po provedení kalibrace může kalibrační laboratoř označit kalibrované měřidlo kalibrační značkou, popř. kalibračním štítkem nejčastěji s uvedením čísla kalibračního listu, datem provedení kalibrace, případně s logem laboratoře. Pokud to není výslovně uvedeno v některém interním podnikovém metrologickém předpisu nebo kupní smlouvě se zákazníkem, nesmí kalibrační laboratoř uvádět na svém kalibračním štítku datum příští kalibrace, protože stanovení kalibrační lhůty měřidla je právem a povinností uživatele.

## 12 Péče o kalibrační postup

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

Změny, popř. revize kalibračního postupu provádí jeho zpracovatel. Změny schvaluje vedoucí zpracovatele



(vedoucí kalibrační laboratoře nebo metrolog organizace).

### 13 Rozdělovník, úprava a schválení, revize

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

#### 13.1 Rozdělovník

Kalibrační postup		Převzal		
Výtisk číslo	Obdrží útvar	Jméno	Podpis	Datum

#### 13.2 Úprava a schválení

Kalibrační postup	Jméno	Podpis	Datum
Upravil			
Úpravu schválil			

#### 13.3 Revize

Strana	Popis změny	Zpracoval	Schválil	Datum

### 14 Stanovení nejistoty měření při kalibraci (příklad)

#### 14.1 Výchozí údaje

Zvolená metoda: porovnání údaje ampérmetru s nastaveným proudem na kalibrátoru

Použité měřidlo:

*pracovní měřidlo:* analogový stejnosměrný ampérmetr PsLL  
měřicí rozsah 1,5 A , konstanta 10 mA/dílek  
třída přesnosti 0,2

*etalon:* kalibrátor FLUKE 5100B - zdroj stejnosměrného proudu

rozšířená nejistota  $U = 0,24 \text{ mA}$ ,  $k = 2$

Referenční podmínky : teplota v laboratoři 23 °C  
vlhkost menší než 75 %

Naměřené hodnoty: v každém bodě kalibrace bylo provedeno 5 měření,

směrodatná odchylka z těchto měření je  $s_x = 0,56 \text{ mA}$

### 14.2 Model měření: přímé měření

### 14.3 Stanovení rozšířené nejistoty:

Standardní nejistota A: z opakovaných měření

$$u_A = s_x / \sqrt{5} = 0,56 / \sqrt{5} = 0,25 \text{ mA}$$

Standardní nejistota B :

zdroje nejistot a jejich maximální hodnoty, popř. standardní nejistoty:

$z_1$  - rozšířená nejistota kalibrátoru (etalonu)  $U = 0,24 \text{ mA}$ ,  $k = 2$

$z_2$  - čtení na stupnici ampérmetru  $\Delta_{z2\max} = \pm 1 \text{ mA}$

Zdroj nejistot $z_j$	$\Delta_{zj\max}$	odhad rozdělení	nejistota $u_{zj}' = \Delta_{zj\max} / \theta$	citl.koeficient $c_{zj}$	$u_{zj} = c_{zj} u_{zj}'$
$z_1$		normální	$u_{z1} = U/2 = 0,12 \text{ mA}$	$c_{z1} = 1$	$u_{z1} = 0,12 \text{ mA}$
$z_2$	2 mA	rovnoměrné $\theta = \sqrt{3}$	$u_{z2} = 1 / \sqrt{3} = 0,578 \text{ mA}$	$c_{z2} = 1$	$u_{z2} = 0,578 \text{ mA}$

celková standardní nejistota typu B :

$$u_B = \sqrt{c_{z1}^2 \cdot u_{z1}^2 + c_{z2}^2 \cdot u_{z2}^2} = \dots = \sqrt{0,12^2 + 0,578^2} = 0,59 \text{ mA}$$

kombinovaná nejistota:

$$u = \sqrt{u_A^2 + u_B^2} = \sqrt{0,25^2 + 0,59^2} = 0,64 \text{ mA}$$

rozšířená nejistota (za předpokladu normálního rozdělení a 95 %)  $k = 2$  :

$$U = 2 \cdot 0,64 = 1,28 \approx 1,3 \text{ mA}$$

## 15 Validace

Kalibrační metody podléhají validaci v souladu s normou ČSN EN ISO/IEC 17025 čl. 7.2. Validační zpráva je uložena v archivu sekretariátu ČMS.

### Upozornění

Kalibrační postup je třeba považovat za vzorový. Doporučuje se, aby její 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).