

Jak pochopit vyjadřování nejistoty měření spojené s metrologií elektrických veličin

doc. Ing. Jiří Horský, CSc., Dr. Ing. Pavel Horský

Úvod

Pravidelné kalibrace elektronických měřicích přístrojů a systémů jsou nutné nejen vzhledem k obecným požadavkům na návaznost měření, ale také vzhledem k velkému počtu a širokému sortimentu součástek použitých v zapojení elektronických zařízení, které mohou ovlivnit jejich parametry. Konzistentních výsledků a důvěry ve vykazované hodnoty měření lze dosáhnout jen s patřičným ohledem na všechny příspěvky k nejistotě měření. Tento článek vysvětluje problematiku uživatelům kalibrací, kteří pracují s výsledky kalibrací zadaných externě, i pracovníkům v profesionální laboratoři, která začíná vyhodnocovat možné zdroje nejistoty a učí se, jak formulovat nejistoty měření. Podrobněji je problematika popsána v literatuře [1] a starší [2], požadavky na kalibrační laboratoř jsou uvedeny v [6].

Základní pojmy

Přesnost je kvalitativní vyjádření blízkosti výsledků měření od pravé hodnoty. Vysoká přesnost udává schopnost opakování měření v úzkém rozmezí.

Rozlišení jsou nejmenší změny, které mohou být detekovány. Obecně při měření moderními přístroji je to nyní nejmenší přírůstek, který lze zobrazit, obvykle poslední dígit (správněji $\pm 0,5$ digitu).

Nejistota je kvantitativní pojem, který představuje rozsah hodnot, v němž mohou ležet skutečné, ale nepoznatelné (pravé) hodnoty.

Návaznost je schopnost propojit jednotlivé výsledky měření nepřerušeným řetězcem porovnání na národní etalony nebo mezinárodně uznávané systémy měření přes nepřerušovaný řetězec porovnání.

Podrobněji je názvosloví popsáno v literatuře [11].

Požadavky na důkladnou analýzu měření v kalibrační laboratoři

Stabilní prostředí. Před tím, než laboratoř začne hodnotit složky nejistoty měření nebo stabilitu kalibračního systému, musí být shromážděny údaje pro účely zjištění, zda je systém stabilní. Tyto údaje mohou být jednoduché, jako je sledování okolního prostředí pomocí teploty a relativní vlhkosti, nebo komplexní, jako je opakované měření a sledování vlastností měřicích systémů v rámci jejich hodnocení.

Školení zaměstnanců. Je nutné u všech pracovníků, kteří vykonávají měření i vyhodnocují shromážděné údaje. K tomu by měli být všichni řádně vyškoleni a mělo by být vyhodnoceno jejich chápání úkolů, které jim byly přiděleny.

Návaznost etalonů. Všechny etalony používané ke kalibraci musí mít metrologickou návaznost na vyšší etalony.

Stanovení nejistoty. Všechny možné zdroje nejistoty by měly být zváženy, počínaje kolísáním napětí střídavé napájecí sítě a konče všemi nestabilitami měřicích systémů. Zdroje nejistoty, jako jsou různé možné zdroje ruše-

Chyby měření

Měření je ovlivněno mnoha zdroji chyb, z nichž některé mohou zvětšit, ale jiné mohou zmenšit naměřenou hodnotu. Cílem jakékoliv metrologické laboratoře je, aby tyto chyby byly malé; ale nemohou být nikdy sníženy na nulu. Úkolem pro všechny kalibrační laboratoře je zjistit množství těchto chyb a jak velké mohou být. Měření jsou ovlivněna třemi typy chyb: chyby náhodné, systematické a hrubé.

Náhodné chyby se tvoří z neznámých nebo nepoznaných příčin a jsou zjistitelné jen při opakovaných měřeních se stabilním a konzistentním (bezesporným) nastavením měřicí techniky. Tento typ chyby bude mít za následek, že čtení při opakovaném měření nejsou vždy stejná. Není-li vliv způsobující chybu zřejmý, chyba spadá do kategorie náhodných chyb.

Poznámka: Náhodné chyby nelze kvantifikovat bez stabilního prostředí a konzistentní měřicí techniky!

Systematické chyby se týkají zařízení používaných v procesu měření nebo vnějších vlivů na zařízení. Příklady zahrnují: vlivy a účinky zatížení, termonapětí, drift, svodové proudy, vnější rušení a šum.

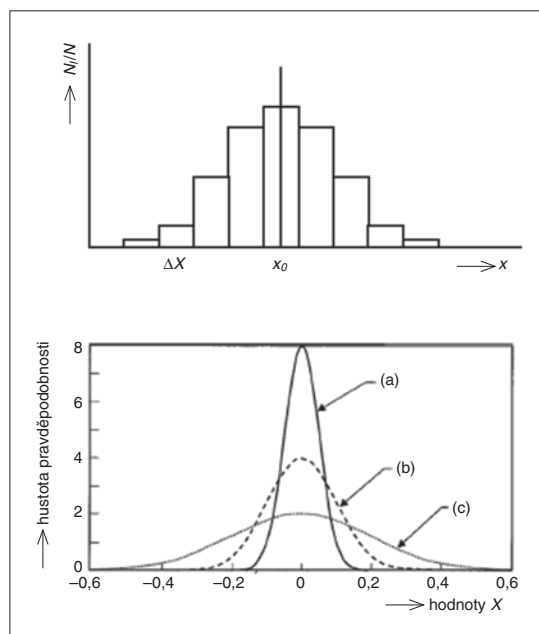
Hrubé chyby jsou způsobeny lidmi a mohou být odstraněny přísně kontrolovanou prací s odpovídajícím školením. Příklady hrubé chyby zahrnují: chybný výklad výsledků, nesprávné úpravy, špatný přístroj používaný pro dané měření, chyby v záznamu údaje a výpočetní chyby. Všem těmto chybám se lze vyhnout řádným

vyškolením pracovníků a pozorností k detailům při práci.

Nejistota měření

Nejistota ve výsledcích měření může být ovlivněna mnoha faktory. Hlavní a většinou významné z nich bývají tyto:

Referenční etalony a měřicí zařízení: nejistota jejich kalibrace, dlouhodobý drift, rozlišení, vliv elektromagnetického rušení, citlivost ke změnám během přepravy a manipulace.



Obr. 1. Při opakovaném měření má výskyt naměřených hodnot v grafu tvar blízký normálnímu rozložení; čím je měření přesnější, tím je graf rozložení užší; vpravo je křivka (a) pro přesnější měření než na (b) a (c)

ní, např. rušení po napájecí síti nebo z vnějších elektromagnetických polí, mohou být zanedbány teprve tehdy, až se prokáže, že nejistota vzniklá jejich vlivem je zanedbatelná.

Specifikace jsou nejčastějším zdrojem údajů pro stanovení nejistot. Musí však být řádně zváženy a zkontrolovány při kalibraci. Výrobce pro specifikaci uvádí úroveň pravděpodobnosti jen výjimečně. Jestliže výrobce neuvedl úroveň pravděpodobnosti, mělo by se předpokládat obdélníkové rozdělení.

Podrobněji jsou požadavky na kalibrační laboratoř popsány v [6].

Nastavení parametrů měření: kabely, stínění, ohřev a doba ohřevu, termonapětí, měřící sondy.

Postup měření: doba měření, počet měření, klimatizace, stav etalonů a zařízení.

Podmínky prostředí: teplota, kolísání teploty, vlhkosti vzduchu, elektromagnetické vlivy, přechodové jevy v napájení.

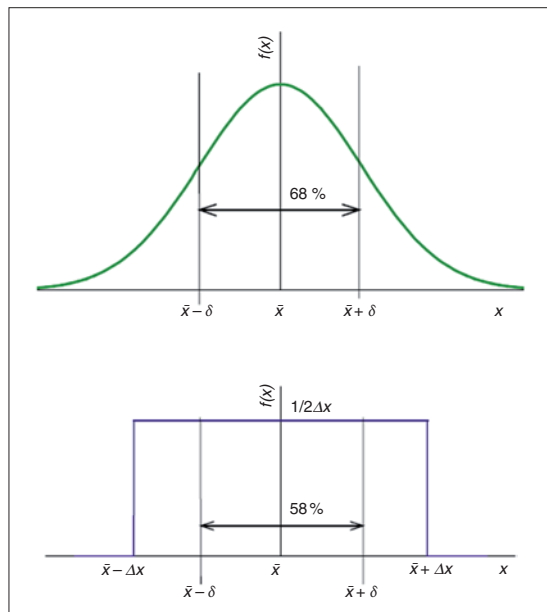
Hodnocení nejistoty

Metoda hodnocení nejistoty typu A je metoda hodnocení nejistoty měření statistickou analýzou série měření. Například stanovení standardní odchylky série měření.

Metoda hodnocení nejistoty typu B je metoda hodnocení nejistoty měření jiným způsobem než statistickou analýzou série pozorování. Příkladem by mohla být výrobce zveřejněná specifikace pro přístroj. Podrobněji je problematika popsána v [2], [4], [5].

Metody určování nejistoty

Zveřejněné specifikace jsou nejčastějším zdrojem nejistoty údajů používaných v komerčních kalibračních laboratořích. Tato metoda je nevhodnější pro laboratoře, které vykonávají pouze *jednoduché měření*.



Obr. 2. Nejdůležitější je normální rozdělení, vyskytující se ve většině měření v praxi, a rovnoměrné rozdělení, používané často ve specifikacích pro své jasně určené hranice

Jednoduché měření může být definováno jako jakékoliv vyhodnocení, které je provedeno v rozsahu specifikace použitého etalonu. Tato metoda stanovení je považována za nejistotu typu B.

Statistické metody vyžadují vykonání mnoha měření ve stanoveném časovém období. Tyto metody jsou nejvíce robustní a jsou vhodné pro všechny laboratoře, které vyžadují, aby byla důvěra v jejich nejistoty měření vysoká. Jde o nejistotu typu A.

Rozložení pravděpodobnosti spojené s nejistotou měření

Výsledek měření je uvnitř určitého intervalu hodnot. Tento interval může mít různý tvar, který popisuje rozdělení nejistoty měření typu B. Poslední informace, které jsou potřebné k určení standardní nejistoty, je rozdělení nejistoty typu B. Existují čtyři základní typy rozložení:

- normální rozložení,
- obdélníkové rozložení,
- trojúhelníkové rozložení,
- rozložení tvaru U.

Normální rozložení (obr. 1 a obr. 2) je obvykle spojeno s nejistotou typu A, dělitel je jedna.

Obdélníkové rozložení se používá tam, kde je rovná pravděpodobnost měření vyskytující se v závazných limitech specifikací. Tento typ rozložení je obvykle spojen se specifikacemi výrobce. Dokument *Guide to the expression of Uncertainty in Measurement* (GUM; [2]) doporučuje použít obdélníkové rozložení, není-li rozdělení podrobněji známo. Předpoklad obdélníkového rozložení umožní laboratoři chybovat na konzervativní straně, tedy uvést nejistotu větší, než je skutečná. Je-li třeba převést specifikace na obdélníkové rozložení typu B, pro stanovení nejistoty se dělí specifikace druhou odmocninou ze tří, a tím se dojde ke standardní nejistotě.

Trojúhelníkové rozdělení a rozdělení tvaru U nebude v tomto článku probíráno, protože vyžaduje dobré pochopení statistických metod, což je nad rámec tohoto dokumentu a v praxi je méně časté.

Výpočet nejistoty

V procesu stanovování nejistoty musí být brány v úvahu složky způsobené vlivem všech nejdůležitějších příspěvků k nejistotě měření. Poté, co jsou definovány všechny příspěvky nejistoty, je třeba je převést na standardní nejistotu. GUM poskytuje korekční faktory pro nenormální rozdělení (tab. 1). Například specifikace podle výrobce multimetru pro měření 100 V je udána jako ±0,5 V. Je-li třeba převést toto obdélníkové rozdělení na standardní nejistotu, je nutné dělit 0,5 V druhou odmocninou ze tří (1,7321) a pro standardní nejistotu se získá 0,289 V.

Tab. 1. Přepočítací koeficienty pro různá rozložení

Rozdělení	Dělit odmocninou z	Dělitel
obdélníkové	3	1,732
trojúhelníkové	6	2,449 5
tvaru U	2	1,414 2

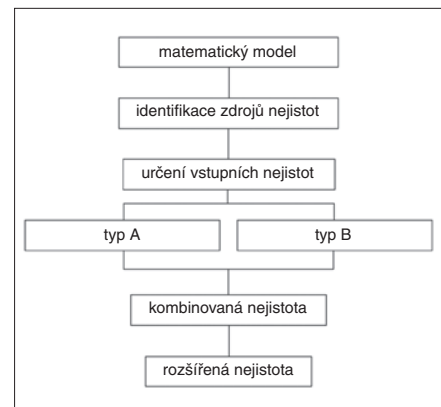
Kombinovaná nejistota

Poté, co byly všechny příspěvky nejistoty převedeny na standardní nejistoty, musí být standardní nejistoty převedeny na jednotnou měrnou jednotku. Posledním krokem výpočtu nejistoty je jejich součet. Každá ze standardních složek se umocní na druhou a všechny komponenty se sečtou. Odmocnina výsledku je brána jako celková standardní nejistota.

Vzorec pro sčítání nejistot, např. U_1 až U_3 je:

$$U = \sqrt{U_1^2 + U_2^2 + U_3^2} \quad (1)$$

Rozšířená nejistota se získá vynásobením výsledné hodnoty U faktorem pro úroveň pravděpodobnosti 95 %, který je v převážné většině případů dvě ($k = 2$). Tato rozšířená nejistota je uvedena v nejistotě výsledku.



Obr. 3. Postup stanovení nejistot

Dokumentace

Je důležité, aby všechny kroky použité k získání konečné hodnoty nejistoty byly zdokumentovány. Tento dokument může být tak jednoduchý, jako je tabulka popisující všechny složky nejistoty. Akreditovaná laboratoř takový dokument musí mít pro stanovení svých možností, vyjádřených jako kalibrační schopnosti CMC (dříve nazývané BMC), přestože v normě pro akreditaci kalibračních laboratoř (IEC 17025) to není jmenovitě požadováno. Uvedená analýza by měla být pravidelně kontrolována v laboratoři v souvislosti se stavem zařízení, personálu a aktualizace postupů či jakýchkoliv jiných změn.

Vytvoření výpočtu nejistot

- Jednotlivé kroky výpočtu (obr. 3) jsou:
- popis modelu měření,
 - vytvoření seznamu všech možných příspěvků k nejistotě,
 - výběr jednotky (absolutní nebo relativní pro vyjádření složek),
 - definování velikosti složek nejistoty a jejich rozdělení pravděpodobnosti,
 - převedení složek na standardní nejistotu s použitím vhodných dělitelů,

Tab. 2. Vyhodnocení nejistoty

Symbol	Zdroj nejistoty	Hodnota ±	Rozdělení pravděpodobnosti	Dělitel	c_i	$u_i(R_x)$ ppm	v_i nebo v_{eff}
R_S	kalibrace etalonového rezistoru	0,5 ppm	normální	2	1	0,25	∞
δR_D	nekorigovaný drift od poslední kalibrace	0,5 ppm	pravoúhlé	$\sqrt{3}$	1	0,289	∞
Δt	vliv teploty	0,1 °C	pravoúhlé	$\sqrt{3}$	2,5 ppm/°C	0,144	∞
V_S	voltmetr na rezistoru R_S	0,2 ppm	pravoúhlé	$\sqrt{3}$	1	0,115	∞
V_X	voltmetr na rezistoru R_X	0,2 ppm	pravoúhlé	$\sqrt{3}$	1	0,115	∞
$u(V)$	opakovatelnost indikace	0,071 ppm	normální	1	1	0,071	4
$u_c(y)$	kombinovaná standardní nejistota		normální			0,445	>500
U	rozšířená nejistota		normální ($k = 2$)			0,891	>500

- součet složek pomocí součtu kvadrátů pod odmocninou (RSS),
- vytvoření rozšířené nejistoty násobkem podle rozložení (obvykle 2).

Příklad stanovení nejistoty kalibrace

Kalibrace etalonu odporu je velmi častou úlohou práce v kalibrační laboratoři.

Výpočet zde bude ukázán pro kalibraci etalonu odporu (rezistor) 10 k Ω , podle literatury [5].

Digitální voltmetr s velkým rozlišením je použit k měření napětí na etalonovém rezistoru R_S a na neznámém rezistoru R_X stejně nominální hodnoty jako etalon R_S (obr. 4). Oba sériově zapojené rezistory jsou napájeny ze stejného zdroje konstantního stejnosměrného proudu. Oba rezistory jsou ponořeny v teplotně kontrolované olejové lázni regulované na 23 °C. Hodnota odporu neznámého rezistoru R_X je vyjádřena podle (2)

$$R_X = (R_S + \delta R_D + (R_{TC} \cdot \Delta t) + s(\bar{V})) \cdot \frac{V_X}{V_S} \quad (2)$$

kde jsou:

R_S hodnota etalonu podle poslední kalibrace,

δR_D drift hodnoty etalonu od doby poslední kalibrace,

R_{TC} relativní hodnota teplotní závislosti etalonu,

Δt maximální odchylka teploty olejové lázně,

V_X napětí na R_X ,

V_S napětí na R_S ,

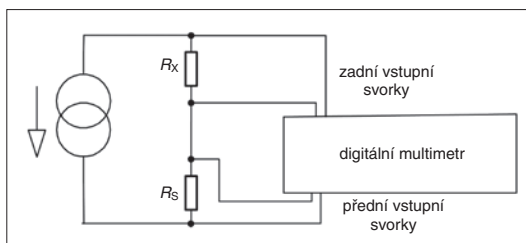
$s(V)$ opakovatelnost měření poměru V_X/V_S .

Kalibrační list etalonového rezistoru R_S uvádí hodnotu odporu s nejistotou 0,5 ppm s pravděpodobností pokrytí asi 95 % ($k = 2$).

Od doby kalibrace se hodnota etalonu mohla změnit. Směrnice driftu hodnoty etalonu se stanoví podle výsledků několika předchozích kalibrací. Byla provedena korekce na odhadnutý drift hodnoty R_S . Nejistota této korekce R_D byla stanovena v mezích 0,5 ppm.

Teplotní koeficient pro etalonový rezistor byl odvozen z grafu závislosti teploty odporu. Takovéto křivky jsou obvykle parabolického tvaru pro etalony vyrobené z manganinu, ale vzhledem k malému rozsahu kolísání teploty v lázni byla použita lineární aproximace a přiřazena hodnota 2,5 ppm/°C. Tato hodnota vstu-

puje do vyhodnocení nejistoty jako citlivostní koeficient. Teplotní koeficient kalibrovaného rezistoru není normálně zahrnut do vyhodnocení, neboť jde o neznámou veličinu. Proto jsou do výsledku zahrnuty podrobně popsané teplotní podmínky v době měření.



Obr. 4. Měření odporu porovnáním úbytků napětí

Záznamy z vyhodnocení charakteristiky lázně ukazují, že maximální teplotní odchylka od nastavené teploty nepřekročí hodnotu $\pm 0,1$ °C pro jakýkoliv bod lázně.

Stejný voltmetr byl použit k měření hodnot V_X a V_S a ačkoliv budou příspěvky nejistoty korelované, tento efekt nejistotu redukuje a je nutné pouze uvažovat relativní diferencí při odečítání voltmetru ve vztahu k linearitě a k rozlišení. Toto bylo vyhodnoceno v mezích $\pm 0,2$ ppm pro každý odečet. Ke každému odečtu je přiřazeno pravoúhlé rozdělení pravděpodobnosti.

Vyhodnocení složky nejistoty typu A

Bylo vykonáno pět měření pro zjištění odchylky poměru V_X/V_S .

Byly získány tyto výsledky: +1,0000104; +1,0000107; +1,0000106; +1,0000103; +1,0000105.

Od hodnoty jedna v ppm se tedy lišily o (+10,4; +10,7; +10,6; +10,3; +10,5) ppm, průměrná hodnota je 1,0000105, tj. +10,5 ppm nad poměr 1.

$$\bar{V} = +10,5 \text{ ppm}$$

a

$$s(\bar{V}) = \frac{0,158}{\sqrt{5}} = 0,0707 \text{ ppm}$$

Vyhodnocení nejistoty

K vyhodnocení se používá standardizovaný zápis do tabulky (tab. 2), ve které se uvedou všechny složky nejistoty a potřebné

údaje. V tomto článku není vysvětlena otázka stupňů volnosti, která nemá obvykle podstatný vliv na výsledek; čtenář může najít podrobnosti v [4] a [5].

Vyjádření výsledku

Naměřená hodnota odporu 10 k Ω měřením při 23 °C $\pm 0,1$ °C byla:

$$R_X = 10\,000,105 \, \Omega \pm 0,89 \text{ ppm.}$$

Výsledek zapsaný v kalibračním listě může mít tvar: $R_X = 10\,000,105 \, \Omega \pm 0,9$ ppm.

Měřeno při teplotě olejové lázně (23,0 $\pm 0,1$) °C a při proudu 10,000 mA ± 1 μ A.

V kalibračním listu se dále uvádí:

Uvedená rozšířená nejistota měření je součinem standardní nejistoty měření a koeficientu rozšíření $k = 2$, což pro normální rozdělení odpovídá pravděpodobnosti pokrytí asi 95 %. Standardní nejistota měření byla určena v souladu s dokumentem EA-4/02.

Poznámka: Podstatné je udání výsledku pro pravděpodobnost 95 % (koeficient rozšíření k v některých případech není 2, podrobněji viz příklady uvedené v literatuře [4]).

Zaokrouhlování

Zaokrouhlovat by se mělo pouze jednou – po dokončení všech výpočtů. Z tabulky příkladu výpočtu je zřejmé, že rozšířená nejistota je uváděna na jedno, nejvýše dvě desetinná místa. Uvedená rozšířená nejistota akreditované laboratoře nemůže být nižší, než bylo pro konkrétní etalony, jejich návaznosti a ostatní podmínky stanoveno při akreditaci.

Shrnutí

Existuje mnoho faktorů, jak brát v úvahu při vyjadřování nejistoty v metrologii elektrických veličin. Tento článek měl poskytnout pohled na některé techniky a problémy tohoto oboru a dát náměty ke kritickému procesu myšlení. Je jen stručným přehledem, který nemůže popsat všechny problémy metrologie elektrických veličin při kalibracích v praxi.

Literatura:

- [1] *Metrologie elektrických veličin*. Skripta ke kurzům Českého kalibračního sdružení, Brno, 2006.
- [2] *Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM)*. BIPM/IEC/IFCC/ISO/IUPAC/

- IUPAP/OIML, 1993 zavedena v ČSN P ENV 1305:2005 (01 4109) *Pokyn pro vyjadřování nejistoty měření*.
- [3] Fluke Corporation. *Kalibrace, filozofie v praxi*, druhé vydání. Everett, WA: Fluke Corporation, 1994.
- [4] EA – 4/02 *Vyjadřování nejistot měření při kalibracích*.
- [5] UKAS M 3003 *Směrnice k výpočtu nejistot UKAS*.
- [6] ČSN EN ISO/IEC 17025 2005 *Posuzování shody – Všeobecné požadavky na způsobilost zkušebních a kalibračních laboratoří*.
- [7] ILAC – G8:2009 *Směrnice k posuzování a prokazování shody se specifikací (založených na měřeních a zkouškách v laboratoři)*.
- [8] IEC 60050 IEV *International electrotechnical vocabulary (Mezinárodní elektrotechnický slovník)*, volně přístupný na internetu v několika jazycích.
- [9] ILAC – G24:2007 *Pokyny pro stanovení kalibračních intervalů měřicích přístrojů*.
- [10] ILAC – G8:2009 *Směrnice k posuzování a prokazování shody se specifikací (založených na měřeních a zkouškách v laboratoři)*.
- [11] TNI 010115 *Mezinárodní metrologický slovník – Základní a všeobecné pojmy a přidružené termíny (VIM 3)*. Vydání 1. 2. 2009.

názvy, pojmy, zkratky

FAME (<i>Fatty Acid Methyl Esters</i>)	metylester mastné kyseliny
MIP (<i>Modular Industrial Power</i>)	modulární průmyslový zdroj napájení
reakce kotvy	účinek magnetického toku vytvořeného proudem rotoru (kotvy) na magnetický tok statoru (budiče) vytvořeného budičím proudem; obě dvě dílčí pole (budičí a kotvy) se skládají ve výsledné, které je vlivem reakce kotvy deformováno, zeslabeno a má posunutou magnetickou neutrálu vůči geometrické ose ve směru otáčení v generátoru a proti směru otáčení v motoru; magnetický tok reakce kotvy se však může vyvinout pouze pod pólovými nástavci, neboť mezera mezi póly představuje velký magnetický odpor; pole kotvy je v prostoru nehybné, a proto jej lze kompenzovat vhodně umístěným kompenzačním vinutím; toto vinutí bývá umístěné v drážkách pólových nástavců, zapojeno do série s kotvou a navrženo tak, aby jím protékající proud kotvy vytvořil stejně velké pole, jako je reakční, ale opačného směru; kompenzační vinutí je však výrobně drahé, a proto se používá pouze u velkých strojů; vliv reakce kotvy potlačují také tzv. komutační póly, které slouží pro zlepšení komutace
SET Plan (<i>Strategic Energy Technology</i>)	strategický energetický plán
Schuko	německá zkratka složeného výrazu <i>Schutzkontakt</i> – ochranný kontakt
SKŘ	systém kontroly a řízení
startovací doba	časový interval po zapnutí napájení potřebný k tomu, aby světelný zdroj začal naplno pracovat a zůstal rozsvícený
surge	rázové impulzy – např. v důsledku úderu blesku, spínání výkonových zátěží rychlovyřazení, odepnutí zkratů rychlovyřazení apod. (podle ČSN EN 50121-3-2 ed. 2 <i>Drážní zařízení – Elektromagnetická kompatibilita – Část 3-2: Drážní vozidla – Zařízení</i>)
TCO (<i>Total Costs of Ownership</i>)	celkové náklady na vlastnění
VPP (<i>Virtual Power Plant</i>)	virtuální elektrárna
VRLA (<i>Valve Regulated Lead Acid</i>)	ventilem řízený olovený (akumulátor)
zahřívací doba	časový interval potřebný k tomu, aby světelný zdroj po spuštění vydával definovaný podíl svého stabilizovaného světelného toku
zařízení pro ovládání tarify a zátěže (spínací prvek)	zařízení určené pro sepnutí, rozepnutí nebo změnu obvodů ovládacích tarify elektroměrů nebo řízení elektrických zátěží (přijímač hromadného dálkového ovládání nebo časový spínač)
zesílená izolace	izolace nebezpečných živých částí, která zajišťuje takový stupeň ochrany před úrazem elektrickým proudem, jenž je rovnocenný dvojité izolaci
žárovka	světelný zdroj se žhavicím vláknem, v němž vlákno funguje v baňce s vakuem nebo je obklopeno inertním plynem (definice podle směrnice 2005/32/ES)
životnost světelného zdroje	je doba provozu, po níž bude část celkového počtu světelných zdrojů, které jsou i nadále v provozu, odpovídat činiteli funkční spolehlivosti na základě definovaných podmínek a četnosti zapínání
ŽZO	železniční zkušební okruh

SIGNÁLY?

ALE S OCHRANOU!

OCHRANA PROTI PŘEPĚTÍ PRO
MĚŘENÍ A INSTRUMENTACI



VARITECTOR SPC

- Modulová ochrana proti přepětí pro 2 analogové nebo 4 digitální signály se signalizací poruchy v šířce pouhých 17,8 mm
- Monitorovací funkce s optickou indikací a bezpotenciálovým kontaktem
- Zásuvný svodič s nízkou impedancí, odjímatelný bez přerušení signálu
- Možnost testování pomocí V-TEST zařízení
- Splňuje mezinárodní standardy IEC 62305

www.weidmuller.cz

Electronics –
Made by Weidmüller

Weidmüller