METROLOGICKÁ KONTROLA MERACÍCH PRÍSTROJOV PRE VÝKON ODBORNÝCH SKÚŠOK A ODBORNÝCH PREHLIADOK ELEKTRICKÝCH ZARIADENÍ

Ing. Marián BRÚSIL,
Ing. Miroslava BOČKAYOVÁ, ZŤS Elektronika SKS s.r.o., Trenčianska 19, 018 51 Nová Dubnica

ÚVOD

Rozhodnutia v priemysle a obchode stoja nesmierne veľa úsilia a relevantných analýz a sú vo veľkej miere založené na výsledkoch merania. Preto je potrebné mať meracie/revízne prístroje a zariadenia kalibrované, tak aby bola zaručená presnosť merania. Výsledky a presnosť merania sú zaručené len pravidelnou kontrolou a kalibráciou.

Prečo kalibrovať?

Pre pracovníka používajúceho meracie zariadenie pre vykonávanie meraní, resp. pre revízneho technika používajúceho zariadenia pre výkon odborných skúšok a odborných prehliadok elektrických zariadení (OPaOS)/revízií je dôležité udržiavanie meracej techniky a zariadení v potrebnej kvalite. To znamená, že meracia technika musí byť neustále pod kontrolou a musí sa pravidelne vykonávať kalibrácia. Pre vierohodnosť výsledkov meraní a skúšok je potrebné zabezpečiť kalibráciu meracích a skúšobných zariadení a nadväznosť meradiel na národné etalóny. V praxi to znamená vypracovanie programu kalibrácie a kontrol meradiel tak, aby bola zabezpečená nadväznosť meraní na sústavu jednotiek SI. Výraz nadväznosť znamená určitý proces, ktorým sa údaj meracieho prístroja alebo meradla môže zodpovedajúcim spôsobom porovnať cez jednu, alebo viacero úrovní s národným etalónom pre meranú veličinu (jednotku). V každej z týchto etáp musí byť vykonávaná kalibrácia za použitia etalónu, ktorého metrologická kvalita (úroveň) je vždy určená kalibráciou etalónom na vyššej metrologickej úrovni.

HLAVNÁ ČASŤ

Nadväznosť je charakterizovaná niekoľkými hlavnými prvkami:

- **neprerušený reťazec porovnaní** – reťazec porovnaní vedúci k etalónu akceptovateľnému zúčastnenými stranami, zvyčajne národným a medzinárodným etalónom,
- **referencia na SI jednotky** – reťazec porovnaní musí končiť primárnym etalónom pre realizáciu jednotiek SI,
- **neistota merania** – neistota merania pre každú úroveň reťazca nadväznosti musí byť určená v súlade s dohodnutými metódami a musí byť stanovená tak, že môže byť vypočítaná celková neistota pre celý reťazec,
- **dokumentácia** – každý krok v reťazci musí byť vykonaný v súlade s dokumentovanými a všeobecne uznávanými postupmi. Rovnako musia byť dokumentované výsledky,
- **spôsobilosť** – laboratória alebo orgány vykonávajúce jeden alebo viacej krokov v reťazci musia preukázať svoju technickú a personálnu spôsobilosť, napríklad dokladovať, že boli akreditované,
- **rekalibrácia** – kalibrácie musia byť opakované vo vhodných intervaloch. Dĺžka týchto intervalov bude závisieť na počte premenných (veličín), požadovanej neistote, frekvencii používania, spôsobu používania, časovej stálosti (stability) zariadenia.

Neprerušený systém odovzdávania hodnoty meracej jednotky od národného etalónu až po pracovné meradlá môže byť v zásade stanovený/určený:

- používateľom meradla pri rešpektovaní stanovených pravidiel použitia meradla,
- záväzne (technicko-normatívnym dokumentom, ÚNMS č. 210/2000 Z. z.).

Používateľ meradla má povinnosť preukázať, že ním používané meradlá sú nadviazané na národné etalóny, spôsob konkrétneho nadviazania je voľbou používateľa. Povinnosť nadväzovať meradlá je v paragrafe 9 zákona č. 142/2000 Z. z. o metrológii v znení zákona č. 431/2004 Z. z. **„Ak sa meranie uskutočňuje podľa osobitného predpisu a nevykonáva sa určeným meradlom, musí sa vykonať kalibrovaným meradlom“**.

Firmy využívajúce systém manažérstva kvality podľa (ISO 9001: 2008) majú túto povinnosť stanovenú v

bode 7.6 Riadenie zariadení na monitorovanie a meranie. „Organizácia musí určiť monitorovania a merania, ktoré treba urobiť, ako aj zariadenia na monitorovanie a meranie, požadované na poskytnutie dôkazu o zhode produktu s určenými požiadavkami. Organizácia musí určiť procesy, ktoré zaistia, že sa monitorovanie a meranie dá uskutočniť a že sa vykonáva spôsobom, ktorý je v súlade s požiadavkami na monitorovanie a meranie. Tam, kde je nevyhnutné zaistiť platnosť výsledkov, zariadenie na meranie sa musí v určených intervaloch alebo pred použitím kalibrovať, verifikovať, alebo oboje, porovnaním s metrologickými etalónmi nadväzujúcimi na medzinárodné alebo národné etalóny“.

Tieto meradlá ale nie sú klasifikované vo Vyhláške Úradu pre normalizáciu, metrológiu a skúšobníctvo Slovenskej republiky o meradlách a metrologickej kontrole č. 210/2000 Z. z. ako určené meradlá, takže nemajú stanovený rekalibračný interval a preto si veľa používateľov meradiel kladie otázku – ako často kalibrovať, aký má byť maximálny interval medzi následnými kalibráciami meradiel a meracích zariadení.

Existuje veľké množstvo faktorov, ktoré ovplyvňujú frekvenciu kalibrácie a tieto treba poriadne prehodnotiť a brať v úvahu. Hlavné faktory, ktoré ovplyvňujú interval rekalibrácie sú: typ meracieho zariadenia, odporučenie výrobcu, údaje získané z predchádzajúcej kalibrácie, spôsob používania a udržiavania (servis), rozsah a početnosť používania, sklon k driftu a opotrebeniu, frekvencia kontroly prostredníctvom iných etalónov, frekvencia a kvalita kalibrácie vykonávanej inak ako prostredníctvom etalónov, okolité podmienky používania meradiel a meracieho zariadenia (teplota, vlhkosť, vibrácie, atď). Existujú dve základné a súčasne protikladné kritériá, ktoré by mali byť brané do úvahy pri stanovovaní rekalibračných intervalov každého meradla alebo meracieho zariadenia. Je to riziko, že meradlo nespĺňa predpísanú toleranciu pri svojom používaní, toto by malo byť čo najmenšie a sú to ročné náklady, ktoré by mali byť minimálne. Z týchto dôvodov je najlepšie stanovovať rekalibračné intervaly na základe vlastných skúseností. Základom pre počiatočné stanovenie rekalibračného intervalu je skúsenosť, technický cit/intuícia. Príslušný odborník so všeobecnými skúsenosťami o meraní, alebo špeciálne o kalibrovanom prístroji je schopný spraviť odhad dĺžky času po kalibrácii, kedy každý prístroj, resp. skupina prístrojov meria hodnoty v príslušnej tolerancii. Pritom je nutné brať do úvahy nasledovné faktory: odporučenie výrobcu prístroja, rozsah a frekvenciu používania, vplyv okolia, požadovanú neistotu merania, maximálne povolené chyby. Na základe bežne vykonávanej kalibrácie je možné ďalej upraviť rekalibračné intervaly z hľadiska optimalizácie kritérií rizika a nákladov. Pravdepodobne sa zistí, že pôvodne zvolené intervaly nie sú optimálne napríklad z nasledujúcich dôvodov:

- prístroje sú menej spoľahlivé než sa očakávalo;
- užívanie prístrojov nie je v súlade s pôvodnými predpokladmi;
- môže byť postačujúce vykonávať obmedzenú kalibráciu určitých prístrojov miesto kompletnej kalibrácie;
- drift určený pri kalibrácii môže ukázať, že rekalibračný interval je možné predĺžiť bez zvýšeného rizika.

V prípade, že nedostatok finančných prostriedkov, alebo iný dôvod, ktorý vedie pracovníkov k pokušeniu predĺženia rekalibračných intervalov, nemalo by sa zabudnúť, že náklady spojené s užívaním nepresných meradiel nie sú zanedbateľné. Keby sa tieto náklady vyhodnotili, zistilo by sa, že je hospodárnejšie vynaložiť prostriedky na kalibráciu, resp. tým aj na skrátenie rekalibračných intervalov. Ani jedna z rôznych metód nie je ideálne vhodná pre celú škálu meradiel prichádzajúcich do úvahy. Ďalej je nutné poznamenať, že vybraná metóda bude ovplyvnená laboratóriom, ktorá ich používa. Rovnako tak existujú ďalšie faktory, ktoré môžu ovplyvniť výber metódy v laboratóriu. Takzvaná skúsenosť/intuícia, ktorá stanovuje počiatočné intervaly rekalibrácie a systém, ktorý používa pevné intervaly bez ich spresňovania, sa považuje sa nedostatočne spoľahlivý a z tohto dôvodu sa neodporúča. Európsky dokument ILAC-G24 – OIML D10:2007 dáva návody na určenie kalibračných intervalov meracích zariadení.

METÓDA 1: AUTOMATICKÉ NASTAVENIE

Meradlo je zakaždým kalibrované rutinným spôsobom. Nasledujúci interval rekalibrácie je predĺžený, keď je zistené, že údaje na meradle sú v požadovanej tolerancii. Interval rekalibrácie je skrátený, ak údaje sú mimo toleranciu. Táto metóda umožňuje vykonať rýchlu úpravu intervalov a je ľahko vykonateľná. Ak sú tieto

záznamy registrované, tak vyhodnotenie umožňuje určiť nedostatky tých skupín meradiel, u ktorých sa ukazuje potreba technickej úpravy alebo preventívnej údržby. Nevýhodou tohto spôsobu, ktorý zahŕňa každé meradlo môže byť skutočnosť, že je obtiažne vykonať kalibráciu pravidelne v časovo rovnomerne rozložených intervaloch a že je nutné detailné plánovanie tejto činnosti.

METÓDA 2: KONTROLNÝ DIAGRAM

Kontrolný diagram je jeden z najdôležitejších nástrojov štatistickej kontroly kvality. Zvolia sa významné kalibračné body a jednotlivé hodnoty sú vynesené do grafu v závislosti na čase. Z týchto grafov je možné vypočítať ako drift, tak aj rozptyl hodnôt. Za drift je buď vybraná jeho stredná hodnota behom jedného rekalibračného intervalu, alebo v prípade veľmi stabilných meradiel drift v priebehu niekoľkých intervalov. Z týchto údajov môže byť stanovený optimálny interval rekalibrácie. Použitie tejto metódy je veľmi obtiažne v prípade komplikovaných meradiel. V tomto prípade môže byť aplikovaná iba pri využití výpočtovej techniky. Pred zahájením výpočtov je vyžadovaná vysoká znalosť zákonitostí nestability skúšaného meradla alebo jemu podobných meradiel. Je povolená značná odchýlka rekalibračného intervalu od stanoveného a nedôjde k zníženiu významu výpočtu. Je možné vypočítať spoľahlivosť, čo podľa teórie vedie k možnosti stanovenia účinného rekalibračného intervalu. Ďalej nám budú výpočty signalizovať, či sú výrobcom udané limity odôvodnené a analýza zisteného driftu môže pomôcť pri indikácii príčiny driftu.

METÓDA 3: DOBA POUŽÍVANIA

Metóda je variácia predchádzajúcich metód. Základná metóda je nezmenená, ale interval rekalibrácie je vyjadrený v hodinách skutočného používania meradla voči vyjadreniu kalendárneho času v mesiaci od vykonanej kalibrácie. Meradlo je vybavené indikátorom uplynulého času a je predložené na kalibráciu, keď indikátor dosiahne stanovenú dobu. Dôležitou teoretickou výhodou tejto metódy je skutočnosť, že sa vykoná určitý počet kalibrácií a náklady na kalibráciu sa menia s dĺžkou času, počas ktorého sa meradlo používa. Ďalej je zaistená automatická kontrola používania meradla. Táto metóda má prakticky veľký počet nevýhod: nemôže byť používaná pri pasívnych meradlách alebo etalónoch (odpor, kapacita atď.), nemala by sa používať tam, kde sa prejavuje ničenie meradla, keď je s ním mechanicky pohybované, alebo keď je vystavené veľkému počtu vypínacích a zapínacích cyklov, náklady na opatrenia a inštaláciu vhodného meradla času sú vysoké a ešte sa zvyšujú ak užívateľ požaduje ďalšiu kontrolu tohto zariadenia, je dokonca omnoho obtiažnejšie dosiahnuť hladký priebeh vykonávania kalibrácie, ako u metód uvádzaných v predchádzajúcich častiach pretože laboratórium vykonávajúce kalibráciu nepozná dátum kedy vyprší rekalibračný interval.

METÓDA 4: KONTROLA POČAS ČINNOSTI „ČIERNA SKRINKA“

Táto metóda je obmenou metód číslo 1 a 2 a je zvlášť vhodná pre zložitejšie meradlá alebo testovacie zariadenia. Pomocou pomocného kalibračného zariadenia špeciálne zhotoveného pre kontrolu vybraných parametrov „čierna skrinka“, sú kontrolované veľmi často (jeden krát denne alebo aj častejšie) kritické hodnoty prístroja. Ak je zistené, že prístroj je mimo požadovanú toleranciu, vykoná sa celá rekalibrácia. Veľkou výhodou tejto metódy je, že poskytuje užívateľovi meradla maximálnu použiteľnosť. Je veľmi vhodná pre prístroje, ktoré sú geograficky značne vzdialené od kalibračného laboratória, pretože k celkovej rekalibrácii dochádza iba v prípade, keď sa zistí, že je to nutné. Problém zostáva vo výbere kritických parametrov a navrhnutí „čiernej skrinky“. Aj keď táto metóda zaisťuje teoreticky vysokú spoľahlivosť, existuje tu aj určitý problém, pretože môže dôjsť k narušeniu parametrov, ktoré sa nesledujú. A tiež ani parametre čiernej skrinky“ neostávajú počas celej doby konštantné.

METÓDA 5: ĎALŠIE ŠTATISTICKÉ PRÍSTUPY

Ďalším možným prístupom sú metódy založené na štatistickej analýze jednotlivých prístrojov alebo typov prístrojov. Tieto metódy sú zaujímavé zvlášť v kombinácii s adekvátnym využitím softvéru. V kalibračných laboratóriách však existuje veľká rozdielnosť v určovaní rekalibračných intervalov, pretože závisia na úrovni presnosti merania a pracovných podmienkach.

ZÁVER - POROVNANIE METÓD

Ani jedna metóda nie je ideálne vhodná pre celú škálu meradiel prichádzajúcich do úvahy pre procesy merania vo firme. Vhodnosť – úroveň vhodnosti metódy stanovenia intervalu rekalibrácie je uvedená v tabuľke číslo 1. Okrem toho, malo by sa poznamenať, že vybrané metódy budú vplývať nato, či laboratórium zamýšľa zavádzať plánovanú údržbu. Môžu sa tu byť iné faktory, ktoré budú mať vplyv na výber metódy laboratóriom. Vybrané metódy, zase budú mať vplyv aj na formu záznamov, ktoré musia byť uchovávané.

Tabuľka č. 1 Porovnanie metód na určenie kalibračných intervalov

Vhodnosť metódy	**Metóda 1** Automatické nastavenie	**Metóda 2** Kontrolný diagram	**Metóda 3** Doba používania	**Metóda 4** Kontrola počas činnosti „čierna skrinka“	**Metóda 5**[1)] Ďalšie štatistické prístupy
Spoľahlivosť	stredná	vysoká	stredná	vysoká	stredná
Aplikácia	nízka	vysoká	stredná	nízka	vysoká
Pracovné vyváženie	stredná	stredná	nevhodná	stredná	nevhodná
Vhodnosť s ohľadom ku konkrétnym zariadeniam	stredná	nízka	vysoká	vysoká	nízka
Vhodnosť prístrojov	stredná	stredná	stredná	vysoká	stredná
Poznámka: [1)] Lepší stupeň je dosiahnuteľný použitím vhodného softvérového nástroja					

Možný príklad stanovenia rekalibračného intervalu – spracované na základe STN EN ISO 10012 Systémy manažérstva merania, Požiadavky na meracie procesy a meracie zariadenia. Pre zistenie konfirmačných – rekalibračných intervalov sme do úvahy zobrali nasledovné parametre a faktory:

Označenie zložky parametra faktoru	**Použitie parametra**	**Početnosť parametra**	**Priradenie váhy parametru**
X	denné nasadenie	≤ 1 ≤ 20 > 20	X = 1 X = 2 X = 3
Y	opotrebovanie	minimálne normálne vysoké	Y = 1 Y = 2 Y = 3
U	prostredie použitia	laboratórium výroba vonkajšie	U = 1 U = 2 U = 3
V	citlivosť	robustná normálna vysoká	V = 1 V = 2 V = 3

Kalibračný faktor ***K = X.Y + U.V***

Kalibračný faktor K	**Interval rekalibrácie v mesiacoch**
2	96
3 – 4	48
5 - 7	24
8 – 10	12
11 - 15	6
16 - 18	3

Príklad pre stanovenie rekalibračného intervalu pre prístroj pre revízie

Denné nasadenie *≤ 20* *X = 2*
Opotrebenie *normálne* *Y = 2*
Prostredie použitia *vonkajšie prostredie* *U= 3*
Citlivosť *normálna* *V= 2*

K = X. Y + U. V = 2 . 2 + 3 . 2 = 10

K = [8 - 10] = interval rekalibrácie je 12 mesiacov