SPOLOČENSKY ZODPOVEDNÁ METROLÓGIA – CENTRUM KOMUNITNEJ KALIBRÁCIE ELEKTRICKÝCH VELIČÍN

doc. Ing. D.V., PhD. VKS IIa,

metrológ v zácviku, zodpovedný za neistotu typu C

Dúbravský Metrologický Inštitút

Rukopis prijatý: 7.12.2025, článok prijatý: 9.12.2025, článok publikovaný: 19.12.2025

V ostatnom čase sa množia prípady náhlej a nepredvídanej potreby kalibrácie. Človek kráča po ulici a cíti ako mu pomaly exspiruje certifikát. Do práce išiel s opečiatkovaným mnohomerom a vrátil sa s obyčajným multimetrom. Strhávať certifikačné nálepky pred všetkými v autobuse je veľmi stresujúca a ponižujúca skúsenosť. Dúbravský Metrologický Inštitút si uvedomuje svoju spoločenskú zodpovednosť a prišiel s novinkou – komunitné kalibračné centrum v zariadení pohostinského typu. Ktokoľvek s náhlou potrebou si môže prisadnúť a okalibrovať.

1. ÚVOD

Komunitná kalibrácia elektrických veličín od Dúbravského Metrologického Inštitútu (DMI) vznikla ako reakcia na rastúcu potrebu presných referencií, moderných meracích prístrojov a online kolaboratívnych platforiem. Do popredia ju posunula snaha amatérskych aj poloprofesionálnych laboratórií pracovať s presnosťou, ktorá bola kedysi vyhradená len národným metrologickým ústavom a akreditovaným laboratóriám. V komunitách neexistuje centrálna autorita, ktorá by určovala, komu veriť.

Ak ale niekto kráča po ulici s mnohomerom s exspirovanou kalibráciou a na okne krčmy vidí neónový nápis *„Kalibrácia mnohomerov tu“*, *„Rýchlo a lacno“*, *„Základný certifikát 5€, každá ďalšia číslica 2€“*, *„Za 20€ si môžete chytiť náš etalón“* okamžite to v ňom vzbudí dôveru.

Dôvera vzniká cez:

- dlhodobú konzistentnosť výsledkov (všetky vydané kalibračné certifikáty budú mať presne rovnaké čísla),
- transparentné zverejňovanie surových dát,
- ochotu zákazníkov nechať si svoje postupy verejne skontrolovať (kalibrácia prebieha za veľkým výkladom s výhľadom priamo do ulice)
- vzájomnou interakciou, zdieľaním frustrácie a nadväzovaním priateľstiev členov komunity počas procesu kalibrácie („ani ten Volt už nie je to čo býval. Taký Banič, to je niečo úplne iné...“)

Komunitná kalibrácia spája dva hlavné rozmery – metrologický, zameraný na neistotu, presnosť, správnosť, sledovateľnosť a sociálny, ktorý rieši dôveru, spoluprácu a zdieľanie zdrojov.

Koncept komunitnej kalibrácie ale nie je úplne nový (viď. Obr. 1).



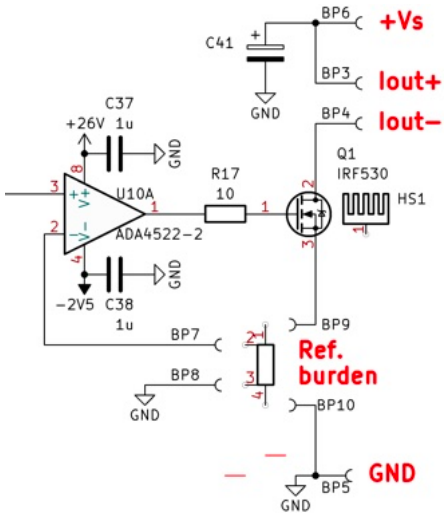
Obr. 1: Komunitná kalibrácia číslicových multimetrov. Olej na plátne, circa 1638.

2. KALIBRÁCIA ELEKTRICKÝCH VELIČÍN V PRIESTOROCH POHOSTINSKÉHO ZARIADENIA

Elektrické veličiny sa najlepšie kalibrujú Metrológovými hodinami. Toto unikátne zariadenie bolo podrobne popísané v *Annales Patroniensis* [1]. S drobnou softvérovou úpravou umožňuje kalibráciu napätia, prúdu aj odporu. Všetky metódy sú navrhnuté tak, aby naraz mohlo kalibrovať niekoľko zákazníkov – komunita – a zároveň aby neprišli do fyzického kontaktu s citlivým zariadením DMI, ktoré by mohli obliať pivom, alebo inak znehodnotiť jeho ťažko získané ppm.

A. Kalibrácia prúdu

V metrológových hodinách je zabudovaný prevodník čas-prúd, ktorý v pôvodnej aplikácii slúži na rozvod času po priľahlých špekulatóriách a mnohomerniach (Obr. 2).



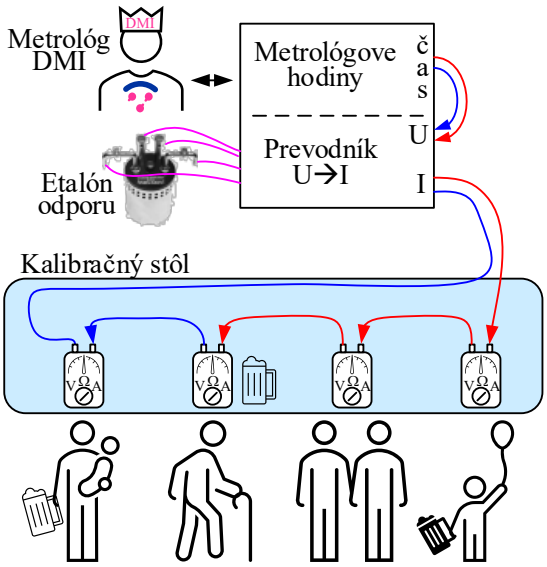
Obr. 2: Prevodník čas na prúd zrealizovaný v metrológových hodinách.

Ak hodiny prepneme z režimu čas na režim napätie (alebo prúd), môžeme prevodník použiť pre vytvorenie jednosmerného prúdu známej hodnoty, ktorá bude závisieť len od hodnoty vstupného napätia a odporu referenčného bočníka:

$$I_{VÝSTUPNÝ} = \frac{U_{VSTUPNÉ}}{R_{REFERENČNÝ}}, \qquad (1)$$

kde $U_{VSTUPNÉ}$ je vstupné riadiace napätie a $R_{REFERENČNÝ}$ je odpor referenčného etalónového rezistora.

Do kalibračnej slučky sa pripoja všetci zákazníci okolo stola, ako je znázornené na Obr. 3. Úspešná kalibrácia vyžaduje spoluprácu celej komunity. Ak niekto neprávne pripojí svoj prístroj, zhorí mu v ňom poistka, alebo otvorí kalibračnú slučku, všetci začnú nadávať.

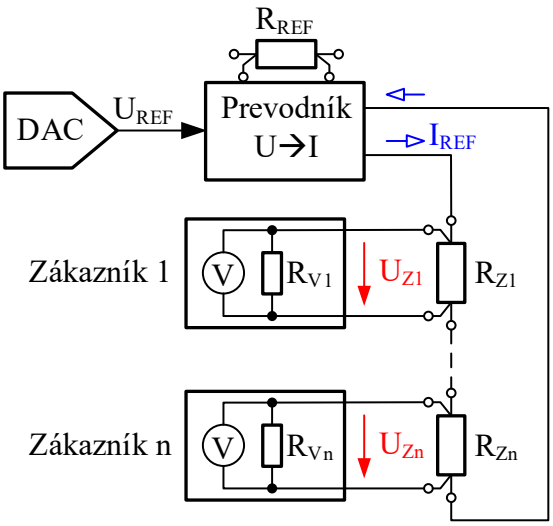


Obr. 3: Komunitná kalibrácia prúdu

B. Kalibrácia napätia

Napätie sa ľahko meria v sterilnom a klimatizovanom prostredí metrologického laboratória, ale mimo tieto podmienky je prenos napätia bez dodatočných chýb a neistôt komplikovaný. Navyše ak chce naraz kalibrovať viacej užívateľov, začnú sa komplikácie s paralelným pripájaním všetkých prístrojov.

Naproti tomu prúd je veľmi robustná veličina, ktorá sa ľahko prenáša na dlhé vzdialenosti bez straty presnosti. Vzhľadom na to, že metrológove hodiny už obsahujú precízny prevodník napätie/prúd, využijeme to pre kalibráciu napätia. Každý zákazník dostane zdieľateľný etalón odporu, ktorý cez prúdové svorky zapojí do prúdovej kalibračnej slučky. K napäťovým svorkám sa Kelvinovou metódou pripojí kalibrovaný napäťomer ako je znázornené na Obr. 4.



Obr. 4: Princíp kalibrácie napätia pomocou prúdovej slučky a referenčných rezistorov

Hodnota referenčného prúdu v slučke je

$$I_{REF} = \frac{U_{REF}}{R_{REF}}, \qquad (2)$$

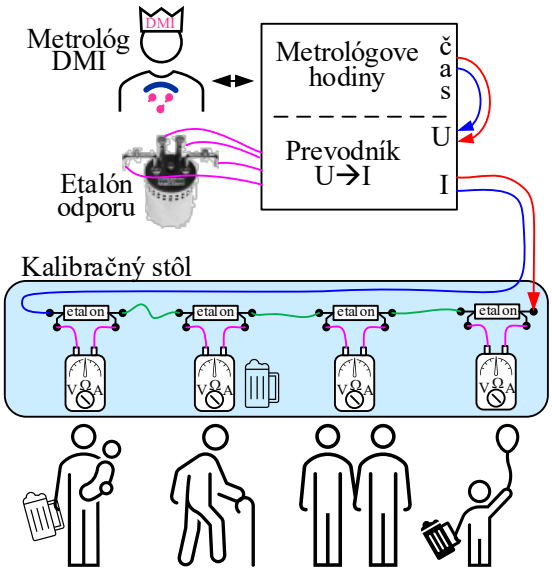
kde U_{REF} je vstupné referenčné/kalibračné napätie a R_{REF} hodnota odporu konverzného etalónu pripojeného ku Metrológovým hodinám. Úbytok napätia na zákaznických svorkách bude

$$U_{Zn} = I_{REF} \frac{R_{Zn} R_{Vn}}{R_{Zn}+R_{Vn}}, \qquad (3)$$

kde R_{Zn} je odpor pripojeného zdieľateľného etalónu zákazníka n a R_{Vn} je vnútorný odpor kalibrovaného napäťomera.

Zo vzťahu (3) je zjavné, že vnútorný odpor kalibrovaného prístroja má vplyv na hodnotu vytvoreného kalibračného napätia. Typické hodnoty R_z sú 10 Ω, 100 Ω, 1 kΩ a 10 kΩ a hodnoty referenčného prúdu 1 – 100 mA čo umožní vytvoriť kalibračné napätie od 10 mV až po 10 V.

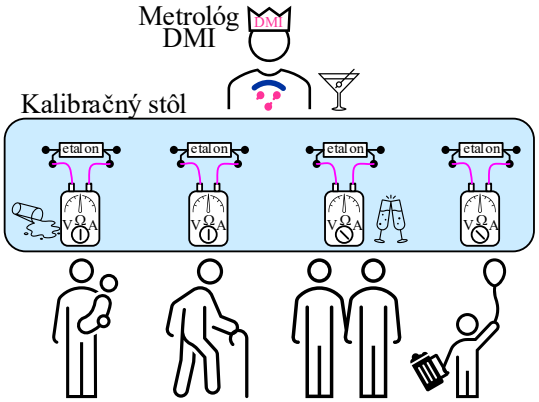
Ak zákazník požaduje len orientačnú rýchlokalibráciu, stačí dodržať pravidlo že vnútorný odpor kalibrovaného napäťomera R_{Vn} musí byť vyšší ako prevrátená hodnota požadovanej presnosti kalibrácie krát odpor pripojeného zdieľateľného etalónu zákazníka R_{Zn}. Napríklad pre elektromechanický prístroj s očakávanou presnosťou 1% musí byť $R_{Zn} \gg 100\ R_{Vn}$.



Obr. 5: Komunitná kalibrácia napätia prúdovou slučkou.

C. Kalibrácia odporu

Kalibrácia odporu je najjednoduchšia zo všetkých, lebo vyžaduje iba pripojenie poskytnutého zdieľateľného etalónu odporu ku kalibrovanému prístroju. Postup je znázornený na Obr. 6. Za správnosť výsledkov zodpovedá každý kalibrujúci, takže hlavný metrológ si môže dať pauzu.



Obr. 6: Komunitná kalibrácia odporu

3. METROLOGICKÉ ASPEKTY KOMUNITNEJ KALIBRÁCIE

A. Sledovateľnosť k etalónom

Sledovateľnosť, alebo nadväznosť k referenčným etalónom je základ fungovania metrologickej vedy. V DMI si to uvedomujeme a preto sme sledovateľnosť k primár-

nemu etalónu zakompo-novali priamo do procesu komunitnej kalibrácie. Metrológ DMI na kalibračný stôl postaví primárny etalón označený veľkým nápisom *„Primárny etalón – nezpochybňovať! Majetok DMI, DKP 237/08.“*. Počas kalibrácie ho všetci sledujú z druhej strany kalibračného stola. Kalibrované prístroje sú na etalón naviazané pomocou meracích vodičov. Sledovateľnosť a nadväznosť je tak zabez-pečená intrinzicky, robustne navrhnutou kalibračnou procedúrou.

B. Dokumentácia a kalibračné protokoly

Ďalším pilierom metrológie je podrobná dokumentácia, záznam a uchovávanie výsledkov meraní a vypracovávanie kalibračných protokolov. V DMI vznikli štandardy [2], ktoré postupne adoptuje celosvetová metrologická komunita. Pre potreby komunitnej kalibrácie v zariadení pohostinského typu boli vytvorené špeciálne tlačivá pre kalibračné protokoly (Obr. 7).



a)



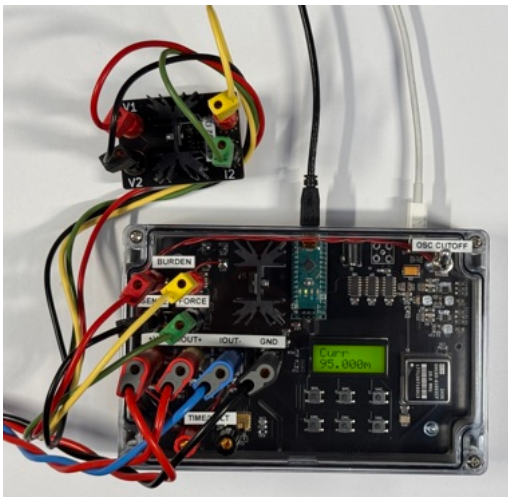
b)

Obr. 7: Tlačivo kalibračného protokolu DMI. a) protokol, b) záznamník brilantných myšlienok a podpivník

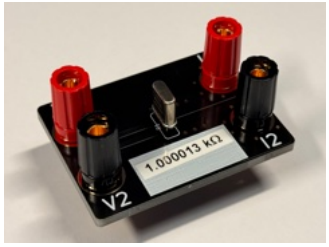
Druhá strana kalibračného protokolu slúži ako priestor pre zaznamenávanie náhlych brilantných myšlienok, alebo ako praktický podpivník.

4. KOMUNITNÝ KALIBRÁTOR

V kapitole 2 boli popísané techniky kalibrácie elektrických veličín pomocou metrológových hodín. V tejto kapitole predstavíme jeho hardware. Na Obr. 8 sú hodiny prevádzkované v režime kalibrátor prúdu. Na Obr. 9 je vysoko stabilný referenčný bočník od Vishay Precision Group, ktorého sa ale zákazníci nesmú dotýkať (ani za poplatok).



Obr. 8: Metrológove hodiny v pracovnom režime komunitný kalibrátor prúdu.



Obr. 9: Referenčný etalón odporu – nechytať



Obr. 10: Sada zdieľateľných etalónov odporu

Na Obr. 11 je zachytené overovanie teplotnej stability komunitného kalibrátora v klimatickej komore.

Skúšobná prevádzka komunitného kalibrátora v laboratórnych podmienkach je na Obr. 12. Prístroj je pripravený na prvú "ostrú" kalibráciu pri príležitosti výročného zasadania Patrónskeho elektrotechnického spolku 19.12.2025 v zariadení pohostinského typu. So skúsenosťami aj reakciami zákazníkov sa určite podelíme v nasledujúcom čísle PA.



Obr. 11: Overovanie presnosti, správnosti a stability v klimatickej komore.



Obr. 12: Príklad kalibrácie prúdu. Zistilo sa, že každý prístroj má chybu v rozsahu –30 až +25%. Niekedy je lepšie nekalibrovať.

5. ZÁVER

Komunitná kalibrácia elektrických veličín je ukážkou toho, že metrológia nemusí byť uzavretá v profesionálnych laboratóriách. Nech už ste profesionál s prepadnutým kalibračným certifikátom, alebo metrológ-amatér, vždy je povzbudzujúce vedieť, že aj v krčme vedľa cesty mi nakalibrujú.

Transparentné metódy merania, požívanie alkoholických nápojov, sociálna interakcia, alebo pozeranie na etalóny znamená, že metrologická kultúra sa šíri medzi ľudí, ktorí by sa k nej inak nedostali.

LITERATÚRA

[1] doc. Ing. D.V., PhD. VKS IIa: Metrológove hodiny. In *Annales Patroniensis* vol. III Nr. 1, 2025

[2] Sukuba J.: O budovaní prirodzenej pojmovej základne. *Annales Patroniensis* vol. I Nr. 2, 2.ed. 2023