

Digitalizácia fyzikálnych meraní: vplyv na kvalitu, spoľahlivosť a neistotu výsledkov

Gregor „Gigi“ Starinský a kolektív
Strojnícka fakulta

Slovenská technická univerzita v Bratislave

STU
SjF

SLOVENSKÁ TECHNICKÁ
UNIVERZITA V BRATISLAVE
STROJNÍCKA FAKULTA

Digitalizácia metrologických procesov predstavuje významný trend súčasnej modernizácie meracích systémov, ktorý zásadne ovplyvňuje spôsob získavania, spracovania a vyhodnocovania experimentálnych údajov. Cieľom príspevku je analyzovať vplyv digitalizácie metrologických reťazcov na kvalitu, spoľahlivosť a neistotu merania fyzikálnych veličín so zreteľom na prechod od analógových metód k digitálnemu zberu a spracovaniu dát [1; 2].

Súčasťou analýzy je posúdenie využitia digitálnych snímačov a automatizovaných meracích systémov z hľadiska opakovateľnosti merania, eliminácie vybraných zdrojov ľudskej chyby a efektívnosti spracovania nameraných údajov. Osobitná pozornosť je venovaná zmenám v bilancii neistôt pri prechode na digitálne metrologické reťazce a identifikácii nových zdrojov neistoty súvisiacich s digitalizáciou meracieho procesu [2; 3]. Výsledky poukazujú na výrazný potenciál digitálnych technológií pri zvyšovaní efektivity a reprodukovateľnosti merania, zároveň však zdôrazňujú význam správnej kalibrácie, verifikácie meracích systémov a kritickej interpretácie získaných údajov [4].

Príspevok poukazuje na potrebu systematického prepájania moderných digitálnych technológií s princípmi metrologie s cieľom zabezpečiť sledovateľnosť, porovnateľnosť a vysokú dôveryhodnosť výsledkov fyzikálnych meraní.

DIGITALIZÁCIA MERACIEHO PROCESU

Od analógového merania k digitálnemu metrologickému reťazcu

digitálne snímače a meracie prístroje
automatizovaný zber a prenos údajov
digitálne spracovanie a vyhodnocovanie výsledkov
integrácia merania, riadenia a archivácie dát

Metrologický reťazec:

Meraná veličina → snímač → A/D prevod → spracovanie → výsledok merania

NEISTOTA MERANIA

Digitalizácia mení bilanciu neistôt.

Možné zníženie neistoty:

- eliminácia niektorých chýb pri manuálnom odčítaní
- stabilnejšie podmienky zberu údajov
- automatizované spracovanie dát

Nové zdroje neistoty:

- rozlíšenie meracieho systému
- kvantizácia A/D prevodu
- vzorkovacia frekvencia
- elektronický šum
- vlastnosti snímača
- algoritmy spracovania údajov
- softvérové a komunikačné chyby

Neistota sa musí posudzovať pre celý digitálny metrologický reťazec.

HLAVNÉ ZÁVERY

Digitalizácia prináša:

- + vyššiu efektívnosť merania
- + lepšiu reprodukovateľnosť
- + automatizované spracovanie údajov
- + obmedzenie vybraných ľudských chýb

Súčasne vyžaduje:

- identifikáciu nových zdrojov neistoty
- správnu kalibráciu a verifikáciu
- kontrolu digitálneho spracovania
- kritickú interpretáciu výsledkov

KVALITA A SPOĽAHLIVOSŤ MERANIA

Pozitívne vplyvy digitalizácie:

- ↑ opakovateľnosť merania
- ↑ reprodukovateľnosť výsledkov
- ↓ vplyv ľudského faktora
- ↑ rýchlosť spracovania údajov
- automatizácia opakovaných meraní
- jednoduchšia archivácia a kontrola dát

Pozor:

Automatizované meranie **nie je** automaticky presnejšie meranie. Kvalita výsledku závisí od vlastností celého meracieho systému.

KALIBRÁCIA A METROLOGICKÁ NADVÄZNOSŤ

Dôveryhodnosť digitálneho merania vyžaduje:

- správnu kalibráciu snímačov a prístrojov
- pravidelnú verifikáciu meracieho systému
- dokumentovanie metrologických vlastností
- sledovateľnosť výsledkov k etalónom
- kontrolu softvérového spracovania dát

Cieľ:

porovnateľný → reprodukovateľný → sledovateľný → dôveryhodný výsledok

Majiteľ meradla

Poskytovateľ kalibrácie

1. Potreba kalibrácie

2. Príprava požiadavky na kalibráciu

Požiadavka na kalibráciu a kalibrované meradlo

3. Prijatie požiadavky

4. Vykonanie kalibrácie

5. Analýza výsledkov

6. Vydanie kalibračného certifikátu

7. Odovzdanie certifikátu zákazníkovi

8. Schvaľovanie kalibrácie

Kalibračný certifikát a kalibrované meradlo

9. Vloženie certifikátu do databázy

10. Archivácia

11. Uzatvorenie kalibrácie



meraná veličina → snímač → digitalizácia → spracovanie → výsledok + neistota

Záver

Digitalizácia nezvyšuje dôveryhodnosť merania automaticky. Jej prínos sa prejaví až vtedy, keď sú digitálne technológie správne integrované do metrologického systému a sú zachované princípy kalibrácie, sledovateľnosti a hodnotenia neistoty.

Podakovanie:

Príspevok vznikol s podporou projektov CAC-01-26, KEGA 025STU-4/2024, KEGA 028STU-4/2026, KEGA 037STU-4/2026 a VEGA 1/0363/26. Autori ďakujú Strojníckej fakulte STU v Bratislave za vytvorenie podmienok na realizáciu vedeckovýskumných a experimentálnych aktivít a za odbornú a technickú podporu.

Literatúra:

- [1] PALENČÁR, R.; WIMMER, G.; PALENČÁR, J.; WITKOVSKÝ, V. *Navrhovanie a vyhodnocovanie meraní*. 1. vyd. Bratislava: Spektrum STU, 2021. 160 s. Edícia vysokoškolských učebníc. ISBN 978-80-227-5080-6.
- [2] HALAJ, M.; SAMMARAH, G. Digitalizácia v priemyselnej metrologii - úvod. In *Metrológia a skúšobníctvo*. Roč. 26, č. 2 (2021), s. 3 - 8. ISSN 1335-2768.
- [3] SLEZÁK, M.; HALAJ, M. The digitalisation of a national metrology system. In *Kvalita Inovácia Prosperita = Quality Innovation Prosperity*. Vol. 27, iss. 3 (2023), s. 75 - 88. ISSN 1335-1745.
- [4] KELEMENOVÁ, T.; DOVICA, M. *Kalibrácia meradiel*. 1. vyd. Košice: TU v Košiciach. Edícia vedeckej a odbornej literatúry, 2016. 232 s. ISBN 978-80-553-3069-3.