

1/2021
ROČNÍK 30

METROLOGIE

VĚDECKÁ
LEGÁLNÍ
PRAKTICKÁ



VĚDA A VÝZKUM

**Ing. Jiří Zikán, Ing. Jan Chroust, Ing. Jan Kučera Ph.D.,
Bc. Tomáš Hrubý, Jan Maleček**
Metrologické zajištění elektromobility osobních
automobilů a veřejné dopravy2

ZKUŠEBNICTVÍ

Ing. Vilém Migl
Nově akreditované zkoušky integrity pilot.....11

METROLOGIE V PRAXI

Ing. Martin Hudlička, Ph.D.
Měření elektromagnetických veličin na základě
kvantových principů – část II.....12

Ing. Petr Pánek, CSc., Ing. Alexander Kuna, Ph.D.
Návrh a ověření algoritmu pro vytváření
kompozitní časové stupnice23

INFORMACE

Ing. Gabriela Šimonová
EA MLA – Multilaterální dohoda evropské
akreditace27

Ing. Zbyněk Veselák
55. zasedání Mezinárodního výboru pro legální
metrologii29

Ing. František Hnízdil
Nové kalibrační a metodické postupu vydané
Českou metrologickou společností, z.s.
v rámci PRM 2020 ÚNMZ.....31

Ing. Eliška Machová
Vyhodnocení programu rozvoje
metrologie 2020.....34

Nabídka akcí ČMS na 1. pololetí roku 2021

VĚDA A VÝZKUM

**Ing. Jiří Zikán, Ing. Jan Chroust, Ing. Jan Kučera Ph.D.,
Bc. Tomáš Hrubý, Jan Maleček**
Metrological Securing of Electromobility of Passenger
Cars and Public Transport2

ZKUŠEBNICTVÍ

Ing. Vilém Migl
Newly Accredited Pile Integrity Tests11

METROLOGIE V PRAXI

Ing. Martin Hudlička, Ph.D.
Measuring Electromagnetic Quantities Based
on Quantum Principles - Part II12

Ing. Petr Pánek, CSc., Ing. Alexander Kuna, Ph.D.
Design and Verification of a Composite Time
Scale Development Algorithm23

INFORMACE

Ing. Gabriela Šimonová
EA MLA - European Accreditation Multilateral
Agreement27

Ing. Zbyněk Veselák
The 55th Meeting of the International Committee
of Legal Metrology29

Ing. František Hnízdil
New Calibration and Methodology Procedures
Issued by the Czech Metrological Society
under PRM 2020 of ÚNMZ31

Ing. Eliška Machová
The Evaluation of the Metrology Development
Program 2020.....34

The List of ČMS Events in the 1st Half of 2021

METROLOGICKÉ ZAJIŠTĚNÍ ELEKTROMOBILITY OSOBNÍCH AUTOMOBILŮ A VEŘEJNÉ DOPRAVY

**Ing. Jiří Zikán, Ing. Jan Chroust,
Ing. Jan Kučera Ph.D., Bc. Tomáš Hrubý,
Jan Maleček**

Český metrologický institut

1. Úvod

V roce 2020 byl řešen úkol technického rozvoje s názvem „Metrologické zajištění elektromobility osobních automobilů a veřejné dopravy“ a vypracována závěrečná zpráva k tomuto úkolu (dále zpráva [1]).

V úvodu zprávy je pojednáno o vlivu dopravy na emise CO₂ a analyzováno, jak elektromobilita přispívá ke snižování těchto emisí. V dopravě vzniká téměř 30 procent všech emisí oxidu uhličitého v EU, přičemž ta silniční se na nich podílí ze 72 procent. Osobní automobily se řadí mezi největší emitenty CO₂ – na celkových emisích vytvořených v dopravě se podílí 61 procenty [2].

Evropská unie proto zavedla cíle snižování emisí oxidu uhličitého, aby se omezila produkce CO₂ z nových osobních aut i dodávek. Emise nových osobních aut mají klesnout do roku 2030 o 37,5 % a u dodávek o 31 %. Výrobcům automobilů, jejichž průměrné emise překračují stanovené limity, je vyměřován poplatek za překročení emisí. Řešením je elektromobilita. Doprava nemá dopad jen na skleníkové plyny, ale též na emise zdraví škodlivých látek, např. oxidů dusíku, těkavých organických látek, aromatických uhlovodíků, jemných částic apod. Nelze opomenout ani otázku, jaké množství skleníkových plynů a škodlivých látek vyprodukuje automobil nejen během svého provozu, ale také nakolik zatěžuje životní prostředí jeho výroba a likvidace. S ohledem na energetický mix v Evropě se však elektrická vozidla již ukázala být čistší, než auta se spalovacím motorem. Vzhledem k tomu, že se podíl elektřiny z obnovitelných zdrojů v budoucnu zvýší, stanou se elektromobily (pro tento článek jak čistě bateriová vozidla, tak hybridní vozidla s možností nabíjení ze zásuvky a s možností čistě elektrického provozu) v rámci provozu na elektřinu ještě méně škodlivé pro životní prostředí.

Dalším aspektem při volbě zdroje energie pro dopravní prostředky je otázka omezených zásob ropy. Zásoby ropy nejsou neomezené a ropa je vedle spalování v motorech využívána i pro výrobu řady produktů.

Rozšiřování elektromobility přináší i zvýšený ekonomický obrat za účtovanou odebranou energií při veřejném nabíjení elektromobilů. To přináší potřebu zajištění metrologické návaznosti měření energie, dodané z veřejné nabíjecí stanice do elektromobilu.

Pokud je elektroměr samostatnou vyjímatelnou jednotkou, existují dvě metody pro kalibraci:

1. Elektroměr (včetně převodníků) se vyjme z nabíjecí stanice a kalibrace nebo ověření se provede za referenčních podmínek v laboratoři (dále metoda 1).

2. Pomocí zařízení simulujícího elektromobil a referenčního elektroměru se provede odběr elektrické energie, odečte se hodnota energie z nabíjecí stanice a porovná se s údajem na referenčním elektroměru (dále metoda 2).

Především pro zajištění měření metodou 2 bylo třeba hlouběji studovat druhy, typy, konektory a komunikace nabíjecích stanic pro elektromobily, zpracovat přehled přístrojů používaných při kalibracích a testování nabíjecích stanic pro elektromobily, zabývat se metrologickými postupy pro kalibraci elektrické energie dodané z nabíjecí stanice do elektromobilu, přezkoumávat informace z laboratoří, které se zabývají metrologickým zajištěním elektromobility osobních automobilů a veřejné dopravy, přezkoumávat informace z výstav a konferencí k elektromobilitě a z jednání s výrobcí, prodejci a provozovateli nabíjecích stanic pro elektromobily, zabývat se průběhy nabíjení u některých elektromobilů, zabývat se vytipováním přístroje pro kalibrace nabíjecích stanic pro elektromobily a realizovat výrobu kabelového měřicího systému, který umožňuje s pomocí kabelového adaptéru, referenčního analyzátoru a elektromobilu měření metodou 2.

2. Shrnutí části zprávy věnované rešerším a analýzám

2.1 Rešerše právních předpisů, technických norem a dalších dokumentů související s danou problematikou

V této kapitole je uvedeno asi 50 dokumentů se vztahem k dané problematice, s krátkým shrnutím, co daný dokument obsahuje. Jde o zákony a vyhlášky České republiky (dále jen ČR), směrnice a nařízení Evropského parlamentu a Rady EU, usnesení vlády ČR, dokumenty Energetického regulačního úřadu, české a jiné technické normy a návrhy norem a další dokumenty.

2.2 Přehled o druzích nabíjecích stanic pro elektromobily

V podkapitole „Rozdělení nabíjecích stanic podle způsobu připojení k nabíjecí stanici“ jsou nabíjecí stanice rozděleny na nabíjecí stanice s bezdrátovým připojením (jde o indukční nebo kapacitní systémy nabíjení) a nabíjecí stanice s drátovým připojením, u kterých dochází k mechanickému spojení kontaktů elektrického vozidla a nabíjecí stanice.

Indukční systémy využívají přenosu elektrické energie vzduchem pomocí elektromagnetické indukce. Proud z nabíjecí stanice procházející cívkou modulu vně elektromobilu vytváří magnetické pole, které indukuje proud v cívce umístěné v podvozku elektromobilu. Výhodou indukčního nabíjení je to, že stačí zaparkovat na místo osazené tímto typem nabíjení. Nevýhodou je nižší účinnost, která se pohybuje okolo 90 %, což je méně než při drátovém nabíjení, mimo jiné z důvodu přenosových ztrát energie ve vzduchové mezeře. Probíhají experimenty s induktivním nabíjením elektromobilů v pohybu tak, že by elektromobil za jízdy

využíval speciální pruh, který by se skládal z nabíjecích podložek.

Kapacitní systémy nepoužívají ferity. Díky velmi malé kapacitě mezi vozovkou a vozidlem se však účinný přenos výkonu může uskutečnit pouze při velmi vysokých frekvencích.

Při drátovém připojení dochází k mechanickému spojení kontaktů elektrického vozidla a nabíjecí stanice. K tomu jsou využívány klasické jednofázové nebo třífázové zásuvky nebo speciální nabíjecí konektory.

U větších vozidel, jako elektrické autobusy, mohou být použity pantografy nebo speciální konstrukce navržené pro nabíjení na zastávkách.

V podkapitole „**Režimy nabíjení EVSE podle ČSN EN 61851-1 ed. 2**“ jsou vysvětleny režimy nabíjení podle ČSN EN 61851-1 ed. 2. Jsou to:

Režim nabíjení 1: Připojení elektrického vozidla na střídavou napájecí síť (rozvodnou síť) s použitím normalizovaných zásuvek.

Režim nabíjení 2: Na rozdíl od režimu nabíjení 1 je zde nabíjecí vedení navíc vybaveno řídicím přístrojem. Tento přístroj obsahuje bezpečnostní zařízení chránící před chybovým proudem, komunikuje s vozidlem a tímto způsobem řídí proces nabíjení.

Režim nabíjení 3: Připojení nabíječky elektrického vozidla na střídavou napájecí síť (rozvodnou síť) přes příslušné napájecí zařízení, kde funkce řídicího vodiče zahrnuje i datové spojení s řídicím zařízením napájecího zařízení, které je trvale připojeno na střídavou napájecí síť (rozvodnou síť). Tyto nabíjecí stanice přivádí do elektromobilu síťové napětí a slouží k monitorování nabíjení a komunikaci s vozidlem pro zvýšenou bezpečnost. Rychlost nabíjení závisí na proudovém omezení sítě a na výkonu palubní nabíječky, které jsou kvůli úspoře hmotnosti a ceny většinou dimenzovány na malý výkon.

Režim nabíjení 4: Připojení elektrického vozidla na externí DC nabíječku. Palubní nabíječka se nevyužívá. Je však nutné, aby probíhala komunikace mezi nabíjecí stanicí a elektromobilem, pro zajištění správných nabíjecích parametrů. V tomto režimu se používá výhradně nabíjecí kabel pevně připojený k nabíjecí stanici, zásuvné připojení se tedy nachází pouze na straně vozidla.

2.3 Přehled konektorů a komunikace nabíjecích stanic pro elektromobily

V podkapitole „**Konektory dle ČSN EN 62196 ed. 2**“ je zpracován přehled o konektorech dle ČSN EN 62196 ed. 2. V přehledu jsou popsány následující konektory:

Konektor Typ 1 (SAE J1772-2009), Yazaki, který se vyskytuje na zařízeních pro nabíjení EV v Severní Americe.

Konektor Typ 2 (VDE-AR-E 2623-2-2), Mennekes, který se používá v Evropě. Tento konektor byl vybrán Evropskou komisí jako oficiální nabíjecí konektor v rámci Evropské unie. Konektor IEC 62196 typu 2 se používá v mírně upravené podobě u všech evropských vozů Tesla a u evropské sítě Tesla Supercharger.

Konektor Typ 3 (konektor EV Plug Alliance), Scame Střídavý jedno nebo třífázový konektor.

V podkapitole „**Konektory dle ČSN EN 62196-3**“ je zpracován přehled o konektorech dle ČSN EN 62196-3. V přehledu jsou popsány následující konektory:

Konektor konfigurace AA – konektor (protokol, standard) CHAdeMO (do verze 2.0). Jde o stejnosměrný standard. Nevýhoda oproti kombinovaným konektorům je nutnost osazení druhého konektoru v případě potřeby připojení vozidla ke střídavé síti. Používá se globálně.

Konektor konfigurace BB. Používá se většinou v Číně, kde stejné technické řešení popisuje standard GB / T 20234.3.

Konektor konfigurace CC – konektor CCS1“ nebo „Combo1. Používá se většinou v USA, kde stejné technické řešení popisuje standard SAE J1772. Jde o kombinovaný konektor, umožňující jak stejnosměrné, tak i střídavé nabíjení.

Konektor konfigurace FF – konektor CCS2“ nebo „konektor Combo2. Používá se převážně v Evropě. V rámci Evropské unie se vyžaduje, aby všechny veřejné nabíjecí stanice DC byly vybaveny konektorem FF. Jde o kombinovaný konektor, umožňující jak stejnosměrné, tak i střídavé nabíjení. Pro výkony až 500 kW se využívá technologie, která je založena na aktivním chlazení kapalinou. Integrované teplotní senzory měří vývoj teploty v reálném čase a regulátor podle potřeby upravuje chladicí výkon.

Podkapitola „**Konektory Tesla Supercharger**“ se zabývá stejnosměrnými konektory, které používají elektromobily Tesla. Konektor v Severní Americe je jedinečný. Konektor v Evropě je odlišný od konektoru v Severní Americe. Vypadá podobně jako typ 2 Mennekes a dokonce je kompatibilní s typem 2 pro 3-fázové nabíjení, ale může být použit i pro DC nabíjení.

Podkapitola „**Konektory Chaoji / CHAdeMO 3.0**“ se zabývá nejnovějším protokolem CHAdeMO 3.0, který specifikuje požadavky na konstrukci nabíječek CHAdeMO nové generace s využitím zcela nového konektoru, identického s budoucím čínským protokolem GB/T, umožňujícího maximální proud 600 A a zároveň zajišťuje, aby byl konektor lehký a kompaktní s kabelem o menším průměru, a to díky technologii kapalinového chlazení. První elektromobily s tímto konektorem budou pravděpodobně užitková vozidla a jejich uvedení na trh se očekává již v roce 2021. Poté budou následovat další typy vozidel, včetně osobních automobilů.

2.4 Přehled stejnosměrných elektroměrů pro nabíjecí stanice

Kapitola uvádí informace o stejnosměrných elektroměrech určených speciálně pro nabíjecí stanice, např. stejnosměrný elektroměr LEM DCBM 400/600.

2.5 Přehled umístění a provozovatelů nabíjecích stanic pro elektromobily

Zde se uvádí informace o webových přehledech o nabíjecích stanicích na stránkách: MPO, Elektrina.cz, ČEZ, Google.com a Hybrid.cz. Dále jsou uvedeny informace o nabíjecích stanicích některých provozovatelů: Pražská energetika, a. s., ČEZ, a.s., E.ON Česká republika, s.r.o., Lidl Česká republika v.o.s. a IONITY GmbH, která provozuje ultrarychlé nabíjecí stanice o výkonu až 350 kW.

2.6 Globální rozvoj elektromobility

Zde je analyzován globální rozvoj elektromobility. Elektrická mobilita roste. Čínská lidová republika zůstává největším světovým trhem s elektromobily na světě, po němž následuje Evropa a Spojené státy americké. Za listopad 2020 bylo celosvětově prodáno **414 300** elektromobilů. Z toho v Čínské lidové republice přes 198 000 kusů, v Evropě přes 166 000 kusů ve zbytku světa asi 50 000 kusů. Tržní podíl elektromobilů za listopad 2020 činil 5,9 % [3]. Pokud jde o podíl elektromobilů na trhu s novými auty, je světovým lídrem Norsko. Poměr nově zaregistrovaných osobních elektromobilů k celkovému počtu nově registrovaných osobních automobilů v Norsku za rok 2020 dosáhl 71,6 %, přičemž v EU činil 8,5 % [4].

Zásadní roli hraje politika daného státu. Přední země v oblasti elektrické mobility používají řadu opatření, jako jsou například normy spotřeby paliva spojené s pobídkami pro vozidla s nulovými a nízkými emisemi, ekonomické nástroje, které pomáhají překlenout rozdíly v nákladech mezi elektrickými a konvenčními vozidly a podporu zavádění infrastruktury nabíjení. Na uvedené řadě dat a přehledů lze sledovat trend a výhledy rozvoje elektromobility ve světě.

2.7 Rozvoj elektromobility v EU a v některých evropských zemích

V těchto dvou kapitolách je analyzován rozvoj elektromobility v EU, Norsku, Nizozemsku, Rakousku, Německu a v ČR a provedeno srovnání pro ČR. Je zde množství grafů dokládajících rozvoj celkových počtů osobních elektromobilů v letech 2008 až 2020, poměr nově zaregistrovaných osobních elektromobilů k celkovému počtu nově registrovaných osobních automobilů (v %) v letech 2008 až 2020, poměr osobních elektromobilů k celkovému počtu registrovaných osobních automobilů (v %) v letech 2008 až 2020, celkový počet normálních (do výkonu 22 kW) a rychlých veřejných zpoplatněných nabíjecích bodů v letech 2008 až 2020 atd. ČR patří mezi země, kde jsou rozdíly v nákladech na elektromobily a na vozidla se spalovacími motory stále značné. Hlavním důvodem je fakt, že stát nepodporuje elektromobilitu v takovém rozsahu jako je tomu v jiných zemích. ČR za průměrem EU zaostává. Poměr nově zaregistrovaných osobních elektromobilů k celkovému počtu nově registrovaných osobních automobilů v EU činil v roce 2018 1,8 %, v roce 2019 3,3 % v roce 2020 8,5 %.

Poměr nově zaregistrovaných osobních elektromobilů k celkovému počtu nově registrovaných osobních automobilů v ČR činil v roce 2018 0,4 %, v roce 2019 0,5 % a v roce 2020 1,9 % [4].

Náklady na baterie ovšem prudce klesají, což urychluje zavedení elektromobility díky snižování celkových pořizovacích nákladů elektromobilů oproti vozidlům se spalovacími motory, z čehož lze usuzovat, že k rozvoji elektromobility může nakonec dojít i bez dotací.

2.8 Přehled přístrojů používaných při kalibracích a testování nabíjecích stanic pro elektromobily

Zpráva obsahuje přehled některých výrobců a přístrojů používaných při kalibracích a testování nabíjecích stanic pro elektromobily:

- Power Measurements Inc (přístroj T400 EVSE TESTER).
- Keysight Headquarters (přístroj Charging Discovery System SL1040A a přístroj Charging Discovery System High-Power Series).
- CHROMA ATE INC.
- comemso GmbH (přístroj Combined Mini-Charger-Tester a přístroj EV CHARGING ANALYZER / SIMULATOR (AC/DC-CCS), Generation 4).
- hse-electronics GmbH c/o Walterwerke (přístroj PLC-Tracer).
- GMC-I Messtechnik GmbH (přístroj PROFITEST H + E Tester pro nabíjecí stanice a přístroj PROFITEST EMOBILITY).
- Tunkia Co., Ltd. (přístroj TD1320 Field Tester).
- Stefan Klaric GmbH & Co. KG (přístroj EV CHARGE MONITOR).
- EGS (EMH Grid Solution) GMBH & Co. KG (přístroj EGS LADEZÄHLERBOX E-MOBILITY).

Uváděny jsou kontakty na výrobce a technické parametry přístrojů. Přehled přístrojů používaných při kalibracích a testování nabíjecích stanic pro elektromobily odráží skutečnost, že globálně nejsou sjednoceny nejen konektory, ale ani postupy pro kalibraci měřidel nabíjecích stanic pro elektromobily. Zatímco v ČR a USA jsou dostupné přístroje, které primárně provádějí kalibraci elektrické energie dodané z nabíjecí stanice do elektromobilu (ovšem s konektory, které se v ČR prakticky nepoužívají), u přístrojů vyráběných v EU jsou přístroje spíše orientované na měření jiných veličin než elektrické energie dodané z nabíjecí stanice do elektromobilu, což se (pokud vůbec tuto energii měří) odráží v řádově horší přesnosti měření této veličiny.

2.9 Přehled typů nabíjecích stanic pro elektromobily

Přehled nabíjecích stanic zahrnuje nabídku od výrobců ABB, Siemens, Schneider Electric, Circontrol, Green24 Holding, a.s., Skybergttech s.r.o., ChargePoint, Inc., alpitronic GmbH, Tritium a ejoin, s.r.o. Uvedeny jsou technické parametry stejnosměrných nabíjecích stanic.

2.10 Metrologické postupy pro kalibraci elektrické energie dodané z nabíjecí stanice do elektromobilu

Zpráva rozebírá následující metrologické postupy:

- Handbook 44 – 2020 3.40. Electric Vehicle Fueling Systems – Tentative Code.
- Návrh VDE-AR-E 2418-3-100 z roku 2018.
- Návrh IEC 62053-41 / Ed.1. z 2014-11-14.
- Dokument REA Dokument 6-A.
- Návrh zkušebního postupu OIML TC 12 pro systémy pro nabíjení elektrických vozidel.

Z výše uvedených postupů lze vycházet. Protože však dochází k jejich vývoji, je třeba situaci i nadále sledovat, a to především s ohledem na vývoj globální a v Německu.

2.11 Informace z laboratoří, které se zabývají metrologickým zajištěním elektromobility osobních automobilů a veřejné dopravy

Zásadním pracovištěm, kde jsou čerpány poznatky o metrologickém zajištění nabíjecích stanic, je Physikalisch-Technische Bundesanstalt (dále PTB). Zpráva uvádí návštěvy zástupců ČMI v PTB a následující elektronickou komunikaci s pracovníky PTB. Z návštěv vyplynulo, že nabíjecí stanice jsou v Německu stanovenými měřidly s typovým schvalováním a periodickým ověřováním. Ověřování probíhá jak metodou 1, tak metodou 2. Důvod pro využití metody 2 spočívá ve skutečnosti, že nové výkonné DC nabíjecí stanice mají měniče a elektroměry v centrální budově, do nabíjecích stojanů vedou jen silové a datové vodiče. Ze silových vodičů může být napájena obrazovka, reklamní panel apod. Vodiče mohou být až přes 100 metrů dlouhé, tudíž výkon dodaný do auta je značně ovlivněn odporem vodičů (plus případně spotřebou elektroniky výdejního stojanu). Nejvhodnější přístup je samozřejmě umístit elektroměr přímo do stojanu nebo změnit normu konektorů, kdy se přidají pomocné napěťové vodiče pro snímání palubního napětí a přenos této hodnoty k elektroměrům v centrální budově. Ani jedno řešení neprošlo, protože už je vyrobeno/nainstalováno mnoho nabíjecích stanic, kabelů a konektorů se stávajícím systémem. Proto provozovatel stanice musí v softwaru jednotky vyúčtování spotřeby provést korekci na ztráty.

2.12 Informace z výstav, konferencí k elektromobilitě a jednání s výrobcí, prodejci a provozovateli nabíjecích stanic pro elektromobily

Shrnutí obsahuje poznatky z výstav: eMove 360° (Mnichov, říjen 2018), Smart Energy Forum (Praha, listopad 2018) a E-SALON VELETRH ČISTÉ MOBILITY (Praha, listopad 2019), z jednání Think Tanku, poradního orgánu Řídicího týmu Národního akčního plánu pro chytré sítě (září 2020), z konference Elektromobilita 2020 (říjen 2020) a z e-mailové komunikace s výrobcí, prodejci a provozovateli nabíjecích stanic pro elektromobily.

2.13 Elektromobilita veřejné dopravy

Veřejná doprava je doprava provozovaná za předem určených a vyhlášených přepravních a tarifních podmínek a přístupná každému zájemci.

V podkapitole „**Elektrobusy, parciální trolejbusy**“ jsou rozebrány hlavní vývojové trendy v oblasti elektrobusů, bateriových/ parciálních trolejbusů, situace a výhled v ČR a uvedeny různé způsoby nabíjení:

- Nabíjení elektrobusů pomocí stejnosměrné nabíjecí stanice s konektory dle ČSN EN 62196-3.
- Nabíjení elektrobusů s pantografem pomocí stejnosměrné nabíjecí stanice ABB (pantograf nahoru nebo dolů).
- Nabíjení elektrobusů TOSA.
- Nabíjení elektrobusů Chariot Motors s ultrakapacitory.
- Nabíjení z trolejového vedení.

Podkapitola „**Elektromobilita veřejné dopravy v Praze**“ shrnuje informace z Dopravního podniku hlavního města Prahy a plány na elektrifikaci nekojlové dopravy.

Podkapitola „**Elektromobilita na železnici**“. Železniční doprava je méně energeticky náročná (nižší odpor valeň, nižší aerodynamický odpor) než doprava automobilová. Železniční síť v ČR má velkou hustotu sítě železnic, avšak s nízkým podílem elektrifikace. Železniční síť v ČR má dva hlavní elektrizační systémy (3 kV DC sever, 25 kV AC 50 Hz jih). V roce 2016 bylo přijato rozhodnutí o postupném přechodu na 25 kV AC 50 Hz (cca v období 2020 až 2040). Možnosti rozvoje elektromobility železnic v ČR spočívají např. v elektrifikaci dalších tratí již jednotným systémem 25 kV i na severu ČR, v použití vozidel trolej/akumulátor nebo vozidel trolej / akumulátor/– palivové články.

Podkapitola „**Metrologie ve veřejné dopravě**“. Obdobně jako při nabíjení osobních elektromobilů i ve veřejné dopravě je významné metrologické zajištění měření energie. Pro nabíjení elektrobusů, hlavně v depech, lze využít podobnou nabíjecí infrastrukturu jako při nabíjení elektromobilů. Odlišnost veřejné dopravy spočívá ve využívání trakčního vedení. Je zřejmé, že u trakčního vedení nepřichází pro zajištění metrologické návaznosti dodané elektrické energie v úvahu metoda 2. Měření střídavé energie, dodávané z trakce pomocí elektroměrů a transformátorů, je pokryto již současnou metrologickou regulací (schválení typu, prvotní a následné ověřování). Měření stejnosměrné energie dodávané z trakce pomocí elektroměrů a převodníků je mimo regulaci. Potřeba měření stejnosměrné energie na železnici se bude postupně snižovat.

2.14 Průběhy nabíjení u některých elektromobilů

Formou grafů a doprovodného textu jsou zachyceny průběhy nabíjení vozů: Hyundai Kona Electric, Volkswagen ID. 3, Škoda ENYAQ 80 iV, Audi e-tron a Porsche TAYCAN. Údaje o průbězích nabíjení jsou důležité pro výběr přístrojů, resp. konstrukci kabelového adaptéru pro měření metodou 2.

2.15 Vytipování přístroje pro kalibrace nabíjecích stanic pro elektromobily

Tato kapitola popisuje hledání řešení pro měření energie dodané z nabíjecí stanice do elektromobilu metodou 2. Při hledání vhodného přístroje nás zpočátku zaujal přístroj TESCO T 400. Přístroj je určen k provádění kalibrací energie dodávané z nabíjecích stanic do elektromobilu metodou 2. Přístroj T400 EVSE TESTER má konektor CCS 1 a nebyl využitelný pro kalibraci nabíjecích stanic v ČR. Zkoumala se též možnost řešení kalibrací nabíjecích stanic pomocí elektromobilu – např. VW e-Golf s kombinovaným konektorem CCS2 s tím, že by do elektromobilu byl zastavěn analyzátor energie. Byly zvažovány výhody (možnost provést měření v režimu běžného nabíjení elektromobilu, tedy i utajeně, možné dosažení menší nejistoty v závislosti na integrovaném analyzátoru) i nevýhody (nebyl by řešen konektor CHAdeMO ani Tesla, při použití elektromobilu jako zátěže nelze zajistit požadavky návrhu normy VDE-AR-E 2418-3-100, ale ani NIST Handbook 44 – 2018 na volbu kalibračních bodů a bylo by třeba řešit vybíjení baterie elektromobilu po měření buď jízdou nebo integrovanou odporovou zátěží). Kvůli nejistotě kalibrace musí být odebrána energie natolik velká, aby nejistota daná

rozlišením byla dostatečně nízká. Pokud je rozlišovací schopnost elektroměru 0,01 kWh, bude činit při odběru 9,5 kWh rozšířená nejistota kalibrace vyplývající z rozlišovací schopnosti elektroměru (rovnoměrné rozdělení, $k=1,65$, hladina pravděpodobnosti 95 %) 0,1 %. S poměrně vybitým elektromobilem by tedy bylo možno provést v závislosti na kapacitě baterie kalibraci několika stanic, následně by bylo třeba zajistit vybití elektromobilu jízdou.

Zjišťovali jsme parametry nabíjecího proudu a napětí. V ČSN EN 61851-23 v bodě 101.2.1.6 a 101.2.1.7 se kromě zvlnění napětí předepisuje též maximální rychlost změny výstupního napětí v případě napěťového řízení nabíjení na 20 V/ms a v případě odpojení během zátěže na 250 V/ms. U proudově řízeného nabíjení je v ČSN EN 61851-23 v bodě 101.2.1.3 a 101.2.1.4 uvedena pouze minimální změna 100 A/s při poklesu, resp. 20 A/s při náběhu. Jak je doloženo v kapitole 2.14 „Průběhy nabíjení u některých elektromobilů“ průběh stejnosměrného nabíjení není impulsní.

Kromě přístroje TESCO T 400 jsme zvažovali i použití ostatních přístrojů uvedených v kapitole 2.8 „Přehled přístrojů používaných při kalibracích a testování nabíjecích stanic pro elektromobily“. Tyto přístroje buď nevyhovovaly z hlediska požadované přesnosti měření energie metodou 2 nebo nebyly kompatibilní s konektory používanými v ČR nebo byly vzhledem k předpokládanému využití pořizovací náklady neúměrné.

Postup kalibrace popsany v návrhu normy VDE-AR-E 2418-3-100, např. požadavek na referenční teplotu, limity přídatných tolerancí pro stejnosměrné elektroměry, volba kalibračních bodů, komunikace s výrobcí testerů a nabíjecích stanic pro elektromobily a rostoucí výkony nabíjecích stanic (existují již stejnosměrné nabíjecí stanice 500 kW a konektory 2 MW) nás koncem roku 2018 vedl k závěru, že kalibrace nabíjecích stanic metodou 2 není příliš perspektivní. Za pravděpodobnější jsme proto považovali to, že do budoucna bude kalibrace elektroměru v nabíjecí stanici probíhat převážně metodou 1.

Z následujících návštěv v PTB mimo jiné vyplynulo, že při kalibracích nabíjecích stanic v Německu používají jak metodu 1, tak metodu 2. Důvodem použití metody 2 jsou úbytky na vedení. V diskusi bylo přislíbeno, že by bylo možné zařízení použitelné pro metodu 2 buďto zakoupit nebo obdržet výrobní výkresovou dokumentaci a práva na svépomocnou výrobu vlastního etalonu, který by ale bylo nutné upravit na další rozhraní nabíjecí stanice. Z plánované spolupráce sešlo.

Seznámili jsme se též s návrhem zkušební postupu OIML TC 12 pro systémy nabíjení elektrických vozidel. Návrh interpretujeme tak, že pro kalibraci (ověření) elektroměru v nabíjecí stanici se vždy využije metoda 1 a pro kontrolu ztrát (ztrát na vedení a případně ztrát způsobených AC/DC převodem) se využije metoda 2. Za situace, kdy je podstatná část metrologie řešena již návazností elektroměru a měření na stanici, může být jednodušší dosáhnout použitelného řešení pro měření metodou 2.

Vzhledem k výše popsané limitující nabídce komerčních zařízení a zmíněným návrhům kalibrace jsme nakonec v roce 2020 přistoupili k výrobě vlastního měřicího systému, který umožňuje pomocí kabelového adaptéru, referenčního

analyzátoru, bočníku a elektromobilu měření stejnosměrné energie a okamžitých hodnot napětí proudu a výkonu při nabíjení elektromobilu z nabíjecí stanice. Na realizaci metody 1 je ČMI připraveno.

3. Shrnutí části zprávy věnované kabelovému měřicímu systému

V rámci provedeného průzkumu nebyl nalezen vhodný měřicí systém. Proto bylo přistoupeno k realizaci vlastního měřicího systému. Při návrhu a následné realizaci bylo nutno vzít v potaz prostředí použití přípravku a stávající vybavení laboratoře, aby došlo ke snížení nákladů na realizaci. Návrh také počítal s možností modifikace, protože trh s elektromobily se dále ještě vyvíjí.

3.1 Potřebné technické parametry kabelového adaptéru

Nabíjecí proud:	do 200 A
Nabíjecí napětí:	do 850 V
Přesnost:	do 0,2 % v referenčních podmínkách
Typ nabíjecího napětí:	stejnosměrné
Konektor na straně nabíjecího stojanu:	CCS typ 2
Konektor na straně do elektromobilu:	CCS typ 2
Podmínky provozu:	venkovní prostředí, umístění do osobního automobilu
Napájení:	z elektrické sítě na 230V (ideálně z automobilové zásuvky na DC 12 V nebo provoz na vlastní baterii)

3.2 Koncepte

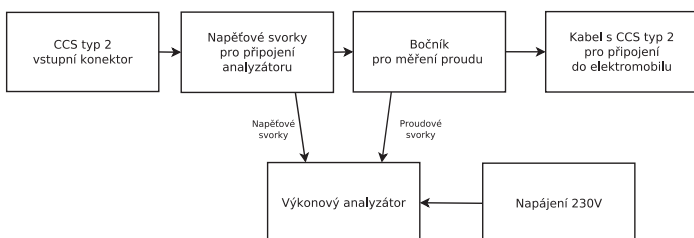
Měření na místě musí být co nejjednodušší a bez nutnosti zásahu do nabíjecího stojanu nebo elektromobilu, proto byl zvolen koncept měřicího přípravku, který má na jedné straně vstup pro konektor CCS typ 2 z nabíjecího stojanu a na straně druhé kabel s konektorem CCS typ 2 pro zapojení do elektromobilu. Řízení celého nabíjení zajišťuje elektromobil. Tím došlo ke snížení nákladů na přípravku a je eliminována možnost poškození nabíjecího stojanu nebo elektromobilu. Uvedené řešení má výhodu, že měření dodaného výkonu probíhají v podmínkách, které jsou běžné pro nabíjení reálného elektromobilu. V případě potřeby je možné také relativně snadno provést výměnu typu konektoru pro nabíjení.

Blokové schéma vnitřního zapojení kabelového adaptéru ukazuje v celku jednoduchou konstrukci. Stěžejním bodem konstrukce bylo nalezení dostatečně výkonově dimenzovaných komponent a jejich propojení, aby výsledná konstrukce byla co nejlépe použitelná a bezpečná.

Přesnosti kabelového měřicího systému jsou ovlivněny především zvoleným bočníkem Tettex instruments 0,0001 Ω a analyzátozem ZES Zimmer LMG 610. Oba tyto hlavní komponenty již laboratoř vlastnila.



Obr. 1: Blokové schéma měřicího systému



Obr. 2: Blokové schéma vnitřního zapojení kabelového adaptéru

Pro základní měření není potřeba programovat softwarové rozhraní. Pokud by bylo potřebné automatizovat zápis měřených hodnot, bude možné připojit výkonový analyzátor k notebooku a napsat obsluhující program například v LabVIEW, METCAL, nebo pomocí jiného programovacího jazyka.

3.3 Výroba kabelového měřicího systému

Dle navržené koncepce kabelového měřicího systému bylo nutné vybrat všechny potřebné komponenty pro konstrukci kabelového měřicího adaptéru. Následně provést všechny potřebné úkony pro kompletaci. Důležitým faktorem výsledného přípravku je jeho co nejsnadnější přenositelnost. Proto byla vybrána kovová skříň s dveřmi a montážním panelem, pro snadnější uchycení vnitřních prvků. Rozměr skříň je 600 mm x 600 mm x 300 mm. Jedná se o poměrně robustní kovovou skříň, která přípravku zaručuje stabilitu. Připojené silové kabely s konektory váží jednotky kilogramů. Skříň je osazena pojezdovými kolečky pro snadnou manipulaci na rovných plochách. Pro snadnou nakládku do osobního automobilu byla přidána čtveřice madel. Pro uchycení a spojení vnitřního vybavení bylo využito běžně dostupných prvků. V rámci výroby jednoho prototypového kusu byl brán zřetel na užitnou hodnotu s cílem zbytečně nenavýšovat náklady o zakázkovou výrobu komponent na míru, ale zároveň mít možnost v případě potřeby vyrobít opakovaně další kus.



Obr. 3: Kabelový adaptér – pohled zepředu



Obr. 4: Kabelový adaptér – pohled zepředu, otevřené dveře

3.4 Popis použití

Po příjezdu elektromobilem na místo měření nabíjecí stanice bude kabelový adaptér vyjmut z vozu. Ručně se provede propojení kabelového adaptéru s analyzátozem. Napájení bude zajištěno z napájecí sítě 230 V. Provede se nastavení výkonového analyzátoru. Následně bude připojen konektor z nabíjecí stanice do kabelového adaptéru. Provede se překontrolování zapojení a v posledním kroku se zasune konektor z kabelového adaptéru do elektromobilu (některé nabíjecí stanice v tento okamžik zahájí nabíjení automaticky). Následně je možné zahájit nabíjení elektromobilu. V rámci měření je možné nabíjení elektromobilu přerušovat a znovu zapínat. Po ukončení dané části nabíjení je možné porovnat energii dodanou do elektromobilu indikovanou nabíjecí stanicí a naměřenou analyzátozem. Na analyzátozem je možné sledovat i další údaje. Například napětí, aktuální proud a výkon.

3.5 Test funkčnosti měřicího systému

Po kompletaci kabelového měřicího přípravku byly v laboratoři provedeny prvotní testy, zejména ověření správnosti propojení vodičů a dotažení spojů. Pro testování v laboratoři byly pořízeny a upraveny stejné konektory CCS typ 2 s vodiči, jako jsou obsaženy v kabelovém přípravku. Konektor CCS typ 2 zásuvka byl opatřen na svém konci oky, která jsou na konci spojena šroubem do zkratu. Druhý typ konektoru CCS typ 2 zástrčka s vodiči byl opatřen na svém konci oky pro připojení na zdroj proudu. Díky těmto konektorům s vodiči mohly proběhnout testy základní funkčnosti. Přípravek byl připojen na zdroj proudu Meatest M-150S a na svém výstupu byl zapojen do zkratu. Na napětové svorky výkonového analyzátozem Zimmer LMG 610 byl připojen kalibrátor Fluke 5500, aby simuloval nabíjecí napětí. V rámci těchto testů bylo možné si ověřit základní funkčnost měřicího systému a nastavit si výkonový analyzátozem na předpokládaný rozsah hodnot.

Během roku 2020 jsme provedli test v reálných podmínkách s elektromobilem a nabíjecí stanicí. Využitý elektromobil Hyundai Kona disponuje kapacitou baterie 39,2 kWh.

Optimální pásmo nabíjení je 20 % - 80 % kapacity baterie. Měření proběhlo ve spolupráci s PRE na nabíjecí stanici Delta EVC 110KW 4IN1 AC-PS-SBED5-00 (CCS DC 500 V / 200 A).



Obr. 5: Pohled na zapojený kabelový přípravek s analyzátozem



Obr. 6: Kompletní zapojení měřicího systému



Obr. 7: Výřez obrazovky nabíjecího stojanu při nabíjení



Obr. 8: Přístrojová deska vozidla Hyundai Kona při nabíjení

Měření probíhalo ve venkovním prostředí při teplotě 11,5 °C, tj. mimo standardní laboratorní rozsah přístrojů. V době psaní článku nebyl pro tyto teploty charakterizovaný výkonový analyzátor a bočník. Proto byl výpočet nejistoty založen na odborné predikci teplotní závislosti.

Měření splnilo svůj hlavní význam, ověřit funkčnost měřicího kabelového systému při reálném měření. V **tab. 1** je uvedena nejistota bez zahrnutí nejistoty rozlišení nabíjecí stanice i nejistota celková. Rozlišení testované nabíjecí stanice je 0,01 kWh. Při této konfiguraci by bylo vhodné stanovit jako minimální měřenou energii 5 kWh nebo více. Při následných praktických měřeních by stačilo realizovat pouze jedno měření například pro energii 10 kWh.

U měření č. 2 až č. 4 se pohybuje relativní odchylka kolem 0,5 %. Měření č. 1 mohlo být ovlivněno nedostatečným zahřátím výkonového analyzátoru. V rámci dalšího pokračování bude nutné měřicí systém optimalizovat, metrologicky charakterizovat a provést více měření.

Všechny naměřené referenční hodnoty uvedené v **tab. 1** byly nižší než hodnoty indikované nabíjecí stanicí. K tomuto stavu přispívá úbytek napětí na přidané části kabelů. Napětí měří výkonový analyzátor až po 2 m vedení. Jedná se o hodnotu přidaného odporu 9,4 mΩ (hodnota zahrnuje i přechodový odpor kontaktů a spojů). Tento stav byl zahrnut do nejistoty měření, protože nebyla provedena kompenzace do referenční hodnoty (měřila se pouze energie dodaná nabíjecí stanicí a nemáme záznam vývoje proudu v čase). Při praktickém využití systému bude třeba tuto vlastnost

eliminovat nebo kompenzovat. Řešením je umístit napěťové svorky výkonového analyzátoru přímo do výkonové zásuvky konektoru CCS typ 2 v měřicím adaptéru. Tím by úbytek napětí byl značně eliminovaný.

Do budoucna je plánováno zaznamenávat nabíjecí napětí a proud v čase, aby bylo možné vyhodnotit i nabíjecí charakteristiky.

3.6 Splnění potřebných parametrů

Nabíjecí proud: do 200 A

Přípravek umožňuje měření proudů do 200 A. Tato hodnota je především dána technologickými vlastnostmi přírodních vodičů. Případné rozšíření je možné nákupem jiných. Komplikací může být, že konektory s kabely pro hodnoty nad 200 A obsahují aktivní kapalínové chlazení.

Nabíjecí napětí: do 850 V

Tento bod je splněn. Tato hodnota je omezena technickou specifikací konektoru zásuvky CCS typu 2. Zástrčka má udanou hodnotu 1000 V. 1000 V je zároveň maximální mez pro aktuálně použitý výkonový analyzátor LMG 610.

Přesnost: do 0,2 % v referenčních podmínkách

Jak ukazuje výpočet nejistot v **tab. 1**, tak nejistoty do 0,2 % jde v referenčních podmínkách docílit, protože i při reálném měření jsme se hodnotě 0,2 % velmi přiblížili. Bez zahrnutí nejistoty rozlišení jsme přesně na 0,2 %. Tuto nejistotu půjde snížit tepelnou charakterizací bočnicku a eliminací nejistoty způsobené úbytkem napětí na přidaných vodičích před napěťové svorky výkonového analyzátoru. Celková nejistota byla v pásmu (0,24 - 0,26) %. Nejistotu z rozlišení je možné snižovat z naší strany pouze zvětšením hodnoty měřené energie.

Typ nabíjecího napětí: stejnosměrné – splněno

Konektor na straně nabíjecího stojanu: CCS typ 2 – splněno

Konektor na straně do elektromobilu: CCS typ 2 – splněno

Podmínky provozu: venkovní prostředí, umístění do osobního automobilu

Vyrobený měřicí systém je možné převážet v kufru automobilu. Provoz ve venkovním prostředí není ještě úplně vyřešen. Měření za nepříznivého počasí by aktuálně nebyla příliš proveditelná.

Napájení: z elektrické sítě na 230 V (ideálně z automobilové zásuvky na DC 12 V nebo provoz na vlastní baterii)

Aktuální napájení je pouze z elektrické sítě 230 V, bude rozšířeno.

3.7 Shrnutí možných vylepšení

- Zavedení napěťových svorek výkonového analyzátoru přímo do vstupního konektoru CCS typu 2. Tím dojde k potlačení chyby způsobené úbytkem napětí na kabelovém adaptéru.
- Provedení teplotní charakterizace použitého bočnicku nejvýše v mezích operačních teplot udaných výrobcem (0 až 40 °C) i teplotní charakterizace výkonového analyzátoru Zimmer LMG 610. Na základě zjištěných hodnot se rozhodnout o možných řešeních. Například výroba nebo koupě termostatických boxů, aby bylo možné v rámci rozpětí venkovních teplot udržovat bočnick a výkonový analyzátor ve známých a konstantních podmínkách.
- Implementovat napájení aparatury z 12 V, aby nebylo potřeba elektrické napájecí sítě na 230 V. V praxi nebude běžné, že v místě měření bude dostupná elektrická zásuvka.
- Zaznamenávat výkonovým analyzátozem nabíjecí napětí a proud v čase.
- Optimalizovat konstrukci pro měření i za nepříznivého počasí.

4. Závěr

Odhadujeme, že ČR je z hlediska poměru nově zaregistrovaných osobních elektromobilů k celkovému počtu nově registrovaných osobních automobilů zpožděna asi 2 roky za průměrem EU a z hlediska poměru počtu osobních elektromobilů k celkovému počtu registrovaných osobních automobilů asi 5 let za průměrem EU. Globálně se předpokládá rychlý nárůst počtu elektromobilů, nabíjecích stanic atd. Očekávat lze též snižování cen elektromobilů v návaznosti na pokles cen baterií. Využívání více typů konektorů komplikuje nabíjení. Výrobci by se do budoucna měli snažit o unifikaci a počet konektorů snížit. Je možné, že v budoucnu dojde globálně ke sjednocení na konektoru Chaoji / CHAdeMO 3.0. Je také možné, že u tohoto konektoru již bude řešeno měření napětí pomocí dalšího páru vodičů, kterými neprotéká silový proud a nebude třeba řešit kontrolu ztrát na vedení. Konektor bude podporovat obousměrný tok energie, takže bateriový zdroj v autě bude možno použít k exportu energie z automobilu zpět do sítě nebo do domu během výpadku napájení. Využití obousměrného toku energie může v budoucnu zefektivnit provádění kalibrační metodou 2.

Tabulka 1: Přehledová tabulka naměřených hodnot

Číslo měření	Stav nabití vozu		Hodnota energie		Odchylka		Nejistota (k=2)	
	Počátek	Konec	Nabíjecí stanice	Referenční (LMG610)	Absol.	Rel.	Bez rozliš. nab. stanice	Celková
(-)	%	%	kWh	kWh	kWh	%	%	%
1	24	32	4,480	4,430	0,050	1,12	0,20	0,24
2	44	54	4,550	4,527	0,023	0,51	0,20	0,24
3	54	65	4,630	4,607	0,023	0,51	0,20	0,24
4	65	74	3,4800	3,4633	0,0167	0,48	0,20	0,26

Lze předpokládat, že uživatelé elektromobilů budou v budoucnu, stejně jako v současnosti, nabíjení elektromobilů z ekonomických důvodů i s ohledem na životnost baterie realizovat z větší části doma, či v zaměstnání, pomocí pomalého nabíjení. Je však možné, že i pomalé nabíjení bude v budoucnu stejnosměrné a elektromobily nebudou mít kvůli úspoře hmotnosti a ceny zabudovanou nabíječku se střídavým vstupem. Rychlé stejnosměrné nabíjení, které je dražší a může snižovat životnost baterie bude využíváno především při delších cestách. Vzhledem k vyšším cenám a veřejnému přístupu by se pohled metrologů měl zaměřit právě k veřejnému rychlému stejnosměrnému nabíjení. Předpokládáme postupný růst nabíjecích výkonů stejnosměrných nabíjecích stanic a též růst schopností elektromobilů a dalších elektrických dopravních prostředků tento výkon využít při nabíjení.

Získané informace ohledně kalibračních postupů pro kalibraci elektrické energie dodané z nabíjecí stanice do elektromobilu interpretujeme tak, že pro kalibraci (ověření) elektroměru v nabíjecí stanici se vždy využije metoda 1 a pro kontrolu ztrát na vedení a případně ztrát způsobených AC/DC převodem se využije metoda 2. Platí ovšem, že čím budou nabíjecí výkony větší, tím bude měření metodou 2 problematictější. Kalibrace (ověřování) elektroměrů a převodníků metodou 1 je již ČMI zajišťována.

Je možné, že postupně vznikne globální postup pro zajišťování metrologické návaznosti energie dodávané z nabíjecí stanice do elektromobilu a výrobci měřidel vyvinou a uvedou do prodeje potřebnou měřicí techniku za rozumnou cenu.

Informace shromážděné v rámci úkolu a návazná stanoviska mohou být podkladem pro další směřování zajišťování metrologického zajištění elektromobility osobních automobilů a veřejné dopravy. V následujícím období plánujeme aktualizovat informace obsažené v této zprávě, charakterizovat vlastnosti (v závislosti na teplotě, odebraném proudu apod.) měřicího systému, který umožňuje s pomocí kabelového adaptéru, referenčního analyzátoru a elektromobilu měření metodou 2. V případě zajištění součinnosti ze strany provozovatelů předpokládáme provedení dalších měření na nabíjecích stanicích pro elektromobily.

Charakterizace měřicího systému a provedených měření může být využita k vylepšení současného měřicího systému. V případě poptávky bude třeba rozšířit nabídku metrologických výkonů v této oblasti.

Použitá literatura:

- [1] J. Zikán, J. Chroust, J. Kučera, T. Hrubý a J. Maleček: Závěrečná zpráva č. 1011-TR-Z0001-20 o plnění úkolu TR č. 20101103 „Metrologické zajištění elektromobility osobních automobilů a veřejné dopravy“.
- [2] <https://www.europarl.europa.eu/news/cs/headlines/society/20190313STO31218/emise-co2-z-aut-fakta-a-cisla-infografika>
- [3] <https://insideevs.com/news/463741/global-plugin-car-sales-november-2020/>
- [4] <https://www.eafo.eu/vehicles-and-fleet/m1#>


Výběr některých zdrojů informací:

<https://www.mpo.cz>
<https://www.mdcz.cz/>
<http://www.europarl.europa.eu>
<https://avt.inl.gov/>
<https://oar.ptb.de/>
<https://www.iea.org/>
<https://www.eafo.eu/>
<https://www.cdv.cz/>
<https://energetika.tzb-info.cz/>
<https://fdrive.cz/>
<http://www.hybrid.cz/>
<http://www.smartcityvpraxi.cz/>
<https://elektrickevozy.cz/>
<https://www.forumelektromobilita.cz>
<https://e-salon.cz/>
<https://www.chademo.com>
<https://support.fastned.nl/hc/en-gb>
<https://insideevs.com/>
<https://chargedevs.com/>
<https://electrek.co/>
<https://www.emobilserver.de/>



INFORMACE ČESKÉHO KALIBRAČNÍHO SDRUŽENÍ

ČKS plánuje v r. 2021 uspořádat akce, které byly zrušeny v r. 2020:

60. odbornou konferenci ČKS spojenou se schůzí spolku	<u>Součástí schůze spolku budou také volby nového výboru ČKS. Konference bude zaměřena na aktuální problémy kalibračních laboratoří a Autorizovaných metrologických středisek.</u>
Seminář „Vodoměry a měřidla tepla“	Bude zaměřen na legislativu v metrologii a autorizaci AMS. Hlavním tématem bude novelizovaný předpis MP 002, který je ve smyslu ČSN EN ISO/IEC 17025:2018.
	Místo konání akcí předpokládáme v hotelu Skalský dvůr v Lísku u Bystrice nad Pernštejnem



České kalibrační sdružení, z.s.
Slovinská 47, 612 00 Brno
Člen sdružení EUROCAL

Lze předpokládat, že vzhledem k epidemiologické situaci uvedené akce bude možné upravit až ve druhém pololetí 2021.

Programy a přihlášky budou uveřejněny na webových stránkách ČKS www.cks-brno.cz. Na těchto stránkách naleznete rovněž informace o podmínkách členství v Českém kalibračním sdružení, kontakt je e-mail: sekretar@cks-brno.cz

NOVĚ AKREDITOVANÉ ZKOUŠKY INTEGRITY PILOT

Ing. Vilém Migl

Technický a zkušební ústav stavební Praha, s.p.
pobočka České Budějovice

Od 29. 11. 2019 je pobočka České Budějovice nově akreditována na provádění zkoušek integrity betonových pilot metodami PIT (Pile Integrity Test) a CHA (Cross Hole Analyzer).

PIT – Pile Integrity Test

Low Strain Pile Integrity Testing je rychlá a cenově výhodná metoda testování betonových pilot, která je schopna přinést informace o:

- délce piloty
- spojitosti piloty
- konzistenci materiálu
- poloze vady
- stupni poškození

Tento způsob testování pilot je uveden v normě ČSN EN 1536+A1:2016 Provádění speciálních geotechnických prací – Vrtané piloty.



Obr. 1: Zkušební zařízení pro zkoušku integrity betonových pilot metodou PIT

Pro měření integrity je používáno zařízení Pile EchoTester (PET), které využívá akustické vlny, vyvolané malým rázem speciální kladívka, šířící se od hlavy piloty k její patě. Změny tvaru a kvality materiálu díky piloty jsou příčinou odrazů, které jsou snímány a zaznamenány na povrchu hlavy piloty jako návratové vlny. Křivky se zaznamenávají a ukládají do přenosného PC.

CHA – Cross hole analyzer

Kontrola integrity pilot a podzemních stěn ultrazvukem se provádí pomocí přístroje CHA, který zjišťuje kvalitu betonu mezi párem předem instalovaných trubek ve vrtaných pilotách, podzemních stěnách nebo jiných typech betonových základů.

Dosažitelná hloubka není omezena ničím jiným než délkou použitých kabelů. Jejich standardní délka je 100 metrů.

Oblast použití:

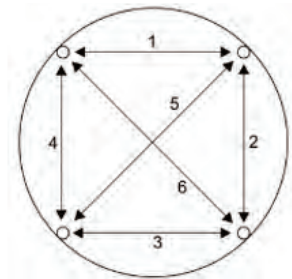
- vrtané piloty
- podzemní stěny
- předrážené piloty betonované na místě

Princip zkoušky:

Zkouška spočívá v provedení paralelního vzestupného pohybu dvou akustických sond (vysílače a přijímače) v předem instalovaných trubkách. První sonda (vysílač) vysílá



Obr. 2: Schematické znázornění páru trubek a signálu poslaného z vysílače (V) k přijímači (P)



Obr. 3: Znázornění měřících profilů piloty se čtyřmi trubkami

vysokofrekvenční signál, který je detekován druhou sondou (přijímačem) umístěnou v protilehlé trubce. Při paralelním vzestupu sond je přístrojem CHA v pravidelných hloubkových intervalech zaznamenáván čas potřebný k přenosu impulsu a energie signálu. Tyto dvě veličiny vypovídají o kvalitě betonu mezi párem trubek v konkrétní hloubce. Tímto způsobem je kontrolována celá délka piloty. Test je následně opakován pro každý pár trubek. To dovoluje prozkoumat celou pilotu podélně i příčně.

Ultrazvukem je v kontrolované oblasti piloty možné odhalit závadná místa různého původu:

- šterková hnízda
- kaverny, dutiny
- předměty s modulem pružnosti výrazně odlišným od betonu
- špatnou kvalitu betonu (znečištění)
- spáry a pracovní spáry se sníženou kvalitou betonu
- zúžení profilu piloty



Obr. 4: Zkušební zařízení pro zkoušku integrity betonových pilot metodou CHA

Závěr

Na základě roční zkušenosti s prováděním zkoušek integrity betonových pilot na stavbách pozemních komunikací metodami PIT (Pile Integrity Test) a CHA (Cross Hole Analyzer), lze konstatovat, že uvedené metody se velmi osvědčily a díky nim byly odhaleny některé nedostatky (šterková hnízda, kaverny, dutiny, spáry a pracovní spáry), které bychom jiným způsobem obtížně zjišťovali.

MĚŘENÍ ELEKTROMAGNETICKÝCH VELIČIN NA ZÁKLADĚ KVANTOVÝCH PRINCIPŮ – ČÁST II.

Ing. Martin Hudlička, Ph.D.

Český metrologický institut

1. Úvod

Tento příspěvek je pokračováním příspěvku [1], ve kterém byly diskutovány důsledky redefinice soustavy základních jednotek SI na některá elektromagnetická měření a byl ukázán způsob, jakým lze na základní přírodní konstanty metrologicky navázat měření intenzity elektrického pole. V tomto příspěvku bude pozornost věnována měření intenzity magnetického pole a v elektrického výkonu na základě kvantových principů.

2. Měření intenzity magnetického pole – současný stav

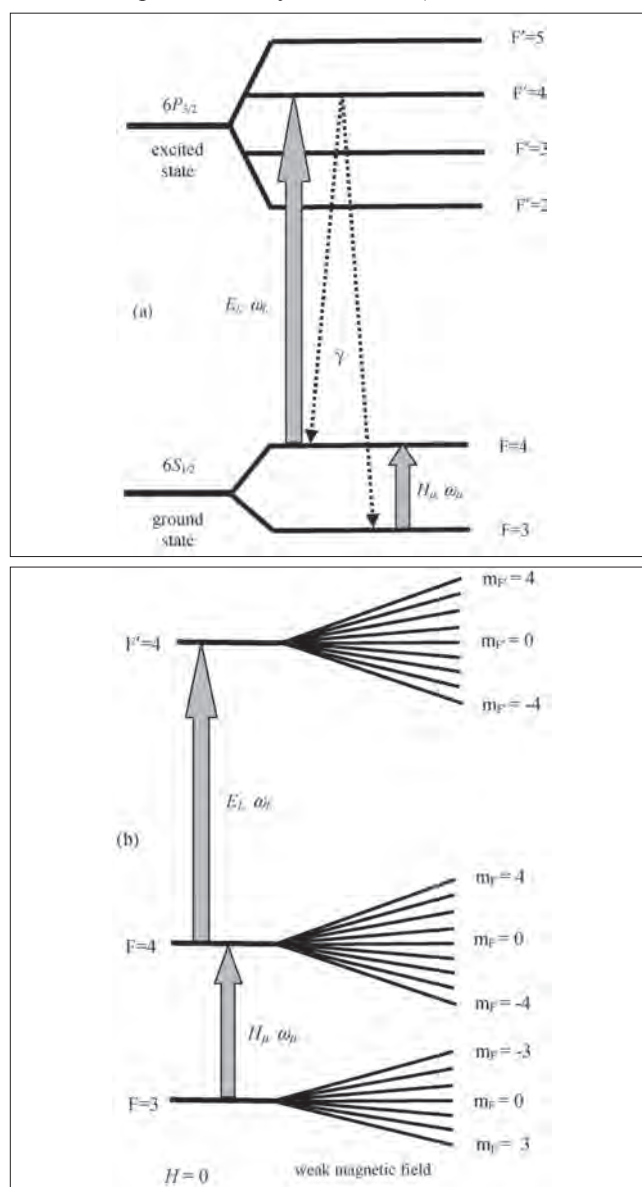
Intenzita magnetického pole je obvykle měřena sondami magnetického pole pracujícími na různých principech. Jedním z nich je použití tří malých ortogonálních smyčkových antén (izotropní měření). Pro měření intenzity magnetického pole s velkou citlivostí jsou používány Hallovy sondy nebo senzory využívající jevu magnetorezistance (změna elektrického odporu feromagnetických látek po přivedení vnějšího magnetického pole, viz např. přehledový článek [2]). Kalibrace sond magnetického pole je provedena obvykle za použití Helmholtzových cívek, mezi kterými lze vytvořit homogenní magnetické pole definované velikostí. Jde o dvojici kruhových cívek se stejným poloměrem a stejným počtem závitů, které jsou umístěny rovnoběžně podél osy procházející jejich středy ve vzdálenosti odpovídající jejich průměru. Cívky jsou zapojeny v sérii a v polovině spojnice jejich středů vzniká téměř uniformní magnetické pole. Meze použitelnosti Helmholtzových cívek pro kalibraci sond magnetického pole jsou diskutovány např. v [3]. Intenzita magnetického pole ve středu cívek je dána vztahem

$$H_x = \frac{N_1 I r_1^2}{2(r_1^2 + a_1^2)^{3/2}} + \frac{N_2 I r_2^2}{2(r_2^2 + a_2^2)^{3/2}}, \quad (1)$$

kde H_x je intenzita magnetického pole v axiálním směru, N je počet závitů cívek, r je poloměr cívek, I je proud procházející cívkami, a_1 (a_2) je vzdálenost cívky 1 (2) od středu. Pro Helmholtzovy cívky podle výše uvedené definice tedy platí $r_1 = r_2 = r$, $N_1 = N_2 = N$, $2a_1 = 2a_2 = r$. Lze nalézt i práce diskutující systém čtvercových cívek [4] nebo systém tří smyčkových antén [5] pro zlepšení uniformity magnetického pole. Pro menší úroveň magnetického pole lze využít (stejně jako v případě elektrického pole) obdélníkové TEM cely s vypočitatelnou intenzitou magnetického pole a známým průběhem siločar pole. Pro kalibraci samotných Helmholtzových cívek neexistuje uspokojivá metoda. Lze použít buď referenční sondu magnetického pole, nebo smyčkovou anténu umístěnou ve středu cívek (v obou případech je narušena uniformita pole).

3. Měření intenzity magnetického pole – Zeemanův jev

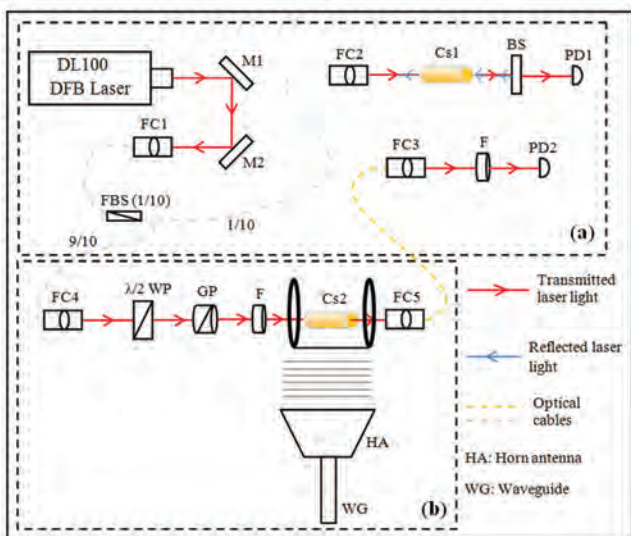
Neinvasivní metody pro měření intenzity magnetického pole a pro kalibraci smyčkových antén používají optické magnetometry na principu Zeemanova jevu, při němž dochází k rozdělení spektrální čáry atomu nebo molekuly na několik komponent v přítomnosti statického magnetického pole. Diskrétní energetické hladiny atomů jsou tak rozděleny do mnoha dalších a lze měřit i na jiných kmotočtech. Kromě toho je dělení energetických hladin atomů nebo molekul doprovázeno vyzařováním (nebo absorbováním)



Obr. 1: Hyperjemné hladiny základního stavu a vybuzeného stavu atomu ^{133}Cs s vyobrazenými laserovými a mikrovlnnými přechody (a); Zeemanovo štěpení energetických hladin po aplikaci slabého magnetického pole (b) [6]. Symboly S , P označují vedlejší kvantové číslo charakterizující moment hybnosti elektronu

polarizovaného světla během přechodů mezi různými energetickými hladinami. V práci [6] je použito dvojité radiooptické rezonance (DROR), která je výsledkem interakce atomů cesia ¹³³Cs a kombinace rezonance mikrovlnného a optického záření. Oproti dřívějším pracím, které se zaměřovaly na měření v malých uzavřených buňkách a jev DROR se používal hlavně ke kmitočtové stabilizaci oscilátorů [7], je použito měření v bezodrazové komoře a jev DROR je využit ve vzdálené zóně antény, kde je již elektromagnetické pole dostatečně uniformní. Energetické hladiny hyperjemných přechodů (základní a vybuzený stav) v atomu cesia ¹³³Cs jsou naznačeny na **obr. 1**. Pokud není aplikováno externí stacionární magnetické pole, kmitočet přechodu mezi hyperjemnými stavy $F = 3$ a $F = 4$ základního stavu $6S_{1/2}$ je 9,192 GHz. Po aplikaci stejnosměrného magnetického pole jsou energetické hladiny momentu hybnosti F rozštěpeny a dochází k posunu. Počet rozštěpených hladin je $(2F + 1)$.

Blokové schéma měřicího uspořádání je zobrazeno na **obr. 2**. K vybuzení požadovaných energetických stavů v atomu cesia je použit laser (distributed feedback laser, DFB) se šířkou svazku 3 MHz (vlnová délka 852 nm). Svazek je rozdělen v rozdělovači optického svazku (fibre beam splitter, FBS) na dvě části. Část s 10 % energie interaguje s referenční komorou označenou jako Cs1 a poté je 99 % energie odraženo zpět pomocí plochého zrcadla M; prošle 1 % energie je měřeno fotodetektorem PD1. Druhá část svazku (90 %) byla přivedena optickým vláknem do bezodrazové komory, kde interaguje s pracovní komorou Cs2. Intenzita prošlého svazku je měřena fotodetektorem PD2, který je umístěn vně bezodrazové komory a svazek je k němu přiveden optickým vláknem. Rozlad'ováním kmitočtu laseru bylo změřeno Dopplerovo absorpční spektrum z pracovní komory Cs2 a absorpční spektrum referenční komory Cs1 bylo dále použito pro dostavení kmitočtu laseru tak, aby bylo dosaženo požadovaných změn energetických hladin v atomech cesia. Elektromagnetické pole s vypočitatelnou intenzitou bylo



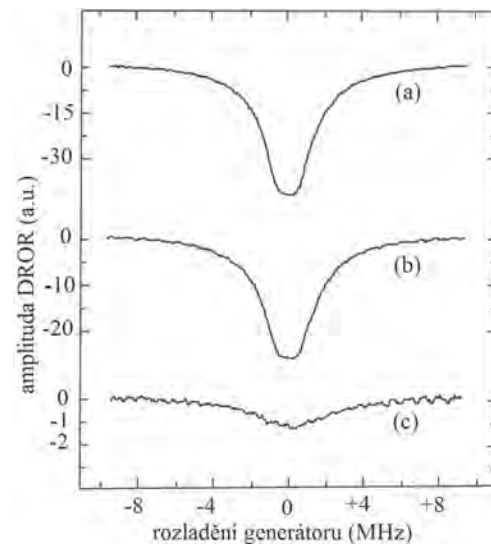
Obr. 2: Experimentální sestava pro měření DROR [6]: M = ploché zrcadlo, FBS = rozdělovač optického svazku, F = optický filtr, Cs = komora s parami cesia, GP = polarizační dělič, HA = trychtýřová anténa

vytvořeno v bezodrazové komoře pomocí mikrovlnného generátoru signálu, zesilovače, trychtýřové antény a dvojité směrové vazby (pro určení výkonu na vstupu antény). Pro zaznamenání spektra DROR byl kmitočet laseru ponechán na přechodu $6S_{1/2} (F = 4) - 6P_{3/2} (F' = 4)$ a kmitočet mikrovlnného generátoru byl rozlad'ován v okolí 9,192 GHz (pro měření amplitudy DROR byla použita pulsní modulace 125 Hz a následně lock-in zesilovač, jinak byl generátor provozován v režimu kontinuální vlny).

Komora Cs2 byla od ústí trychtýřové antény vzdálena 75 cm (vzdálená zóna). Intenzita magnetického pole v této vzdálenosti byla určena jako

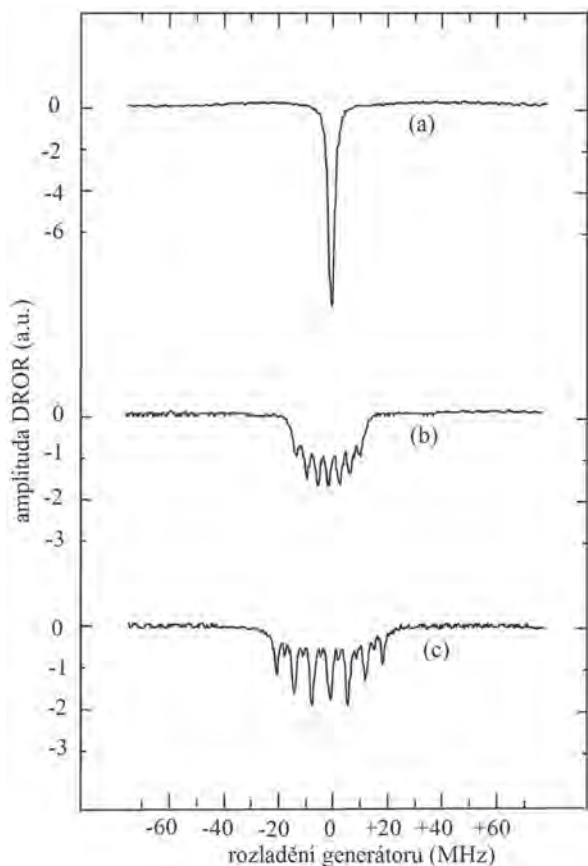
$$H = \frac{1}{\sqrt{377d}} \sqrt{\frac{PG}{4\pi}}, \tag{2}$$

kde P je výkon na vstupu antény, G je zisk antény, d je vzdálenost a vlnová impedance volného prostoru je 377Ω . Amplituda DROR rezonance je úměrná délce komory, viz **obr. 3**.

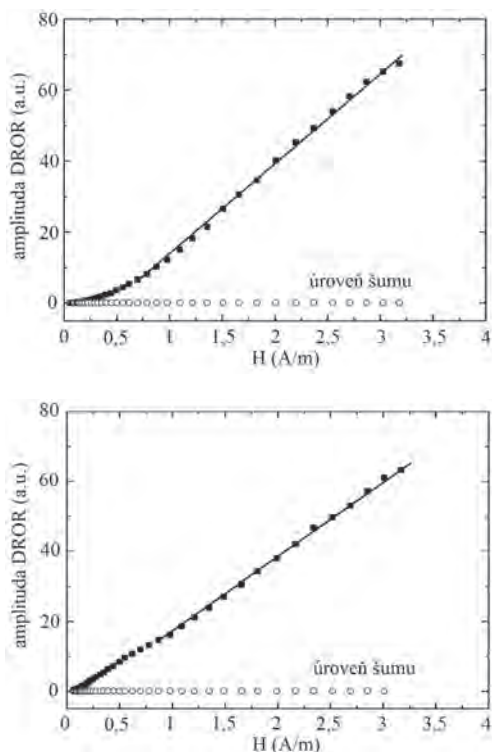


Obr. 3: Spektrum DROR signálu pro Cs komoru délky 50 mm (a), 20 mm (b) a 3 mm (c) [6]

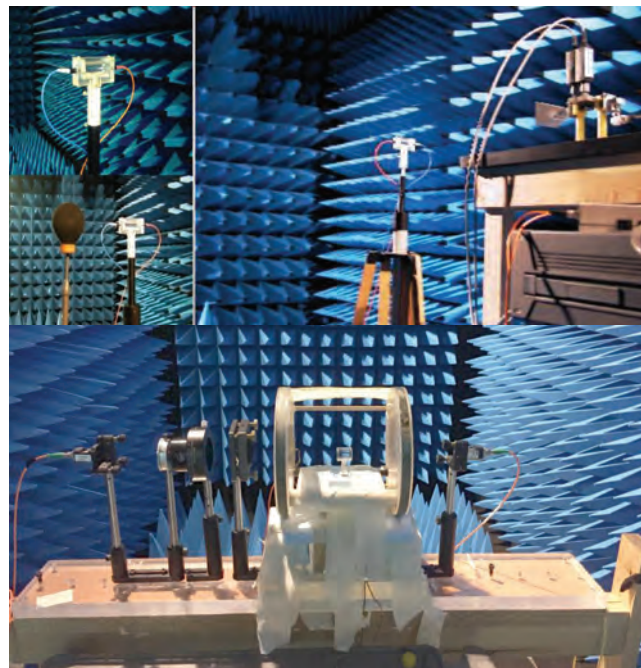
Pokud byla komora Cs2 vystavena ještě stacionárnímu magnetickému poli různé intenzity (vytvořenému Helmholtzovou cívkou) a intenzita mikrovlnného magnetického pole byla 3 A/m, bylo možné pozorovat Zeemanovo štěpení hladin podle teoretických předpokladů, viz **obr. 4**. Pro aplikace v metrologii je zajímavá závislost pozorované DROR na intenzitě mikrovlnného magnetického pole, viz **obr. 5**, přičemž dynamický rozsah měřicího systému byl cca 40 dB (modulace 10 kHz obdélníkovým signálem a použití lock-in zesilovače za PD2 v **obr. 2**). Výhodou této metody je měření pouze složky pole na jmenovitém kmitočtu (případně vyšší harmonické složky generovaného pole nemají vhodnou energii pro excitaci atomů) a minimální míra ovlivnění tvaru pole, nevýhodou je relativní složitost měřicího systému a teplotní závislost komponent. Přesnost a stabilita systému byly dále zkoumány v [8] a [9]. Fotografie současného systému (2019) jsou uvedeny na **obr. 6**.



Obr. 4: Spektrum DROR signálu při rozladování kmitočtu mikrovlnného generátoru při konstantním ss magnetickém poli (a) $< 20 \mu\text{T}$, (b) $0,65 \text{ mT}$, (c) $1,05 \text{ mT}$ [6]

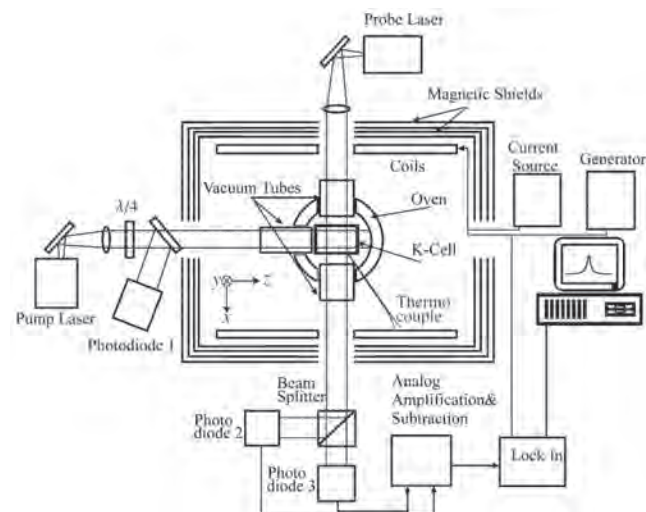


Obr. 5: Amplituda DROR v závislosti na intenzitě časově proměnného magnetického pole; (nahore) vertikální polarizace laseru i mikrovlnného záření, (dole) vertikální polarizace laseru a horizontální polarizace mikrovlnného záření [6]



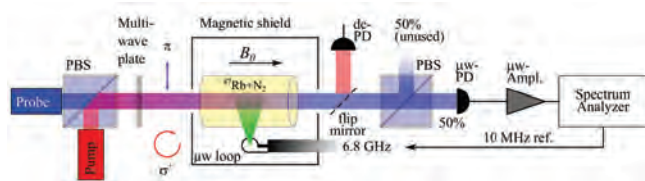
Obr. 6: Praktická realizace senzoru pro měření intenzity magnetického pole, TŮBITAK UME. Pracovní komora Cs1 (nahore) a referenční komora Cs2 (dole) [10]

Citlivost většiny magnetometrů klesá s $1/f$, kde f je kmitočet měřeného magnetického pole. Extrémních citlivostí (řádově pod $1 \text{ fT/Hz}^{1/2}$) lze dosáhnout na kmitočtech řádově stovek hertzů až jednotek kilohertzů. Magnetometr pro měření extrémně slabých magnetických polí v pásmu kmitočtů stovek MHz byl ukázán v [11]. Vysoká citlivost byla dosažena laděním Zeemanovy rezonance na kmitočet v pásmu stovek kHz se šířkou pásma cca 400 Hz . V práci je odvozen i limit pro dosažení citlivosti $0,01 \text{ fT/Hz}^{1/2}$ v objemu plynu 200 cm^3 . Atomy rubidia ^{87}Rb jsou opticky vybudeny ze základního stavu pomocí laserového záření (795 nm) a pomocí druhého laseru (780 nm) je sledována polarizace základního stavu atomů [12]. V přítomnosti magnetického pole s intenzitou B_0



Obr. 7: Experimentální uspořádání vř magnetometru [11]. Měřicí komora obsahuje helium ^4He , dusík N_2 a atomy draslíku K. Komora je zahřátá na teplotu $190 \text{ }^\circ\text{C}$

přestávají být energie atomových stavů příslušejících k danému základnímu stavu degenerované a nastává jev Larmorovy precese s úhlovým kmitočtem $\omega_L = \gamma \times B_0$, kde γ je gyromagnetický poměr. Magnetický moment částice tak začne opisovat kuželovou plochu s kmitočtem ω_L a atom se tak stává polarizovaným ve směru vnějšího magnetického pole, přičemž míra polarizace je měřitelná opticky ze změny výkonu záření prošlého komorou s plynem. Experimentální uspořádání NIST je ukázáno na obr. 8.



Obr. 8: Experimentální uspořádání pro měření extrémně slabých magnetických polí [12]

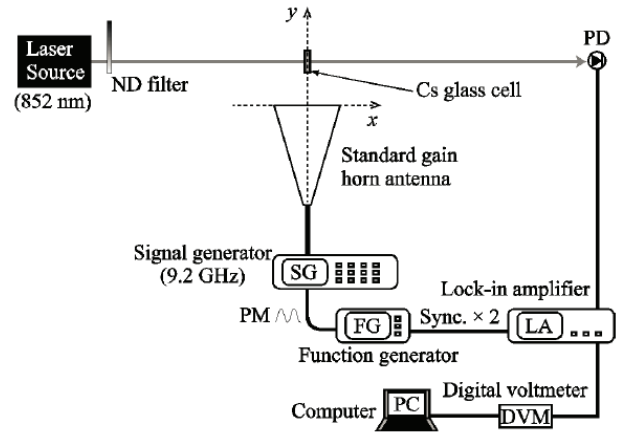
4. Měření intenzity magnetického pole – Rabiho kmitočt

Měření intenzity magnetického pole je možné také pomocí měření Rabiho kmitočtu atomů cesia ^{133}Cs ve skleněné komoře [13]. Pokud je atom se dvěma energetickými hladinami vystaven elektromagnetickému záření, jehož energie odpovídá energii přechodu mezi těmito dvěma úrovněmi, kvantový stav atomu se periodicky mění a atom osciluje mezi dvěma energetickými stavy. Tento periodický přechod je nazýván Rabiho oscilace a jeho kmitočt se nazývá Rabiho kmitočt. Tento princip byl již dříve použit pro měření vř elektrického výkonu v uzavřeném prostoru vlnovodu (bude diskutován v odst. 6), nicméně lze jej využít i pro měření intenzity magnetického pole ve volném prostoru. Přepočít mezi měřeným Rabiho kmitočtem Ω a intenzitou magnetického pole H je následující [13]

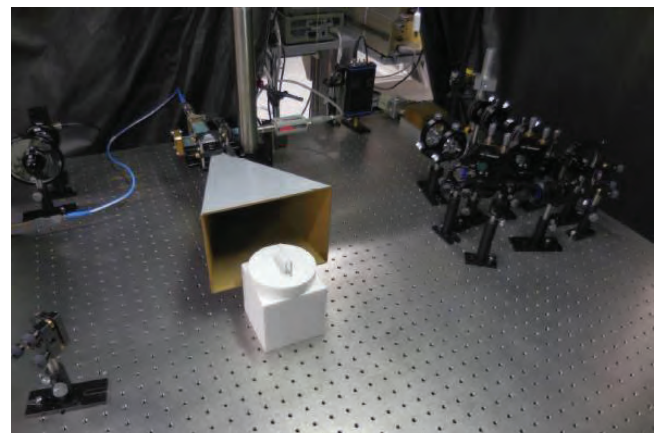
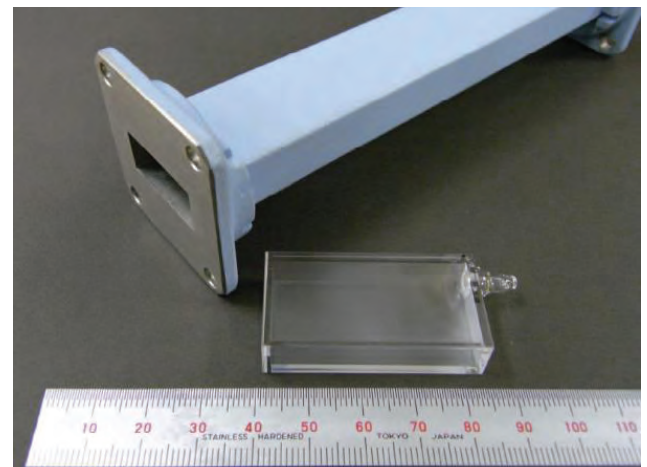
$$\Omega = \frac{2\pi\mu_0\mu_B g J_{34}}{\hbar} H, \tag{3}$$

kde μ_0 je permeabilita vakua, μ_B je Bohrov magneton, g , je Landého g -faktor, J_{34} je maticový prvek elektronového úhlového momentu mezi přechodem $|F = 3\rangle$ a $|F = 4\rangle$, \hbar Planckova konstanta. Schéma měřicího uspořádání pro měření prostorového rozložení intenzity magnetického pole používané v japonském národním metrologickém institutu AIST NMIJ je na obr. 9, fotografie systému je na obr. 10. Elektromagnetická vlna o kmitočtu 9,2 GHz¹ je vyzářena trychtýřovou anténou a dopadá na komoru naplněnou parami cesia ^{133}Cs . Odezva atomů na elektromagnetické pole je zkoumána měřením intenzity záření laseru s vlnovou délkou 852 nm.

¹ Kmitočt přechodu mezi hyperjemnými stavy atomu cesia ^{133}Cs je přesně 9,192 631 770 GHz, nicméně v textu bude pro jednoduchost uváděn kmitočt 9,2 GHz.



Obr. 9: Systém pro měření prostorového rozložení intenzity magnetického pole [13]

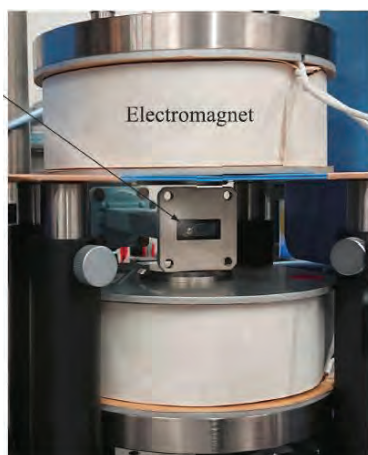
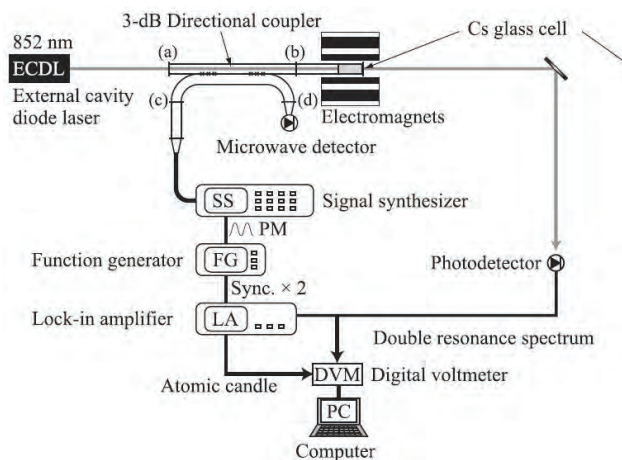


Obr. 10: Fotografie komory s cesiem (nahore) a měřicího uspořádání pro měření prostorového rozložení intenzity magnetického pole (dole) [14]

Při fázové modulaci vř elektromagnetického pole lze využít principu tzv. „atomové svíčky“ (atomic candle), kdy je měřen Rabiho kmitočt přechodů pomocí měření napětí za lock-in zesilovačem v obr. 9 jako

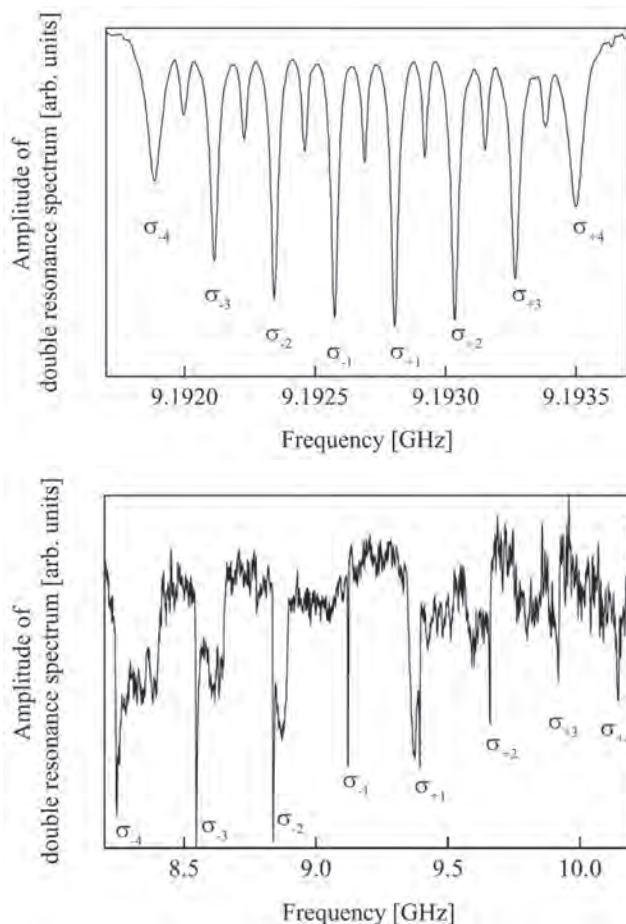
$$A_2 = \frac{1}{4} \frac{\phi_m^2 \omega_m \Omega^2 \gamma_1 (\gamma_1 \gamma_2 + \Omega^2)^{-1}}{\sqrt{(\Omega^2 - 4\omega_m^2)^2 + 4\gamma_1^2 \omega_m^2}}, \tag{4}$$

kde Φ_m je modulační index, ω_m je modulační kmitočet, γ_1 a γ_2 jsou příčná a podélná relaxační konstanta. Maximum A_2 jako funkce ω_m nastává pro $\Omega = 2\omega_m$. Měřením závislosti Rabiho kmitočtu na relativní intenzitě mikrovlnného záření byla zjištěna lineární závislost. Měřicí systém byl dále vylepšen v [15], přičemž se využívá faktu, že po aplikaci vnějšího stacionárního magnetického pole dochází k rozštěpení diskretních energetických hladin atomu cesia ^{133}Cs a Rabiho kmitočet po aplikaci vř elektromagnetického pole lze měřit nejen kolem kmitočtu 9,192 GHz, ale v širším pásmu od cca 8,2 GHz do 12,4 GHz (vlnodové pásmo X). Rabiho kmitočet byl měřen při fázové modulaci vř elektromagnetického pole (tento postup je používán pro stabilizaci intenzity elektromagnetického pole [16], [17]), přičemž dochází k amplitudové modulaci DROR spektra. Skleněná komora naplněná atomy ^{133}Cs byla vložena do vlnovodu WR-90 (vnější rozměry komory $22,5 \times 10 \times 43$ mm). Mikrovlnné záření je přivedeno pomocí dvojité směrové odbočnice na bránu (c), laserové záření na bránu (a), detektor úrovně je připojen na bránu (d), viz **obr. 11**. Pro dosažení rezonančního kmitočtu (Rabiho oscilace) 8,2 GHz bylo zapotřebí aplikovat intenzitu ss magnetického pole 41,2 mT (proud solenoidem cca 1 A). Intenzita magnetického pole byla měřena gaussmetrem umístěným ve vlnovodu.

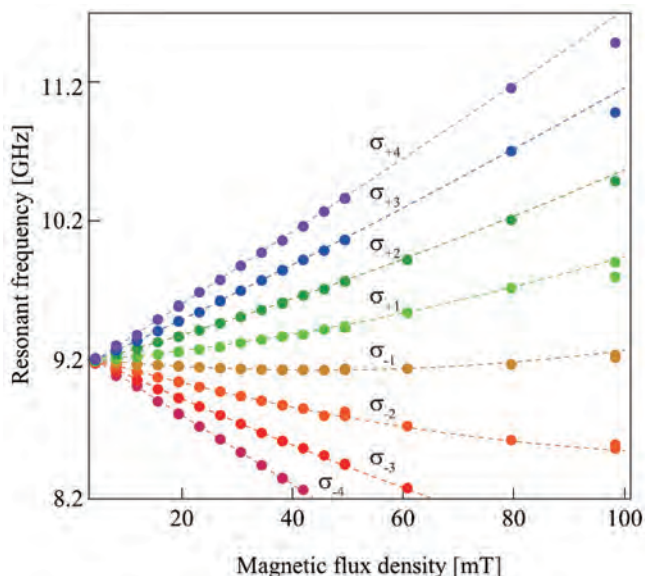


Obr. 11: Schéma experimentálního zařízení [15] pro měření dvojité radio-optické rezonance atomů ^{133}Cs při modulaci mikrovlnného záření (nahore), fotografie elektromagnetu a komory s ^{133}Cs (dole)

Spektrum DROR bez vnějšího ss magnetického pole a po aplikaci ss magnetického pole je na **obr. 12**. Minima amplitudy odpovídají rezonancím mikrovlnného záření s cesiovými atomy (měřená intenzita laserového svazku procházejícího komorou je minimální). Závislost každého rezonančního kmitočtu na intenzitě magnetického pole je vynesena v **obr. 13**.

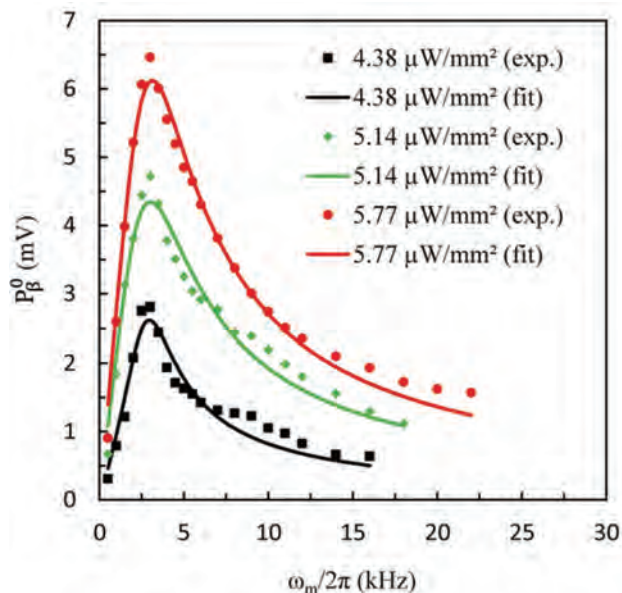


Obr. 12: Spektrum DROR bez vnějšího magnetického pole (nahore) a po aplikaci ss magnetického pole (dole) [15]



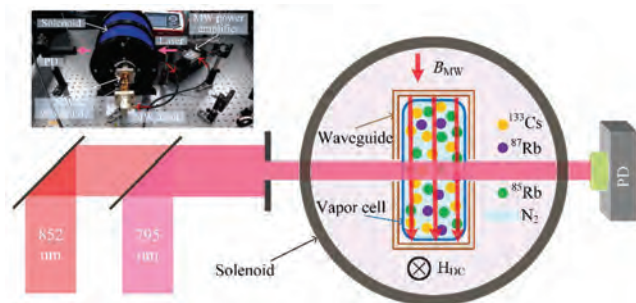
Obr. 13: Rezonanční kmitočty jako funkce intenzity magnetického pole [15]

Systém pro měření Rabiho rezonančního kmitočtu ve volném prostoru je vyvíjen také v čínském národním metrologickém institutu NIM [18]. Stejně jako u autorů z AIST/NMIJ byly provedeny experimenty s fázově modulovaným elektromagnetickým polem. Dále byl systematicky zkoumán vliv některých experimentálních parametrů (intenzita laserového záření, tlak plynu v komoře, rozměry komory) na tvar spektra Rabiho rezonancí. Bylo zjištěno, že je výhodné použít komoru (v podstatě dutinový rezonátor) s co nejnižším činitelem jakosti, protože pouze minimálně narušuje tvar aplikovaného elektromagnetického pole. Amplituda Rabiho rezonancí roste s rostoucí intenzitou aplikovaného laserového záření, dochází ale také k rozšíření šířky rezonanční křivky, viz **obr. 14**. Tlak plynu v komoře ovlivňuje četnost interakcí atomů ^{133}Cs se stěnou komory, a tím i relaxační čas, na kterém je závislá šířka a amplituda Rabiho rezonance (detaily viz [18]). Rozměry komory ovlivňují rozladění Rabiho kmitočtu oproti jeho teoretické hodnotě a je účelné použít komoru s co nejmenšími rozměry. Je vidět, že některé požadavky na přesnost měření se vzájemně vylučují a je nutné nalézt optimum.

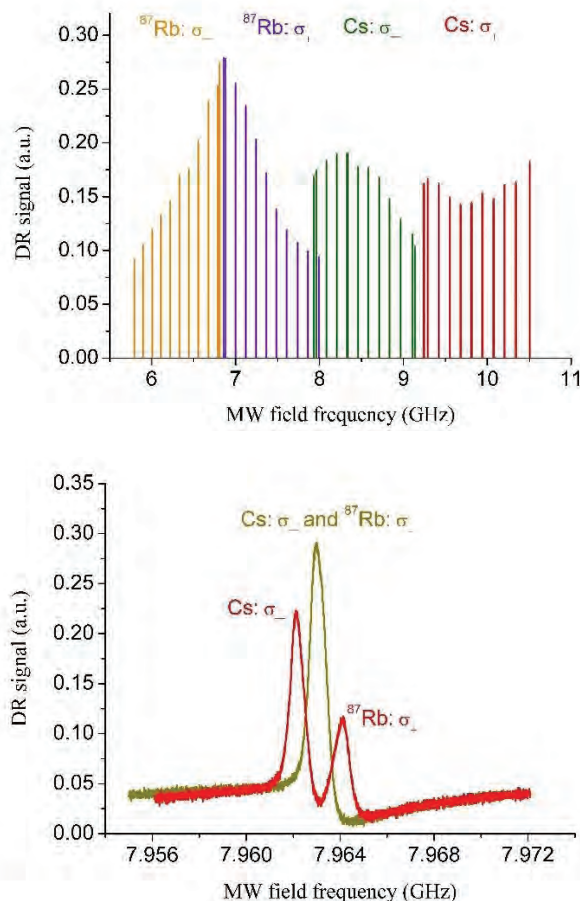


Obr. 14: Amplituda signálu Rabiho rezonance pro různé intenzity laserového záření [18]

Měření intenzity magnetického pole v rozmezí kmitočtů 5,79 GHz až 10,51 GHz bylo publikováno autory z čínského institutu NIM v [19]. V jedné měřicí komoře byla použita směs atomů ^{85}Rb , ^{87}Rb a ^{133}Cs . S pomocí zdroje stacionárního magnetického pole s intenzitou nižší než 0,05 T byl realizován systém pro měření ν_f magnetického pole (stacionární magnetické pole způsobí Zeemanovo štěpení energetických hladin, jak bylo popsáno výše). Schématické znázornění měřicího systému je na **obr. 15**. První z laserů rezonuje s jedním z přechodů ^{133}Cs na vlnové délce 852 nm, druhý laser rezonuje s jedním z přechodů ^{87}Rb na vlnové délce 795 nm. Na **obr. 16** jsou ukázány signály radiooptické rezonance atomů jednotlivých prvků. Změnou intenzity stacionárního magnetického pole lze dosáhnout přeladitelného měření intenzity magnetického pole. Při použití jiné ozářovací antény s kritickým kmitočtem menším než 5 GHz byly pozorovány také DR rezonance ^{85}Rb na kmitočtu 3,04 GHz.



Obr. 15: Laditelný systém pro měření intenzity ν_f magnetického pole. BMW = ν_f magnetické pole, HDC = stacionární magnetické pole, PD = fotodetektor [19]



Obr. 16: Dvojitá radiooptická rezonance (DR) v kmitočtovém pásmu 5,79 GHz až 10,51 GHz (nahore). Každá špička odpovídá DR signálu jiného Zeemanova přechodu s jinou intenzitou stacionárního magnetického pole. DR signály některých přechodů cesia a rubidia na kmitočtu kolem 7,963 GHz (dole) [19]

5. Měření ν_f elektrického výkonu – současný stav

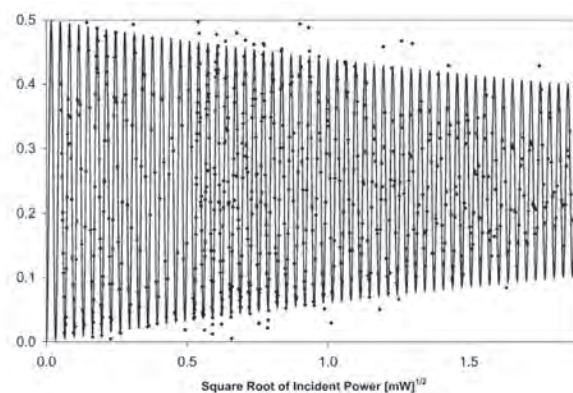
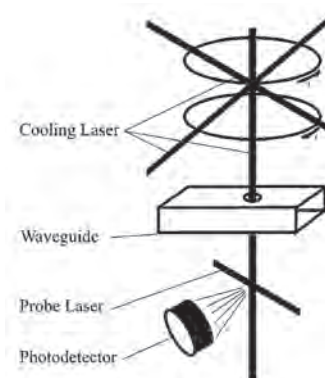
Současná realizace návaznosti ν_f výkonu je založena na nepřímém měření tepelných účinků stejnosměrného proudu a vysokofrekvenčního střídavého proudu v kalorimetru. Jde o jednu z nejpřesnějších metod měření výkonu používanou v mnoha národních metrologických institutech. Její nevýhodou je velmi dlouhá časová odezva (desítky minut) a problematická návaznost na jednotky SI v souvislosti se změnou

jejich definice. V dalších odstavcích budou popsány některé slibné realizace návaznosti vř výkonu na základě kvantových principů. V současnosti žádný světový národní metrologický institut nenabízí měření vř výkonu na kmitočtech přesahujících 117 GHz, ačkoliv již mnoho let probíhá výzkum nových typů kalorimetrů a vlnovodových měřičů výkonu v pásmu do 220 GHz.

6. Měření vř elektrického výkonu - Rabiho oscilace

Přivedení externího elektromagnetického pole o vhodném kmitočtu a vytvoření oscilace o kmitočtu Ω podle (3) mezi energetickými stavy v atomech (Rabiho kmitočet) lze využít i k měření vř elektrického výkonu. První experimentální systémy byly ukázány v kanadském institutu National Research Council (NRC) [20] s laserově chlazenými atomy rubidia a kmitočtem mikrovlnného záření cca 6,8 GHz a dále v americkém institutu NIST [21] s pomocí cesiové fontány, která využívá kmitočtu přechodů cca 9,2 GHz. Oba systémy využívají stejného principu, pouze s atomy jiného prvku. V systému [21] byla skupina cca 10^8 atomů ^{133}Cs zchlazena na teplotu několika mikrokkelvinů a zachycena v magnetooptické pasti (magneto-optical trap, MOT), která se skládá ze šesti laserových svazků, které se protínají ve středu „magnetické pasti“. Tato „past“ je tvořena párem anti-Helmholtzových cívek². Po zachycení atomů v pasti po dobu cca 300 ms jsou anti-Helmholtzovy cívky vypnuty a atomy jsou dále zchlazeny druhým systémem laserových svazků. Atomy nyní nejsou prostorově lokalizované, ale jejich pohyb je zpomalen laserovými svazky (tento systém je nazýván „optical molasses“ podle analogie pohybu částic ve velmi viskózním prostředí). K interakci vř elektromagnetického pole a zchlazených atomů dochází ve speciální rezonanční dutině a měří se Rabiho kmitočet oscilací, které při interakci vznikají. Pro ověření přesnosti měření byl výkon mikrovlnného záření ze stejného zdroje měřen ještě konvenčním způsobem pomocí diodového měřiče výkonu. První měřicí systémy NRC [20] i NIST [21] dosahovaly přesnosti v řádu několika procent a dynamického rozsahu cca 20 dB. Systém NRC byl nadále vyvíjen a optimalizován, viz [22] a [23], současný stav (2020) se nepodařilo zjistit vzhledem k odchodu klíčových pracovníků z institutu NRC. Namísto rezonanční dutiny byl použit úsek obdélníkového vlnovodu s lépe definovaným rozložением intenzity elektromagnetického pole. Výkon procházející vlnovodem lze měřit současně pomocí zchlazených atomů rubidia a konvenčním senzorem vř výkonu. Experimentální systém je schématicky naznačen na **obr. 17**, dosažená celková nejistota měření byla cca 10 % ve srovnání s referenčním měřičem výkonu, nicméně autoři uvádí možnosti, jak ji dále významně snížit.

² Dva páry koaxiálních mnohozávitových cívek, které jsou protékány proudy opačného směru a při vhodně zvolené geometrii lze docílit nulového magnetického pole v oblasti mezi cívkami a lineárně rostoucí intenzity magnetického pole směrem od spojnice středů cívek. Při splnění dalších podmínek lze takto vytvořit „magnetickou past“ pro atomy prvků s vhodnými energetickými stavy.



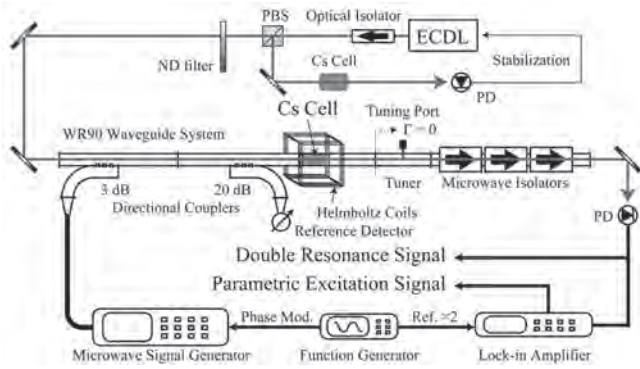
Obr. 17: Schéma experimentálního systému NRC [22] (nahore) a normalizovaná amplituda záření měřeného fotodetektorem v závislosti na velikosti dopadajícího výkonu (dole)

Systém pro měření vř výkonu na principu Rabiho oscilací je vyvíjen také v japonském metrologickém institutu AIST/NMIJ [24]. Pomocí DROR byl měřen Rabiho kmitočet oscilací par cesia ^{133}Cs uzavřených v komoře, k excitaci atomů byl použit ECDL (external cavity diode laser) s vlnovou délkou 852 nm. Měřicí uspořádání je schématicky naznačeno na **obr. 18**, fotografie uspořádání je uvedena na **obr. 19**.

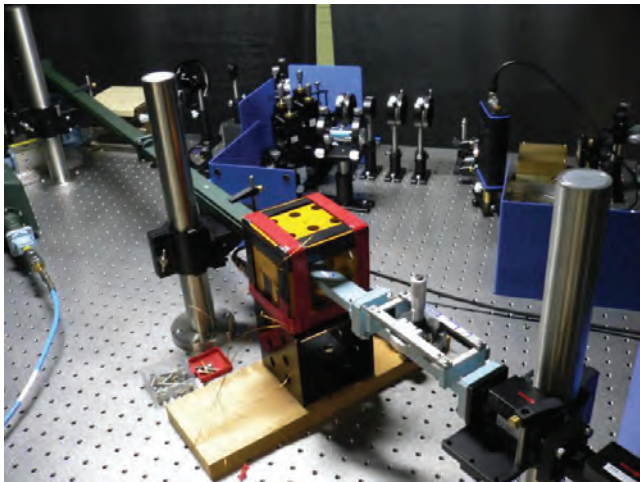
Komora s plynem je vložena do vlnovodu WR-90, ve kterém je vybuzen základní vid TE_{10} . Druhá mocnina úrovně referenčního detektoru je úměrná intenzitě elektromagnetického pole v komoře. Absolutní měření výkonu by vyžadovalo ještě analýzu impedančních poměrů v přenosové trase. Pár Helmholtzových cívek měl za úkol odstínit zbytkové magnetické pole v laboratoři a vytvořit jiné magnetické pole s definovaným směrem. V prvním kroku byl tedy změřen Rabiho kmitočet atomů ^{133}Cs . Z Rabiho kmitočtu byla vypočtena intenzita magnetického pole a z ní potom výkon mikrovlnného záření. Intenzita magnetického pole je s Rabiho kmitočtem svázána vztahem (3) a vř výkon dopadající na komoru s plynem lze potom vyjádřit jako

$$P_{\text{Rabi}} = \frac{\alpha H^2}{1 - |S_{11}|^2}, \quad (5)$$

kde α je převodní činitel mezi intenzitou magnetického pole uprostřed vlnovodu a vř výkonem dodaným do komory s plynem [26], S_{11} je komplexní činitel odrazu v rovině skleněné přepážky ve vlnovodu.



Obr. 18: Měřicí systém pro DROR a parametrické vybuzení signálu [24]. Spektrum DROR je měřeno fotodetektorem (PD)



Obr. 19: Fotografie měřicího systému pro systém DROR a parametrické vybuzení signálu [14]

V dalších pracích [25] a [26] byl celý systém dále optimalizován a výkon měřený metodou Rabiho oscilací byl porovnávan s referenčním kalorimetrickým měřičem výkonu (etalon výkonu NMIJ/AIST). Dále byly zkoumány systematické chyby měření vlivem rozměrů komory, impedančního nepřizpůsobení (stojaté vlnění v komoře), odchylky skutečného tvaru siločar magnetického pole ve vlnovodu od ideálního apod. V [25] byla provedena analýza nejistoty měření výkonu (relativní nejistota měření <4 %) a srovnání s referenčním kalorimetrickým měřičem výkonu, kde se dosáhlo stupně ekvivalence $E_n = 0,8$. V [26] byl dále zkoumán vliv polohy laserového svazku procházejícího vlnovodem, intenzity laserového svazku a jeho poloměru, tlaku plynu v komoře a další vlivy.

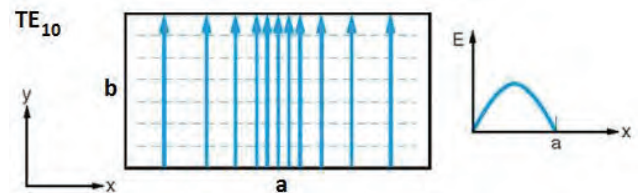
7. Měření vf elektrického výkonu - Rydbergovy atomy

Další způsob měření vf výkonu na základě kvantových principů byl zkoumán v NIST [27]. Jde o obdobu systému pro měření intenzity elektrického pole, který byl popsán v [1]. Využívá se elektromagneticky indukované průhlednosti EIT a Autler-Townesova štěpení energetických hladin atomů. Vypočitatelná intenzita elektrického pole E základního vidu TE_{10} v obdélníkovém vlnovodu (obr. 20) je svázána s přenášeným výkonem

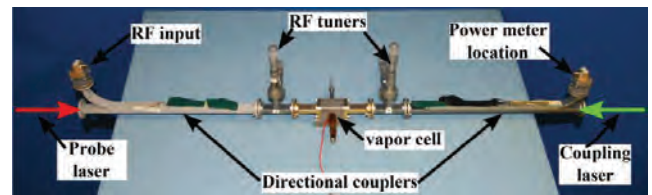
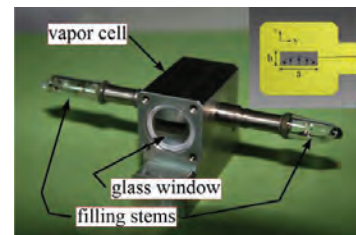
$$E = E_0 \sin\left(\frac{\pi}{a} x\right) \mathbf{a}_y, \tag{6}$$

$$P = E_0^2 \frac{ab}{4} \sqrt{\frac{\epsilon_0}{\mu_0}} \sqrt{1 - \left(\frac{c}{2af}\right)^2}, \tag{7}$$

kde a, b jsou rozměry vlnovodu, c je rychlost světla ve vakuu, f je kmitočet a ϵ_0 a μ_0 jsou permitivita a permeabilita vakua. Intenzita E_0 odpovídá středu vlnovodu ($x = a/2$). Pokud lze přesně určit E_0 , lze přesně určit i přenášený výkon P . Základní princip metody je uveden na obr. 8 v článku [1] (měření intenzity elektrického pole). V systému pro měření výkonu byl použit úsek vlnovodu WR-42 (pásmo 18 GHz až 26,5 GHz) se skleněnými okénky pro průchod laserového záření, viz obr. 21.



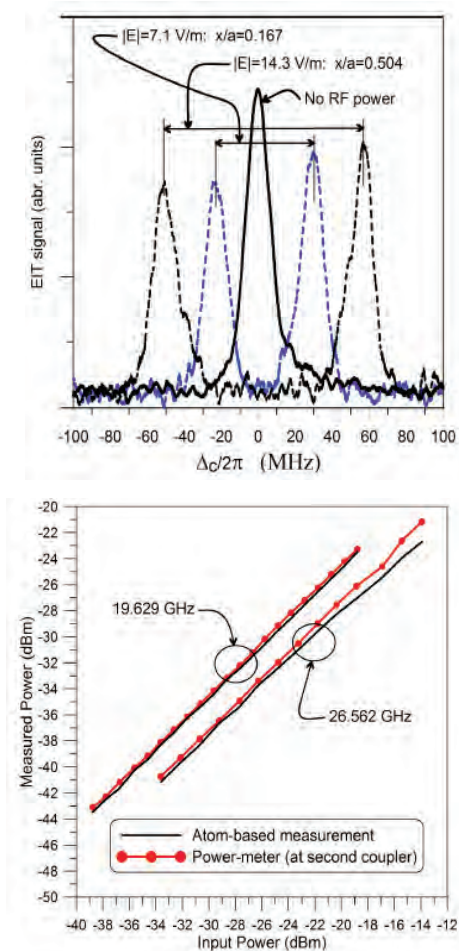
Obr. 20: Rozložení intenzity elektrického pole základního vidu TE_{10} v obdélníkovém vlnovodu



Obr. 21: Systém NIST pro měření vf výkonu [27]. Úsek vlnovodu naplněný parami ^{133}Cs (nahore) a hlavní část měřicího uspořádání (dole)

Výkon je do vlnovodu přiveden pomocí směrové odbočnice a na odbočné rameno druhé směrové odbočnice je připojen referenční měřič výkonu pro porovnání přesnosti metody. Pro eliminaci stojatého vlnění uvnitř úseku vlnovodu naplněného plynem (skleněná okénka) jsou použity ladící kolíky (RF tuners). Použitý vlnovod WR-42 s rozměry $a = 10,668$ mm a $b = 4,318$ mm umožňuje šíření pouze jednoho (základního) vidu v kmitočtovém pásmu 18 GHz až 27 GHz. Experimenty byly provedeny na kmitočtech 19,629 GHz a 26,526 GHz. Na obr. 22 je uveden příklad EIT signálu po rozladění laseru pro různé intenzity elektrického pole a porovnání měření výkonu pomocí navrženého kvantového systému a konvenčního měřiče výkonu.

Autoři uvádí poměrně vysokou nejistotu měření (je prováděn další výzkum vedoucí k jejímu snížení), nicméně systém je přímo návazný na základní jednotky SI přes Planckovu konstantu, pokrývá potenciálně mnohem širší kmitočtové pásmo než konvenční měřiče výkonu založené na tepelné substituci, a teoreticky lze docílit mnohem vyššího dynamického rozsahu.



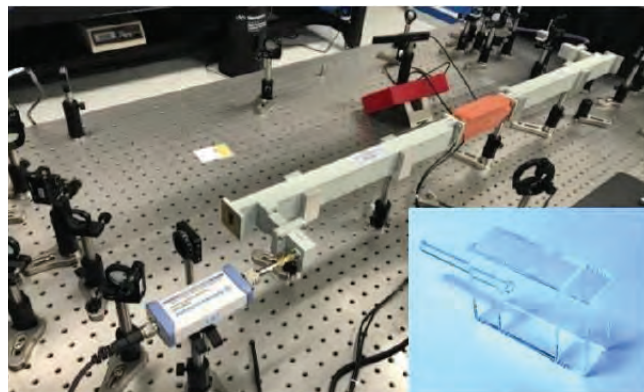
Obr. 22: Změřená rezonance EIT pro kmitočty 19,629 GHz a různé intenzity elektrického pole (nahore) a porovnání měření výkonu pomocí konvenčního měřiče a kvantového systému (dole), viz [27]

Podle dostupných informací je systém velmi podobný [27] vyvíjen také v čínském institutu NIM. Zatím proběhla pouze studie proveditelnosti a v [28] je uvedena fotografie měřicího uspořádání, viz obr. 23.

8. Měření ν f elektrického výkonu - Tlak elektromagnetického záření

Jinou metodou slibující přímou návaznost na jednotky SI je měření tlaku laserového záření (radiation pressure), které je zkoumáno v americkém NIST [29], [30]. Fotony světla nesou určitý moment a laserový svazek odražený od zrcadla uděluje sílu F vlivem změny momentu fotonů, která je úměrná optickému výkonu P jako

$$F = (2P/c)r \cos \theta, \quad (8)$$



Obr. 23: Prototyp měření výkonu v čínském institutu NIM [28]

kde $r = R + (1 - R)\alpha/2$ zohledňuje skutečnost, že absorbovaný foton předá veškerý svůj moment a odražený foton předá dvojnásobek svého momentu. R je odrazivost zrcadla, α je část světla absorbovaná zrcadlem, θ je úhel dopadu a c je rychlost světla ve vakuu.

V ideálním případě (kolmý dopad, dokonale odrazivé zrcadlo) je přenosový činitel síla/výkon roven $6,67 \times 10^{-9}$ N/W. Tento princip lze využít pro měření velmi vysokých optických výkonů v řádu kW až MW a později byl experimentálně ověřen i na GHz kmitočtech [31]. Měření umožňuje návaznost na SI přes jednotku kilogram, tedy Planckovu konstantu. Principem je vytvoření tlaku záření díky tomu, že elektromagnetické pole je při průchodu prostředím nositelem určitého momentu. Tento moment je zdrojem elektromagnetického tlaku (v jednotkách $\text{N} \cdot \text{m}^{-2}$) vyjádřeného jako

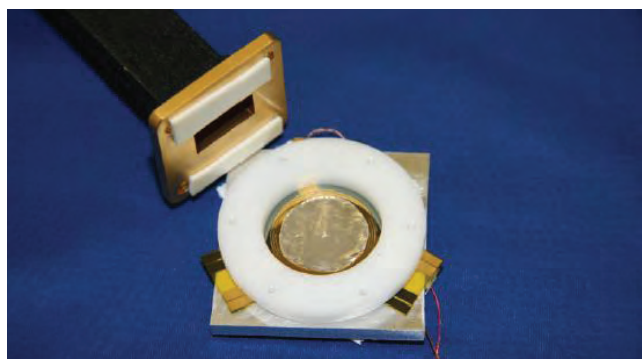
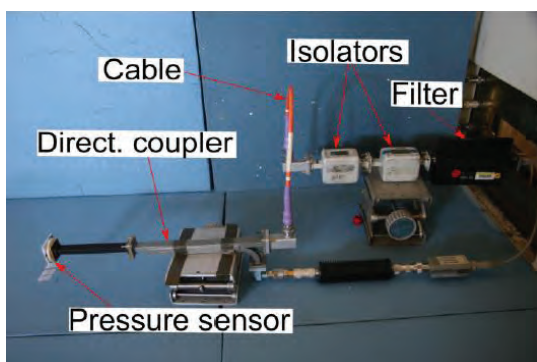
$$p = \frac{\langle \mathbf{E} \times \mathbf{H} \rangle}{c}, \quad (9)$$

kde c je rychlost světla ve vakuu a \mathbf{E} a \mathbf{H} jsou vektory intenzity elektrického a magnetického pole, symboly $\langle \rangle$ značí průměr přes určitý časový interval.

Měřením tohoto tlaku pomocí měření síly lze určit výkon nesený elektromagnetickým polem. V [31] je uvedeno měření síly pomocí kapacitního senzoru (výstupem je napětí závislé na tlaku) a ukázáno měření ν f výkonu ve vlnovodu v pásmu 12 GHz až 18 GHz s výkonem 0,12 W až 22,6 W (pro ilustraci – výkonu 23 W odpovídá měřená síla cca 150 nN). Měřicí uspořádání a detail kapacitního senzoru tlaku jsou na obr. 24, ν f výkon byl modulován kmitočtem 1 Hz a poté detekován pro lepší dynamický rozsah měření.

V práci [32] byl ukázán systém sestavený z běžně dostupných komponent. Místo kapacitního senzoru byla použita komerční váha a jako zdroj ν f výkonu byl použit magnetron z mikrovlnné trouby s impulsním výkonem cca 1 kW (kmitočty 2,45 GHz), viz obr. 25. Pro validaci výsledků bylo použito měření tepelné kapacity sklenice vody umístěné před ústí vlnovodu s magnetronem, která byla zahřívána průchodem elektromagnetického pole, a bylo dosaženo shody v rozmezí 3 %.

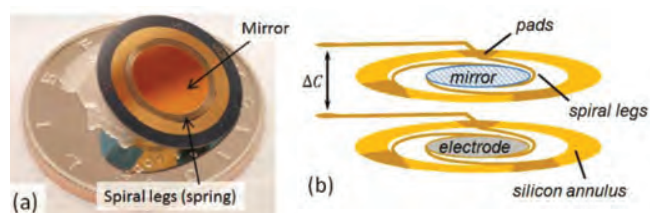
Další praktickou aplikací tohoto principu je kalibrace optických měřičů výkonu pro impulsní laserové záření v rozsahu výkonů 1 kW až 50 kW v americkém institutu NIST [33].



Obr. 24: Měřicí uspořádání (nahore) a detail senzoru tlaku před ústím vlnovodu (dole) systému pro měření vf výkonu, NIST [31]



Obr. 25: Měření výkonu magnetronu na principu měření tlaku elektromagnetického záření, NIST [32]



Obr. 26: Zjednodušený náčrt převodníku zhotoveného z křemíkového plátku o tloušťce 381 μm , který je tvořen zrcadlem a třemi spirálovými pružinami (a) a párem převodníků umístěných rovnoběžně ve vzdálenosti, která odpovídá rozdílu kapacity ΔC mezi deskami zrcadla a elektrody (b) [33]

Zjednodušený náčrt převodníku intenzity záření na tlak je ukázán na obr. 26. Uspořádání umožňuje kalibraci pomocí existujících etalonů optického výkonu na nižších úrovních, max. dosažená nejistota měření impulsního výkonu je menší než 1,7 %.

9. Závěr

V příspěvku bylo ukázáno, že stejně jako pro měření intenzity elektrického pole diskutované v [1] lze nalézt množství zajímavých experimentálních uspořádání i pro měření intenzity magnetického pole a měření vf elektrického výkonu. Kvantové realizaci měření intenzity magnetického pole a měření vf výkonu se vzhledem k velké finanční náročnosti věnuje pouze několik světových národních metrologických institutů (NRC Kanada, TÜBITAK UME Turecko, NIST USA, AIST/NMIJ Japonsko a NIM Čína). Uvedené měřicí systémy jsou dosud v experimentální fázi, nicméně některé instituty již provedly srovnání se svými vlastními etalony a uvádí velmi dobrou shodu [14]. O podobných systémech uvažují již delší dobu i některé evropské národní metrologické instituty (např. německý PTB, francouzský LNE nebo britský NPL – soukromé sdělení), ovšem vzhledem k finanční náročnosti je zatím nerealizovaly.

Poděkování

Příspěvek vznikl v rámci řešení projektu č. 201910131 „Příprava na redefinici jednotek SI v oboru vysokofrekvenčních elektrických veličin“ Českého metrologického institutu.

Použitá literatura

- [1] M. Hudlička, “Měření elektromagnetických veličin na základě kvantových principů – část 1,” *Metrologie*, roč. 29, č. 3, str. 26, 2020.
- [2] P. Ripka, M. Janošek, “Advances in Magnetic Field Sensors,” *IEEE Sensors Journal*, roč. 10, č. 6, str. 1108-1116, červen 2010.
- [3] E. L. Bronaugh, “Helmholtz coils for calibration of probes and sensors: Limits of magnetic field accuracy and uniformity,” *Proc. IEEE Int. Symp. Electromag. Compat.*, Atlanta, GA, srpen 1995, str. 72–76.
- [4] A. H. Firester, “Design of Square Helmholtz Coil Systems,” *Review of Scientific Instruments*, roč. 37, č. 9, str. 1264-1265, 1966.
- [5] J. Wang, S. She, and S. Zhang, “An improved Helmholtz coil and analysis of its magnetic field homogeneity,” *Review of Scientific Instruments*, roč. 73, č. 5, str. 2175-2179, 2002.
- [6] M. Cetintas, R. Hamid, O. Sen and S. Cakir, “Characterization of a Far-Field Microwave Magnetic Field Strength Sensor Based on Double Radiooptical Resonance,” *IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility*, roč. 52, č. 1, str. 21-31, únor 2010.
- [7] A. S. Zibrov, A. A. Zhukov, V. P. Yakovlev, and V. L. Velichansky, “Shape of the Signal of Double Radio-Optical Resonance in ^{85}Rb Atomic Vapors in Strong Fields,” *Journal of Experimental and Theoretical Physics Letters*, roč. 83, č. 4, str. 136-140, 2006.
- [8] M. Cetintaş, S. Cakir, R. Hamid and O. Sen, “Toward Absolute Measurements of Far-Field Microwave Magnetic Field by Atomic Sensor Based on Double Radiooptical Resonance,” *IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility*, roč. 54, č. 1, str. 225-227, únor 2012.

- [9] S. Cakir, R. Hamid, M. Cetintas, G. Cakir and O. Sen, "Sensing of RF Magnetic Fields Using Zeeman Splitting of Double Radiooptical Resonance and a New Approach to Helmholtz Coil Calibrations," *IEEE Sensors Journal*, roč. 12, č. 7, str. 2465-2473, červenec 2012.
- [10] C. Aslan, TÜBITAK/UME Turecko, 2019 (soukromé sdělení).
- [11] I. M. Savukov, S. J. Seltzer, M. V. Romalis, K. L. Sauer, "Tunable Atomic Magnetometer for Detection of Radio-Frequency Magnetic Fields," *Physical Review Letters*, roč. 95, č. 6, str. 063004, srpen 2005.
- [12] V. Gerginov, F. C. S. da Silva, A. Hati and C. Nelson, "An Atomic Sensor for Direct Detection of Weak Microwave Signals," *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, roč. 67, č. 8, str. 3485-3493, srpen 2019.
- [13] M. Kinoshita and M. Ishii, "Electromagnetic Field Sensor Based on Atomic Candle," *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, roč. 66, č. 6, str. 1592-1597, červen 2017.
- [14] M. Kinoshita, AIST/NMIJ Japonsko, 2019 (soukromé sdělení).
- [15] M. Kinoshita, Y. Tojima and H. Iida, "Frequency Extension of Atomic Measurement of Microwave Strength Using Zeeman Effect," *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, roč. 68, č. 6, str. 2274-2279, červen 2019.
- [16] J. G. Coffèr and J. C. Camparo, "Atomic stabilization of field intensity using Rabi resonances," *Phys. Rev. A, Gen. Phys.*, roč. 62, č. 1, str. 013812, červen 2000.
- [17] A. Tretiakov, L. J. LeBlanc, "Microwave Rabi resonances beyond the small-signal regime," *Physical Review A*, roč. 99, str. 043402, 2019.
- [18] X. Liu, Z. Jiang, J. Qu, D. Hou, X. Huang, and F. Sun, "Microwave magnetic field detection based on Cs vapor cell in free space," *Review of Scientific Instruments*, roč. 89, str. 063104, 2018.
- [19] F. Sun et al., "Tunable Microwave Magnetic Field Detection based on Rabi Resonance with a Single Cesium-Rubidium Hybrid Vapor Cell," *Applied Physics Letters*, roč. 113, str. 164101, 2018.
- [20] D. Paulusse, N. Rowell and A. Michaud, "Realization of an atomic microwave power standard," *Conference Digest Conference on Precision Electromagnetic Measurements (CPEM2002)*, Ottawa, Ontario, Canada, 2002, str. 194-195.
- [21] T. P. Crowley, E. A. Donley, and T. P. Heavner, "Quantum-based microwave power measurements: Proof-of-concept experiment," *Review of Scientific Instruments*, roč. 75, č. 8, str. 2575-2580, 2004.
- [22] D. C. Paulusse, N. L. Rowell and A. Michaud, "Accuracy of an atomic microwave power standard," *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, roč. 54, č. 2, str. 692-695, duben 2005.
- [23] D. C. Paulusse, C. Prevost and A. Michaud, "Rabi microwave power standard," *2008 Conference on Precision Electromagnetic Measurements Digest*, Broomfield, CO, 2008, str. 500-501.
- [24] M. Kinoshita, K. Shimaoka and K. Komiyama, "Determination of the Microwave Field Strength Using the Rabi Oscillation for a New Microwave Power Standard," *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, roč. 58, č. 4, str. 1114-1119, duben 2009.
- [25] M. Kinoshita, K. Shimaoka and K. Komiyama, "Atomic Microwave Power Standard Based on the Rabi Frequency," *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, roč. 60, č. 7, str. 2696-2701, červenec 2011.
- [26] M. Kinoshita, K. Shimaoka and Y. Shimada, "Optimization of the Atomic Candle Signal for the Precise Measurement of Microwave Power," *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, roč. 62, č. 6, str. 1807-1813, červen 2013.
- [27] C. L. Holloway et al., "A quantum-based power standard: Using Rydberg atoms for a SI-traceable radio-frequency power measurement technique in rectangular waveguides," *Applied Physics Letters*, vol. 113, no. 9, p. 094101, 2018.
- [28] Z. Song, "Towards a Quantum Standard for Radio/frequency Electric Field," *CCEM workshop on Radiofrequency and microwave metrology: recent developments and challenges*, BIPM, Sevres, France, 27. březen 2019.
- [29] P. A. Williams, J. A. Hadler, R. Lee, F. C. Maring, and John H. Lehman, "Use of radiation pressure for measurement of high-power laser emission," *Optics Letters*, roč. 38, č. 20, str. 4248-4251, 2013.
- [30] I. Ryger et al., "Micromachined Force Scale for Optical Power Measurement by Radiation Pressure Sensing," *IEEE Sensors Journal*, roč. 18, č. 19, str. 7941-7948, říjen 2018.
- [31] A. Artusio-Glimpse, M. T. Simons, I. Ryger, M. Kautz, J. Lehman and C. L. Holloway, "Measurement of Radio-Frequency Radiation Pressure," *Conference on Precision Electromagnetic Measurements (CPEM 2018)*, Paris, France, 2018, str. 1-2.
- [32] C. L. Holloway et al., "Measurement of Radio-Frequency Radiation Pressure: The Quest for a New SI Traceable Power Measurement," *2018 International Symposium on Electromagnetic Compatibility (EMC EUROPE)*, Amsterdam, Nizozemí, 2018, str. 386-390.
- [33] P. A. Williams et al., "Radiation-Pressure-Enabled Traceable Laser Sources at CW Powers up to 50 kW," *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, roč. 68, č. 6, str. 1833-1839, červen 2019.



NÁVRH A OVĚŘENÍ ALGORITMU PRO VYTVÁŘENÍ KOMPOZITNÍ ČASOVÉ STUPNICE

Ing. Petr Pánek, CSc., Ing. Alexander Kuna, Ph.D.

Ústav fotoniky a elektroniky, AV ČR

Na základě několika fyzicky realizovaných časových stupnic je možné vytvořit kompozitní časovou stupnici, jejíž vlastnosti jsou lepší než vlastnosti jednotlivých dílčích časových stupnic. Může se jednat o virtuální kompozitní časovou stupnici, tzv. paper scale, která je určena průběhem časových odchylek mezi touto časovou stupnicí a dílčími časovými stupnicemi, případně je možné kompozitní časovou stupnici fyzicky realizovat vhodným zařízením.

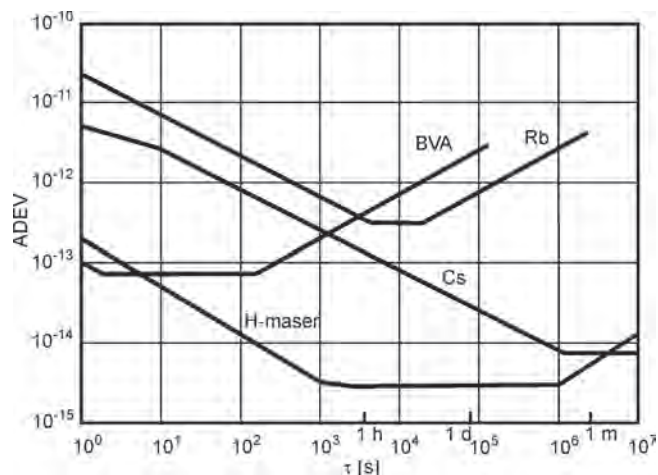
Vzhledem k tomu, že v České republice je v současné době k dispozici již řada kvantových zdrojů času a frekvence a předpokládá se, že v blízké budoucnosti budou k dispozici i optické zdroje frekvence, považujeme za účelné pokusit se o vytvoření kompozitní časové stupnice, která bude všechny tyto časové stupnice sdružovat. Prvním krokem k realizaci tohoto záměru je implementace a experimentální ověření algoritmu pro vytváření kompozitní časové stupnice navrženého tak, aby splňoval provozní požadavky Laboratoře státního etalonu času a frekvence.

Kompozitní časová stupnice

Vytváření kompozitní časové stupnice není jednoznačná úloha. To, jakým způsobem se kompozitní časová stupnice nad ansámblem dílčích časových stupnic vytváří, se odvíjí od konkrétních požadavků, které jsou na tuto časovou stupnici kladeny. Většinou je cílem dosáhnout co nejlepší frekvenční stability, ale ani tento požadavek není jednoznačný, protože frekvenční stabilita není charakterizována jediným parametrem, ale celým průběhem v časové nebo frekvenční doméně. Z pohledu obecného využití výsledné časové stupnice v metrologii času a frekvence se jako smysluplné ukazuje požadovat, aby frekvenční stabilita kompozitní časové stupnice charakterizovaná průběhem Allanovy deviace byla pro libovolnou délku časového intervalu co nejlepší a v každém případě lepší než frekvenční stabilita kterékoli z dílčích časových stupnic. Tento přístup také při návrhu kompozitních časových stupnic využívá většina laboratoří času a frekvence.

Typické průběhy Allanovy deviace běžně používaných generátorů času a frekvence jsou vyneseny na obr. 1. V oblasti kratších časových intervalů vykazují nejlepší frekvenční stabilitu aktivní vodíkové masery. Na druhou stranu, z hlediska dlouhodobé frekvenční stability mají nejlepší vlastnosti cesiové kvantové generátory. V oblasti nejkratších časových intervalů dosahují velmi dobré frekvenční stability špičkové krystalové oscilátory kategorie BVA (Boîtier à Vieillessement Amélioré). Je zřejmé, že vlastnosti časových stupnic generovaných různými generátory se do značné míry vzájemně doplňují a jejich sdružování do ansámbly a vytváření kompozitní časové stupnice umožňuje dosáhnout vysoké frekvenční stability ve velkém rozsahu časových intervalů.

K vytváření kompozitních časových stupnic se běžně používají dva přístupy. Tradičnější přístup spočívá ve vytváření časové stupnice jako váženého průměru dílčích stupnic [1]-[3]. Vhodnou volbou a aplikací váhových koeficientů lze zajistit určitou optimalizaci vlastností výsledné stupnice, jedná se ale spíše o *ad hoc* řešení. Výhodou tohoto přístupu je algoritmická jednoduchost a malá výpočetní náročnost.



Obr. 1: Typický průběh Allanovy deviace (ADEV) pro cesiové hodiny (Cs), rubidiový generátor (Rb), aktivní vodíkový maser (H-maser) a kvalitní krystalový oscilátor (BVA)

Pokročilejší přístup využívá aparátu Kalmanovy filtrace [3]-[5]. V laboratořích času a frekvence, které spravují větší soubor kvantových generátorů, se dnes s tímto přístupem setkáme nejčastěji. Návrh takového systému spočívá především ve správné volbě modelů dílčích časových stupnic a modelu chyb měření. Za předpokladu, že tyto modely jsou sestaveny tak, že správně odrážejí realitu, filtr zajistí optimální chování výsledné časové stupnice. Poměrně velká výpočetní náročnost není vzhledem k velké délce kroku filtrace závažným omezením. Při návrhu algoritmu vytváření kompozitní časové stupnice pro potřeby Laboratoře státního etalonu času a frekvence jsme se orientovali právě na použití přístupu založeného na Kalmanově filtraci.

Předpokladem vytváření kompozitní časové stupnice je velmi přesné navázání všech dílčích časových stupnic. To lze zajistit prostřednictvím signálů družicových navigačních systémů, dedikovaných optických vláken nebo plně optických sítí.

Pokud má být kompozitní časová stupnice fyzicky realizována, je třeba, aby tato realizace pokud možno vycházela z té dílčí časové stupnice, která má nejlepší krátkodobou stabilitu. To je zpravidla stupnice generovaná aktivním vodíkovým maserem. Na tuto časovou stupnici se pak aplikuje poměrně pomalý steering, který zajistí její navázání na vypočtenou kompozitní časovou stupnici prostřednictvím vhodného regulačního algoritmu. Krátkodobá stabilita je přitom zcela určena řízenou časovou stupnicí.

Vytváření kompozitní časové stupnice pomocí Kalmanova filtru

Kalmanův filtr je rekurentní algoritmus pro stanovení nejlepšího nestranného lineárního odhadu stavu stochastického systému popsaného obecným lineárním modelem [6]. Odhad stavového vektoru se provádí na základě posloupnosti vektorů změřených hodnot, které lineárně závisí na stavovém vektoru. Zjednodušeně lze funkci Kalmanova filtru popsat tak, že se v každém kroku určí optimální kompromis mezi výsledky měření a odhadem stavu systému extrapolovaného z minulého kroku.

Návrh Kalmanova filtru spočívá v sestavení modelu systému, tj. volbě stavových proměnných, návrhu přechodové matice a kovarianční matice vektoru šumu systému a dále v návrhu modelu měření, tj. sestavení matice měření a kovarianční matice vektoru šumu, který v modelu reprezentuje chybu měření. Délka kroku, model systému i model měření se mohou krok od kroku měnit.

Pokud se Kalmanův filtr využívá pro generování kompozitní časové stupnice, do stavového vektoru se zařadí pro každou z dílčích časových stupnic její časová odchylka od ideální kompozitní časové stupnice, její první derivace, tj. její relativní frekvenční odchylka, a případně i její druhá derivace, tj. drift její frekvence. Lineární stochastický model systému popisuje nestabilitu jednotlivých časových stupnic. Popis bílého frekvenčního šumu a náhodné procházky frekvence lineárním stochastickým modelem je snadný, protože to jsou náhodné procesy, které vznikají postupnou integrací bílého šumu. Na druhou stranu popis blikavých šumů se řeší poměrně komplikovanou aproximací a vede ke značnému navýšení výpočetní náročnosti. Naštěstí lze v řadě praktických případů vliv blikavých šumů zanedbat a zahrnutí jejich popisu do modelu systému se vyhnout. Konkrétní parametry stochastického modelu systému je možné snadno stanovit na základě průběhu Allanovy deviace jednotlivých časových stupnic.

Do filtru vstupují změřené posloupnosti časových odchylek dílčích časových stupnic vzhledem ke zvolené referenční dílčí časové stupnici. Matice měření se v každém kroku sestavuje vždy znovu podle toho, ke kterým dílčím časovým stupnicím bylo v daném vztažném čase provedeno měření. Zároveň se sestaví také kovarianční matice, která odráží přesnosti porovnání časových stupnic.

Uvedený systém je v obecném případě nedourčený. Model je proto třeba doplnit vhodnou doplňující podmínkou, která zajistí, že funkce filtru bude za všech okolností stabilní. V našem případě jsme do modelu včlenili podmínku, která stanovuje, že dlouhodobá průměrná frekvence generované kompozitní časové stupnice je rovna váženému průměru dlouhodobých průměrných frekvencí dílčích časových stupnic generovaných cesiovými hodinami. Tato podmínka reflektuje skutečnost, že frekvence kvalitní kompozitní časové stupnice má být z dlouhodobého hlediska určována frekvencí dostupných cesiových a v budoucnu optických hodin. Ostatní dílčí časové stupnice pak přispívají k dosažení střednědobé a krátkodobé frekvenční stability. Včlenění této podmínky do algoritmu je realizováno zavedením virtuálního měření k příslušným dílčím časovým stupnicím. Podmínka se tedy promítne do modelu měření.

Výstupem Kalmanova filtru jsou posloupnosti časových odchylek jednotlivých dílčích časových stupnic od výsledné kompozitní časové stupnice. Kompozitní časovou stupnici lze tedy na základě kterékoli dílčí časové stupnice rekonstruovat aplikací příslušné posloupnosti časových odchylek. Případně je možné kompozitní časovou stupnici fyzicky realizovat aplikací steeringu na danou dílčí časovou stupnici.

Při implementaci algoritmu vytváření kompozitní časové stupnice bylo třeba zajistit, aby algoritmus kromě základní funkce také plnil řadu provozních požadavků:

- Počet dílčích časových stupnic musí být možné za provozu měnit. Zařazení a vyřazení dílčí časové stupnice musí proběhnout hladce, bez pozorovatelného zhoršení stability výsledné kompozitní časové stupnice.
- Nelze vyloučit, že dojde k dočasnému výpadku měření některé dílčí časové stupnice. Algoritmus musí být schopen v této situaci dále poskytovat extrapolaci časové odchylky k dílčí časové stupnici postižené výpadkem měření.
- Vztažné časy výsledných časových odchylek jsou zpravidla ekvidistantní. Mohou, ale nemusí se lišit od vztažných časů měření.
- Vztažné časy měření k jednotlivým dílčím časovým stupnicím se mohou, ale nemusí navzájem lišit.
- Na dílčí časové stupnice se často aplikuje steering. Kompozitní časovou stupnici je však třeba vytvářet na základě volně běžících dílčích časových stupnic. Proto musí být možné do algoritmu vkládat informace o steeringu dílčích časových stupnic, aby mohl být vliv steeringu z výsledků měření před jejich zpracováním vyloučen.

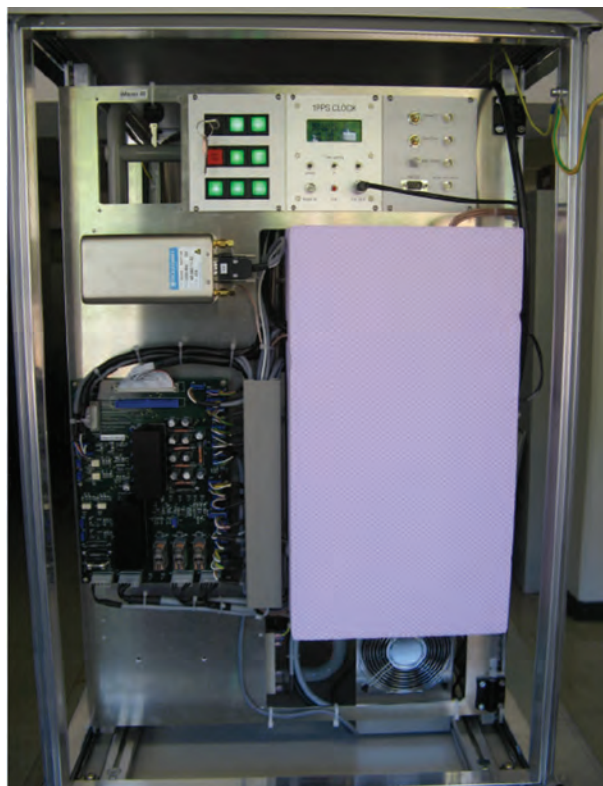
Ověření vytváření kompozitní časové stupnice

Pro experimentální ověření implementovaného algoritmu vytváření kompozitní časové stupnice jsme využili tři dílčí fyzicky realizované časové stupnice, a to časovou stupnici TP generovanou cesiovými hodinami Microsemi 5071A v Laboratoři státního etalonu času a frekvence ÚFE AV ČR v Praze, časovou stupnici FEL generovanou cesiovými hodinami Microsemi 5071A v laboratoři Přístrojového centra Fakulty elektrotechnické ČVUT v Praze a časovou stupnici ISI generovanou aktivním vodíkovým maserem iMaser 3000 v ÚPT AV ČR v Brně. Na obr. 2 a obr. 3 jsou fotografie cesiových hodin Microsemi 5071A a vodíkového maseru iMaser 3000. Zatímco cesiové hodiny vykazují vysokou dlouhodobou frekvenční stabilitu, aktivní vodíkový maser má vynikající frekvenční stabilitu v oblasti kratších časových intervalů. Vlastnosti časových stupnic generovaných cesiovými hodinami a aktivním vodíkovým maserem se tedy vzájemně doplňují a jejich využití pro generování kompozitní časové stupnice dává dobré předpoklady pro dosažení vysoké frekvenční stability ve velkém rozsahu časových intervalů.

Aby bylo možné posoudit frekvenční stabilitu výsledné kompozitní stupnice, je třeba mít k dispozici nezávislou referenční časovou stupnici, která vykazuje vysokou frekvenční stabilitu. Za takovou referenci jsme zvolili kompozitní časovou stupnici fyzicky generovanou v PTB (Physikalisch-Technische Bundesanstalt) v německém Braunschweigu.



Obr. 2: Pro generování časových stupnic TP a FEL byly použity cesiové hodiny Microsemi 5071A



Obr. 3: Otevřená skříň vodíkového maseru iMaser 3000 použitého pro generování časové stupnice ISI

Vytváření kompozitní časové stupnice jsme ověřili na záznamech časové odchylky mezi dílčími časovými stupnicemi FEL-TP a ISI-TP změřených v období od 21. 5. 2020 do 26. 10. 2020, tj. MJD 58990 až 59148. Celková délka záznamů činila 159 dní.

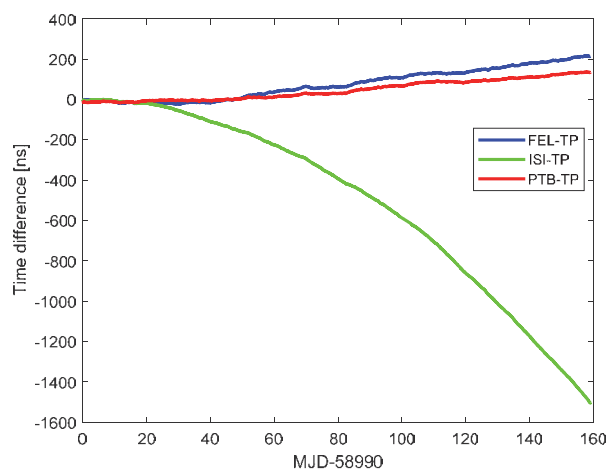
Průběh časové odchylky FEL-TP byl změřen s využitím optické linky. Měření bylo zatíženo bílým fázovým šumem se směrodatnou odchylkou zhruba 30 ps. Průběh časové odchylky ISI-TP byl určen s využitím metody GPS common-view. Na straně ÚFE byl použit přijímač GNSS GTR55, na straně ÚPT byl použit přijímač GTR50. Jednalo se o jednofrekvenční měření s využitím signálu GPS L1 C/A. Vzhledem k tomu, že vzdálenost mezi Prahou a Brnem činí zhruba 190 km, dvoufrekvenční měření by v tomto případě bylo kontraproduktivní.

Při měření a zpracování změřených dat byl použit proprietární postup, který vychází ze standardu CCGTTS, ale jednotlivá porovnání časových stupnic probíhají během seancí dlouhých 5 minut, přičemž po sobě jdoucí seance na sebe bezprostředně navazují. Měření časové odchylky je zatíženo bílým fázovým šumem, jehož směrodatná odchylka je zhruba 0,2 ns.

Průběh časové odchylky PTB-TP byl rovněž určen s využitím metody GPS common-view. Zpracování dat v tomto případě proběhlo podle metodiky ESA. Odlehlost jednotlivých měření při použití této metodiky je 5 min. Metodika využívá dvoufrekvenční měření s využitím signálů GPS L1P a L2P. Na straně ÚFE byl použit přijímač GNSS GTR55, na straně PTB byl rovněž použit přijímač GTR55. Měření je zatíženo bílým fázovým šumem, jehož směrodatná odchylka je zhruba 0,3 ns.

Algoritmus použitý pro zpracování změřených dat a vytváření kompozitní časové stupnice je založen na Kalmanově filtraci. Frekvenční nestability dílčích časových stupnic jsou modelovány lineárním stochastickým modelem druhého řádu, který zahrnuje bílý frekvenční šum a náhodnou procházku frekvence. Konkrétní parametry modelu byly stanoveny na základě průběhů Allanovy deviace dílčích časových stupnic. Chyby měření byly modelovány bílým šumem. Podrobný popis algoritmu je uveden ve zprávách [7], [8].

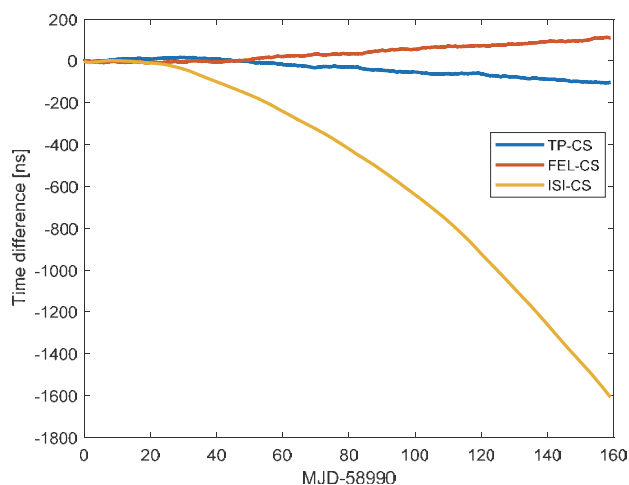
Průběhy vstupních časových odchylek FEL-TP a ISI-TP jsou vyneseny v grafu na obr. 4. Z obou vynesných průběhů je již vyloučen steering dílčích časových stupnic. Průběh časové odchylky ISI-TP je ovlivněn poměrně výrazným driftem frekvenční odchylky. Časová odchylka se během měření pohybovala v rozsahu asi 1,6 μ s. Jedná se o důsledek horší dlouhodobé frekvenční stability aktivního vodíkového maseru, který generuje časovou stupnici ISI.



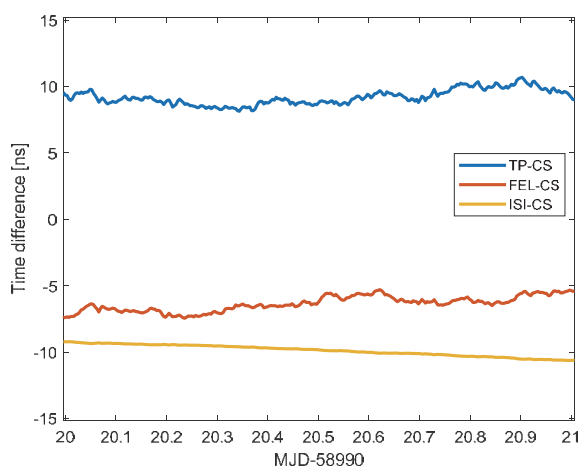
Obr. 4: Průběhy změřených časových odchylek dílčích časových stupnic FEL a ISI od dílčí časové stupnice TP. V grafu je také vynesena odchylka referenční časové stupnice PTB od stupnice TP

Výsledné průběhy časových odchylek dílčích časových stupnic TP, FEL a ISI od kompozitní časové stupnice CS jsou vyneseny v grafu na obr. 5. Z průběhu je zřejmé, že výsledná kompozitní časová stupnice se podstatně neodchyluje od průměru dílčích časových stupnic TP a FEL generovaných cesiovými hodinami. Na obr. 6 je pak vynesena detail

průběhů na úseku o délce 1 den. Zde je dobře patrné, že průběh ISI-CS je hladký, protože krátkodobou stabilitu kompozitní časové stupnice určuje především časová stupnice ISI generovaná vodíkovým maserem, zatímco průběhy TP-CS a FEL-CS krátkodobě fluktuují.



Obr. 5: Výsledné průběhy časových odchylek dílčích časových stupnic TP, FEL a ISI od kompozitní časové stupnice CS

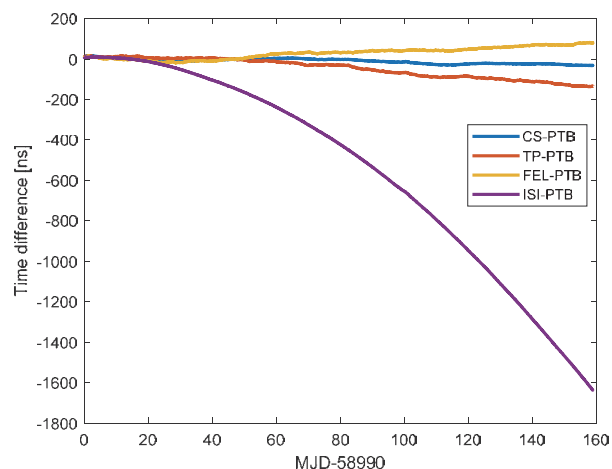


Obr. 6: Detail výsledných průběhů časových odchylek dílčích časových stupnic TP, FEL a ISI od kompozitní časové stupnice CS na časovém úseku dlouhém 1 den

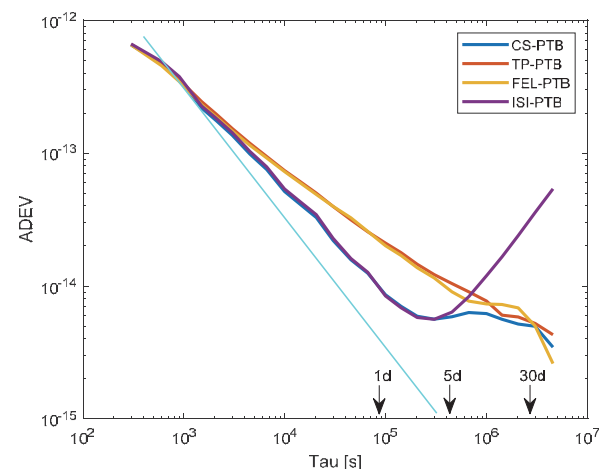
Na obr. 7 jsou vyneseny odchylky kompozitní časové stupnice CS i dílčích časových stupnic TP, FEL a ISI od velmi stabilní referenční časové stupnice PTB. Kompozitní časová stupnice CS se za dobu pěti měsíců pomalu odchýlila od velmi stabilní časové stupnice PTB zhruba o 30 ns, zatímco dílčí časové stupnice TP a FEL se odchýlily od stupnice PTB zhruba o ± 100 ns. Dílčí časová stupnice ISI generovaná vodíkovým maserem se odchýlila dokonce o 1,6 μ s.

Na obr. 8 jsou pak vyneseny průběhy Allanovy deviace (ADEV) vypočtené nad průběhy časových odchylek výsledné kompozitní časové stupnice CS i dílčích časových stupnic TP, FEL a ISI od časové stupnice PTB. V grafu je také vynesena průběh ADEV bílého fázového šumu, kterým je měření časových odchylek od časové stupnice PTB zatíženo. Je patrné, že pro časové intervaly kratší než několik

hodin bílý šum způsobený chybami měření limituje možnosti vyhodnocení ADEV.



Obr. 7: Průběhy odchylky kompozitní časové stupnice CS a všech třech dílčích časových stupnic TP, FEL a ISI od velmi stabilní referenční časové stupnice PTB



Obr. 8: Allanova deviace (ADEV) změřené odchylky kompozitní časové stupnice CS a dílčích časových stupnic TP, FEL a ISI od velmi stabilní časové stupnice PTB. Světle modrá přímka reprezentuje ADEV bílého fázového šumu, kterým je porovnání časových stupnic zatíženo

Průběh ADEV časové odchylky CS-PTB sleduje průběh ADEV časové odchylky ISI-PTB až do délky intervalu asi 5 dní, kde ADEV časové odchylky ISI-PTB začne v důsledku horší dlouhodobé stability vodíkového maseru výrazně stoupat, zatímco ADEV časové odchylky CS-PTB dále mírně klesá a sleduje průběhy ADEV časových odchylek TP-PTB a FEL-PTB. Tyto průběhy v celém rozsahu intervalů podle očekávání padají se sklonem, který odpovídá bílému frekvenčnímu šumu typickému pro cesiové hodiny. Pro dlouhé časové intervaly jsou již průběhy ADEV mírně rozvolněny v důsledku zvýšené výběrové chyby. V celém rozsahu časových intervalů, kde bylo možné ADEV časové odchylky CS-PTB vyhodnotit, vykazuje tato časová odchylka lepší nebo alespoň stejnou frekvenční stabilitu než jednotlivé dílčí časové stupnice.

Závěr

Navrhli jsme, implementovali a experimentálně ověřili algoritmus pro vytváření kompozitní časové stupnice na základě několika dílčích časových stupnic, který využívá aparátu Kalmanovy filtrace. Jedná se o pokročilý přístup generování kompozitních časových stupnic, který je v laboratorích času a frekvence, které spravují větší soubor kvantových generátorů, využíván nejčastěji.

Vstupní data pro navržený algoritmus mají formu časových odchylek změřených vzhledem k jedné z dílčích časových stupnic. Výstupní data mají formu časových odchylek dílčích časových stupnic vzhledem k výsledné kompozitní časové stupnici. Frekvenční nestability dílčích časových stupnic byly modelovány lineárním stochastickým modelem druhého řádu, který zahrnuje bílý frekvenční šum a náhodnou procházku frekvence. Chyby měření byly modelovány bílým šumem.

Algoritmus je navržen tak, aby respektoval praktické provozní požadavky laboratoře času a frekvence. Jedná se především o možnost změn v ansámblu dílčích časových stupnic bez přerušování běhu algoritmu, eliminace vlivu steeringu na dílčích časových stupnicích, možnost měřit časové odchylky jednotlivých dílčích časových stupnic v různých vztažných časech a také možnost stanovit vztažné časy výstupních dat nezávisle na vztažných časech měření.

Implementovaný algoritmus vytváření kompozitní časové stupnice byl experimentálně ověřen s využitím tří dílčích fyzicky realizovaných časových stupnic, a to časových stupnic TP a FEL generovaných cesiovými hodinami a časové stupnice ISI generované aktivním vodíkovým maserem. Ověření proběhlo na záznamu změřených časových odchylek dílčích časových stupnic FEL a ISI od časové stupnice TP na časovém úseku o délce 159 dní. Jako nezávislá reference pro vyhodnocení frekvenční stability výsledné kompozitní časové stupnice byla použita velmi stabilní časová stupnice fyzicky generovaná v PTB v německém Braunschweigu. Navázání časových stupnic ISI a PTB proběhlo s využitím metody GPS common-view. Navázání časové stupnice FEL proběhlo s využitím optické linky.

Z porovnání s nezávislou velmi stabilní časovou stupnicí PTB vyplynulo, že kompozitní časová stupnice CS vykazuje

výrazně lepší vlastnosti než jednotlivé dílčí časové stupnice. V celém rozsahu časových intervalů, kde bylo možné vyhodnotit ADEV časové odchylky CS-PTB, vykazuje tato časová odchylka lepší nebo alespoň stejnou frekvenční stabilitu než časové odchylky dílčích časových stupnic.

Návrh, implementace a experimentální ověření algoritmu pro vytváření kompozitní časové stupnice v Laboratoři státního etalonu času a frekvence ÚFE AV ČR proběhlo v rámci řešení úkolů PRM III/13/19 a III/13/20.

Literatura

- [1] S. Medvedev, et al., „Quasi-optimal atomic clock ensemble frequency combining algorithm,“ Proceedings of European navigation conference, 23-25 April 2013, Vienna, Austria.
- [2] S. Podogova, K. Mishagin, „Frequency combining system for atomic clock ensembles,“ Proceedings of the 28th European frequency and time forum, 23-26 June 2014, Neuchatel, Switzerland.
- [3] J. Levine, „The statistical modeling of atomic clocks and the design of timescales,“ Review of scientific instruments, vol. 83 (2012), p. 021101
- [4] J. Yao, J. Levine, „The development of a new Kalman-filter time scale at NIST,“ Proceedings of the 48th Annual precise time and time interval meeting (PTTI), 30 January - 1 February 2017, Monterey, CA, USA, pp. 18-25.
- [5] J. A. Davis, C. A. Greenhall, and P. W. Stacey, „A Kalman filter clock algorithm for use in the presence of flicker frequency modulation noise,“ Proceedings of the 35th Annual precise time and time interval meeting (PTTI), 2-4 December 2003, San Diego, CA, USA.
- [6] S. M. Kay, *Fundamentals of signal processing, Volume I: Estimation theory*, Prentice Hall, 1993.
- [7] A. Kuna, P. Pánek, Rozvoj etalonáže času a frekvence. Zpráva pro dílčí oponenturu úkolu PRM III/13/19 příloha 3, ÚFE AVČR, 2019.
- [8] A. Kuna, P. Pánek, Rozvoj etalonáže času a frekvence. Zpráva pro závěrečnou oponenturu úkolu PRM III/13/20 příloha 2, ÚFE AVČR, 2020.



EA MLA – MULTILATERÁLNÍ DOHODA EVROPSKÉ AKREDITACE

Ing. Gabriela Šimonová

Český institut pro akreditaci, o.p.s., Praha

Působnost

EA MLA je signovaná dohoda členů EA (Evropská organizace pro spolupráci v oblasti akreditace), na základě které je uznávána rovnocennost akreditačních systémů jednotlivých signatářů dohody a tím i spolehlivost a vzájemné uznání výsledků posuzování shody akreditačními orgány.

Přijetí EA MLA v tržním prostředí má zásadní důležitost při prokazování shody produktů a služeb uvolňovaných

na evropský i celosvětový trh. Její akceptování usnadňuje přeshraniční obchod a navíc prezentuje shodu s jednotnou evropskou legislativou, která je dlouhodobě vytvářena za účelem ochrany zdraví, zajištění bezpečnosti a ochrany životního prostředí.

Nářízení 765/2008

Vnitrostátní orgány uznají rovnocennou úroveň služeb poskytovaných akreditačními orgány, které se úspěšně podrobily vzájemnému hodnocení, čímž akceptují osvědčení o akreditaci vydaná těmito orgány i potvrzení vydaná subjekty posuzování shody, které jimi byly akreditovány.

V reálném prostředí narazíme na celou řadu certifikátů a výstupních dokumentů z laboratoří, zkušebních protokolů a výsledkových listů. Je však nezbytné rozpoznat, které z nich jsou spolehlivé a poskytují kvalitní výstupy zkoušení nebo certifikace.

5 kroků, jak se ujistit o spolehlivosti certifikátu nebo výstupního dokumentu z laboratoře

1. Zkontrolujte, zda obsahuje akreditační značku.
2. Zkontrolujte, zda akreditační značka náleží vašemu národnímu akreditačnímu orgánu, který je signatářem EA, ILAC nebo IAF multilaterální dohody (v České republice výhradně ČIA).
3. Zkontrolujte, že váš dodavatel je akreditován pro kompetence v oblasti, kterou potřebujete.
4. Zkontrolujte, zda zkoušky byly provedeny podle mezinárodních norem, případně že jiné použité normy a metody zkoušení jsou akceptovány v zemi určení.
5. V případě nejasností kontaktujte národní akreditační orgán.

Značka signatářů EA MLA na certifikátech a výstupních dokumentech subjektů posuzování shody může být chápána jako „cestovní pas“ pro zboží nebo služby uváděné na společný trh. Důvěra v tento systém eliminuje povinnost dodavatele být certifikován v každé jednotlivé zemi, kde prodává, což následně vede k nastavení kvalitativního rámce pro zboží a služby přecházející hranice v rámci Evropy i celého světa.

Využití

EA MLA pokrývá následující činnosti a akreditační normy.

Rozsah akreditace/Činnost	Norma používaná pro akreditaci
Laboratoře Zkoušení Zdravotnická vyšetření	EN ISO/IEC 17025 EN ISO 15189
Laboratoře Kalibrace	EN ISO/IEC 17025
Certifikační orgány Certifikace produktů	EN ISO/IEC 17065
Certifikační orgány Certifikace osob	EN ISO/IEC 17024
Certifikační orgány Certifikace systému managementu	EN ISO/IEC 17021-1
Inspekční orgány Inspekce	EN ISO/IEC 17020
Ověřovací a validační orgány Ověřování a validace skleníkových plynů	EN ISO 14065
Poskytovatelé zkoušení způsobilosti Poskytování zkoušení způsobilosti	EN ISO/IEC 17043
Výrobci referenčních materiálů Výroba referenčních materiálů	EN ISO 17034

Český institut pro akreditaci, o.p.s. (ČIA) je v současné době jeden ze 7 členů Evropská organizace pro spolupráci v oblasti akreditace (EA), kteří poskytují kompletní rozsah akreditačních služeb pokrytých multilaterální dohodou, což znamená možnost posouzení všech v tabulce uvedených činností.

V rámci 39. Generálního zasedání EA v květnu 2017 bylo schváleno rozšíření EA MLA pro oblast výrobců referenčních materiálů dle mezinárodní normy ISO 17034. V květnu 2019 byla tato multilaterální dohoda signována prvními třemi členy EA, u kterých před tím úspěšně proběhla evaluace akreditačního orgánu v této oblasti. Jeden z těchto tří signatářů byl Český institut pro akreditaci.

Benefity

EA MLA poskytuje možnost využití akreditace v duchu hesla „Jednou akreditován, akceptován kdekoli.“ Využití multilaterální dohody v praxi přináší podstatné výhody pro dále uvedené zainteresované strany.

Národní orgány a regulátoři v oblasti

- Podpora implementace evropské a národní legislativy potvrzením shody s technickými normami a platnými požadavky právních předpisů.
- Rozvoj obchodu a podpora ekonomického růstu na základě důvěry orgánů státní správy v akreditaci a kompetenci dodavatelů produktů a služeb.
- Úspora nákladů snížením počtu administrativních úkonů a s tím spojená redukce personálních zdrojů pro specifické kontrolní a auditní činnosti.

Oblast průmyslu a obchodu

- Zvýšení konkurenceschopnosti – rozlišení produktů a služeb na trhu na základě objektivního důkazu o technické kompetenci, nestrannosti a shody s mezinárodními požadavky, úspora nákladů za opakované testování.
- Snížení počtu kontrol a zvýšení kvality – certifikát nebo protokol vydaný v rámci EA MLA snižuje rizika a zároveň šetří náklady.
- Podpora exportu díky mezinárodnímu uznání přináší nové obchodní příležitosti a omezuje překážky na trhu.

Spotřebitelé

- Vytvoření důvěry na trhu: důvěra spotřebitelů roste s povědomím, že jimi vybrané produkty a služby jsou kontrolovány nezávislým a kompetentním orgánem, který je navíc pravidelně hodnocen další nestrannou organizací.
- Veřejný zájem: signatáři EA MLA svou kontrolní činností pracují v zájmu spotřebitele, a to k zajištění kvality dodaného zboží a služeb.

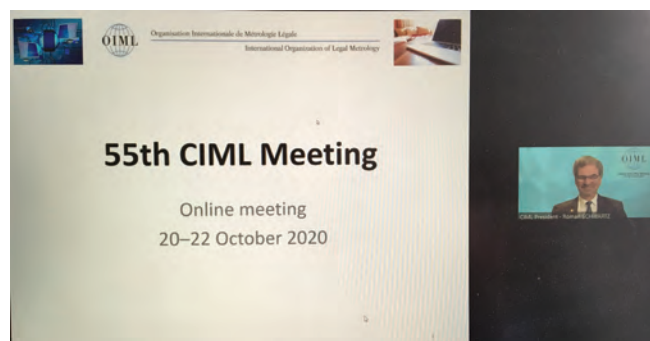
Reference

European Accreditation [online]: ©2020. Dostupné z: <https://european-accreditation.org/mutual-recognition/the-ea-mla/>

55. ZASEDÁNÍ MEZINÁRODNÍHO VÝBORU PRO LEGÁLNÍ METROLOGII

Ing. Zbyněk Veselák

Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví



Podobně jako většina konferencí a různých zasedání konaných v roce 2020 proběhlo i 55. zasedání Mezinárodního výboru pro legální metrologii (CIML) formou online videokonference. Jednání bylo rozvrženo do tří dnů (20. až 22. října 2020) a probíhalo na platformě Zoom.

Od založení Mezinárodní organizace pro legální metrologii (OIML) v roce 1955 to bylo poprvé, kdy se delegáti CIML nesetkali osobně, ale byli nuceni využít moderní komunikační a informační prostředky. Odlišná forma jednání s sebou přinesla i jeden, pro zasedání CIML vcelku zásadní, problém, a to vyřešení pravidel pro hlasování a volby. Základní dokument OIML (označený jako OIML B 1) totiž nepočítá s tím, že by se hlasování a volby mohly uskutečňovat jinak než na zasedání CIML. K tomu, aby mohla být přijata usnesení z jednání CIML a mohli být voleni členové do orgánů OIML, muselo být nejdříve přijato, že pravidla, která platí pro „in-meeting“ rozhodnutí CIML, budou uplatněna i pro online formu jednání. Důsledkem bylo, že pokud členské státy budou s tímto souhlasit a souhlas vyjádří v hlasování cestou webu OIML, proběhnou hlasování o jednotlivých usneseních 55. zasedání CIML a volby členů do orgánů OIML až po zasedání, a to elektronicky.

Bylo to také poprvé, kdy muselo být plánované navazující konání 16. mezinárodní konference OIML odloženo o rok. Protože se na konferenci schvalují rozpočty BIML na další čtyřleté období, bude důsledkem odložení konference využití rozpočtu na rok 2020 i pro rok 2021, což konvence dovoluje.

Jak ve své úvodní zprávě prezident CIML uvedl, i přes těžkosti, které rok 2020 přinesl, dařilo se pokračovat ve stěžejních činnostech OIML, zejména v oblasti tvorby technických dokumentů, v rozvoji certifikačního systému OIML-CS, jehož řídicí výbor pracoval v roce 2020 čistě formou online jednání, a v rozvoji podpory metrologických systémů v rozvíjejících se ekonomikách (CEEMS, Countries and Economies with Emerging Metrology Systems).

V oblasti tvorby technických dokumentů bylo předloženo ke schválení sedm finálních návrhů:

- R 16-1 *Non-invasive non-automated sphygmomanometers* – revize vydání z r. 2002
- R 16-2 *Non-invasive automated sphygmomanometers* – revize vydání z r. 2002
- R xx *Continuous totalizing automatic weighing instruments of the arched chute type* – nové doporučení
- R 129 *Multi-dimensional measuring instruments* – revize vydání z r. 2000
- D 1 *National metrology systems – Developing the institutional and legislative framework* – revize vzorového zákona o metrologii, nové pojetí
- D xx *Petroleum measurement tables* – převedení dosavadního R 63 (1994) do řady D
- D xxx *Pipe provers for testing measuring systems for liquids* – převedení dosavadního R 119 (1996) do řady D

Revize dokumentu **D 30** *Guide for the application of ISO/IEC 17025 to the assessment of Testing Laboratories involved in legal metrology* byla schválena při CIML online hlasování v červenci 2020.

Podle rozhodnutí přijatého na předchozím zasedání CIML v roce 2019 probíhá tvorba technických dokumentů proaktivně a systematicky se zaměřením na prioritní publikace. Priorita se odvíjí podle toho, zda se jedná o R dokument, který je využíván v certifikačním systému OIML-CS; publikaci, u které se předpokládá její požadavek v blízké budoucnosti (veřejný zájem, požadavek členských států, požadavek výrobců, potřeby CEEMS); dokument s širším dosahem (např. D 11, D 31); publikaci vztahující se k činnosti organizace (např. B 6, D 30 a slovníky) nebo publikaci relevantní k využívání v RLMO (např. jako normativní dokumenty v EU). Na základě těchto kritérií byl v roce 2019 sestaven prvotní seznam tzv. „top ten“ publikací, které by měly být prioritně předmětem technické práce jednotlivých technických výborů OIML. Jednalo se o: B 6, D 11, D 31, R 49, R 51, R 60, R 76, R 91, R 117 a R 137. Na 54. zasedání CIML (2019) byl tento seznam poupraven (D 31 a R 117 byly do doby zasedání dokončeny/revidovány) a na 55. zasedání byl předložen návrh D 1 (viz výše). Prezidentská rada v březnu 2020 navrhla ještě úpravu a doplnění, takže současný přehled prioritních publikací je:

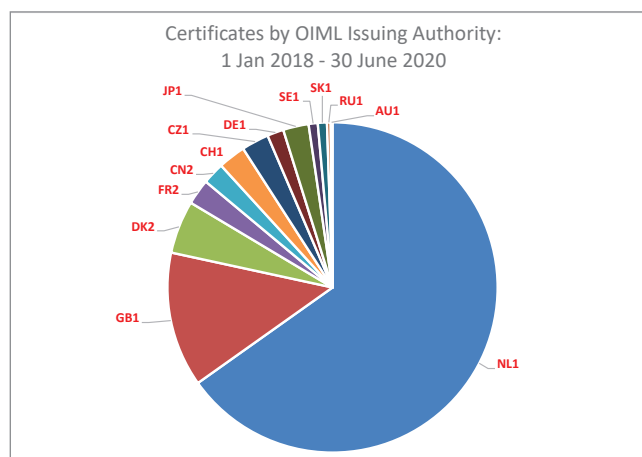
- D 31 *General requirements for software controlled measuring instruments*
- R 23 *Tire pressure gauges for motor vehicles*
- R 46 *Electricity meters*
- R 51 *Automatic catchweighing instruments*
- R 76 *Non-automatic weighing instruments*
- R 87 *Prepackage template*
- R 91 *Radar equipment for the measurement of the speed of vehicles*
- R yyy *Instruments for measuring the vehicle exhaust soot particle (new Recommendation)*
- R 134 *Automatic instruments for weighing road vehicles in motion and measuring axle loads*

K tomu ještě přibyla revize **R 60** (2017) *Metrological regulation for load cells*, relativně nového doporučení, u kterého ale byly zjištěny některé chyby. Na dotaz zástupce ČR (RNDr. Klenovský), proč není mezi prioritami i R 49 (vodoměry) bylo odpovězeno, že v současnosti probíhá revize příslušné normy ISO a čeká se tedy na její přijetí.

Mezi publikace, které vydává OIML, patří i Bulletin, do nějž může článkem přispět kterýkoliv členský nebo přidružený stát. S cílem větší propagace Bulletinu a k zajištění jeho obsahu rozhodli prezident CIML a ředitel BIML o vytvoření dvouletého plánu témat, která jsou nejdůležitější z pohledu mezinárodní spolupráce v legální metrologii. Tento ediční plán by měl umožnit BIML i případným autorům dostatečný časový rámec pro kvalitní a včasné sestavení obsahu jednotlivých vydání Bulletinu. Ediční plán je již přístupný na webu OIML.

Pro výrobce, metrologické orgány i posuzující subjekty je významný **certifikační systém OIML (OIML-CS)**. V jeho řídicím výboru (Management Committee, MC) dochází k personální změně ve funkci výkonného předsedy, kterou po odchodu Cocka Oostermana vykonával jeho zástupce Bill Loizides. Novým nominovaným výkonným předsedou je Mannie Panesar (UK), který by měl do funkce nastoupit 1. ledna 2021 na období 3 let. V řídicím výboru má své zastoupení 22 států, mezi kterými nechybí ani Česká republika nebo např. Slovensko. Fungování certifikačního systému je založeno na řadě publikací (B 18, OD-01, OD-02, PD-01 až PD-08), které byly v březnu 2020 doplněny o dokument CID-01 (Clarifications and Interpretations Document), který obsahuje souhrn rozhodnutí z jednání řídicího výboru týkajících se vysvětlení OIML-CS dokumentů. Třiletá transpoziční doba pro přechod dřívějších certifikačních systémů končí k 31. 12. 2020. Od 1. ledna 2021 by měly spadat všechny kategorie měřidel (podle jednotlivých R dokumentů) do schématu A (blíže viz web OIML). Přehled vydaných OIML-CS certifikátů je na **obr. 1** a **2**.

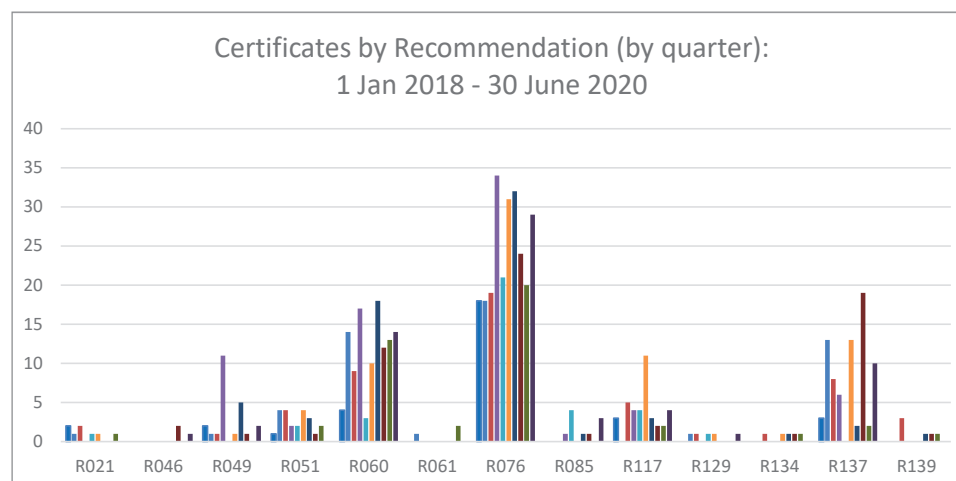
Jedním z aktuálních témat, která řídicí výbor řešil, mj. i na základě požadavku výrobců, bylo označování měřidel číslem OIML-CS certifikátu a/nebo OIML-CS logem. Bylo navrženo, aby se z příslušných publikací k OIML-CS



Obr. 2: Počty vydaných OIML-CS certifikátů (celkově) podle zemí

systému odstranilo připojování označení loga OIML(-CS) na měřidla, a to z důvodu možné záměny s označením shody nebo s certifikační značkou. Užívání loga OIML a OIML-CS zůstává obsahem pravidel a požadavků uvedených v publikaci OIML B 20:2019 *Rules for the use of OIML logos*. V případě uvádění čísla OIML-CS certifikátu na měřidle (což závisí na rozhodnutí výrobce) navrhl řídicí výbor vypracovat návodovou poznámku (*Guidance Note*) o významu a používání čísla OIML-CS certifikátu a současně z příslušných publikací k OIML-CS systému odstranit všechny reference týkající se používání čísla OIML-CS certifikátu.

Situace kolem COVID-19 asi nejvíce ovlivnila **aktivitu CEEMS**. Omezení v cestování znemožnila činnost ve školicích střediscích (OIML Training Centres, OTC), která byla plánována na rok 2020. Efekt byl obdobný jako ve všech odvětvích – zintenzivnila se práce na tvorbě e-learning modulů a projektů, kterým byl shodou okolností věnován seminář v Bratislavě, konaný před 54. zasedáním CIML, v roce 2019. Na téma elektronické vzdělávání probíhají v současné době i diskuse s organizací UNIDO. Zaslouhou poradní skupiny CEEMS byla dokončena revize dokumentu **D 1 National metrology systems – Developing the institutional and legislative Framework** (pozn.: dosud s názvem *Considerations for a Law on Metrology*). Revizí dochází k systémově širšímu pojetí právního dokumentu metrologie (zákonu o metrologii) jako součásti národního metrologického systému a systémů kvality v národním hospodářství. Vedle revize D 1 je práce CEEMS zaměřena na revizi publikací **D 14 Training and qualification of legal metrology personnel**, **B 21 Framework for OIML Training Centers and OIML Training Events**, **B 19 Terms of Reference for the Advisory Group on matters concerning Countries and Economies with Emerging Metrology Systems (CEEMS)** a **D 19 Pattern evaluation and pattern approval**.



Obr. 1: Počty vydaných OIML-CS certifikátů (po čtvrtletích) podle kategorií měřidel

I pro **spolupráci mezinárodních organizací** byl rok 2020 složitý. Přesto například probíhaly neformální rozhovory s BIPM s cílem prohloubit vzájemnou spolupráci OIML a BIPM při propagaci konceptu metrologie jako klíčové součásti infrastruktury kvality. Nástrojem užší spolupráce by měla být společná pracovní skupina (Joint Task Group, JTG). Naopak spolupráce OIML s ILAC/IAF na společném programu byla odsunuta kvůli zrušení zasedání ILAC i IAF. Společná pracovní skupina OIML-IECEX měla větší štěstí, když její ad hoc pracovní skupina stihla uspořádat v únoru 2020 setkání, na kterém se dohodlo porovnat systémy (posuzování shody) z pohledu PTB (certifikační osoby) a Mettler Toledo (výrobce). Výsledek porovnání pak pracovní skupina OIML-IECEX využije při hledání synergie mezi systémy OIML a IECEX.

Pravidelnou doprovodnou součástí zasedání CIML je jednání kulatého stolu regionálních metrologických organizací (RLMO Round Table), které v jednotlivých kontinentech blíže spolupracují v oblasti legální metrologie. Jednání **RLMO Round Table** řídí většinou první viceprezident CIML (v současné době Dr. Charles Ehrlich, USA), který vzhledem k celosvětové zdravotní situaci zorganizoval online jednání již 8. října 2020. Výměna zkušeností mezi zástupci evropského, amerického, euroasijského, afrického, blízkovýchodního a asijsko-pacifického regionu je vždy velmi přínosná. Blíže k tomu lze nalézt na: <https://www.oiml.org/en/structure/rlmo-round-table/rlmo-rt-2020-10-08>.

Z oblasti mezinárodní spolupráce stojí za pozornost Mezinárodní společnost pro vážení za pohybu (The International

Society for Weigh-in-Motion, **ISWIM**), která podala na zasedání CIML svou zprávu. Tato společnost má za cíl spojit uživatele vážicích zařízení (včetně jejich zkušeností a informací z vážení), akademiky a výzkumníky zabývající se WIM technologiemi a prodejce a servisní organizace vážicích systémů. ISWIM má individuální členství, které je bezplatné a v současnosti sdružuje zástupce ze 75 zemí. Kromě toho má kolektivní členství, které čítá 22 organizací a které obnáší roční členský příspěvek. Konference, které ISWIM organizuje každé tři až čtyři roky, se naposledy konala v roce 2019 v Praze a účastnilo se jí 205 delegátů z 37 zemí. ISWIM je mimo jiné organizací, která se podílí na plánované revizi OIML doporučení R 134 *Automatic instruments for weighing road vehicles in motion and measuring axle loads*. Specificky pro uživatele vážicích systémů připravuje vlastní příručky nejlepší praxe (WIM Best Practice guides). Aktuality ISWIM pak lze nalézt na <http://www.is-wim.org/index.php?nm=13&nsm=0&lg=en>.

Na závěr lze ještě zmínit jednu z priorit OIML, a tou je podpora digitalizace v metrologických procesech, ať už se jedná o posuzování shody, zkoušení, kalibrace, ověřování nebo kontroly/inspekce. Tématu digitalizace v metrologii měl být věnován seminář *Digital Transformation in Legal Metrology*, původně plánovaný na květen 2020 (v PTB). Kvůli COVID-19 byl seminář přesunut na 5. až 6. května 2021.

Toto oznámení uzavírá stručnou informaci o online zasedání CIML. Kéž by se také dala již definitivně uzavřít etapa COVID-19!



NOVÉ KALIBRAČNÍ A METODICKÉ POSTUPY VYDANÉ ČESKOU METROLOGICKOU SPOLEČNOSTÍ, Z. S. V RÁMCI PRM 2020 ÚNMZ

Ing. František Hnízdil

Česká metrologická společnost

Česká metrologická společnost, z. s. (dále jen „ČMS“) každoročně zpracovává v rámci Programu rozvoje metrologie (dále jen „PRM“) soubor úkolů, jejichž výsledky můžete využívat zdarma na webových stránkách ČMS a ÚNMZ. Jedná se o vzorové kalibrační postupy, jejich revize a metodiky provozního měření. V roce 2020 nebyly z důvodů omezení finančních prostředků na PRM provedeny překlady dokumentů OIML a WELMEC.

Rok 2020 od počátku pronásledují mnohé problémy. Tím prvním bylo snížení dotací ze strany státu, což se projevilo nutností omezit množství vydaných dokumentů, a to dosti výrazně. Vzorové kalibrační postupy byly zkráceny o jeden postup, revize kalibračních postupů o dva a metodiky provozního měření také o jeden. Zcela byly zrušeny překlady dokumentů OIML a WELMEC. V diskusi na Radě pro metrologii bylo toto kritizováno, ale kritika na situaci nic nezměnila.

Jaké úkoly tedy PRM 2020 řešil:

- PRM VII/1/20 Vzorové kalibrační postupy
- PRM VII/2/20 Revize starších vzorových kalibračních postupů
- PRM VII/3/20 Metodiky provozního měření

Nyní několik slov k jednotlivým úkolům. Principiálně se po řadu let na jejich obsahu nic nemění:

Vzorové kalibrační postupy (VKP) jsou koncipovány tak, aby byly použitelné a srozumitelné běžnému metrologickému personálu (pracovníkům provádějícím měření, provozní kontroly měřidel i těm, kteří provádějí kalibrace v menších podnicích). Jejich struktura je v podstatě neměnná. Skládá se ze dvanácti článků ošetřujících jednotlivé kroky kalibrace. Ke každému postupu je zpracována validační zpráva, která je uložena v sekretariátu ČMS.

Revize vzorových kalibračních postupů jsou prováděny podle několika kritérií, z nichž nejdůležitější jsou:

- změny v postupech, které vyžadují změny v normách, ze kterých vycházejí,
- uplynutí více než deseti let od jejich prvotního zpracování.

Někdy mohou nastat problémy s tím, že během roku se objeví nová norma nebo revize stávající normy. Znění těchto norem a změn je zpravidla známo v anglické verzi, ale český překlad není ještě nějakou dobu k dispozici. Obvykle se to řeší tak, že v nejbližší možné době se provede oprava VKP tak, aby znění postupu odpovídalo aktuálnímu stavu normalizace.

Na webu ČMS lze nalézt dva seznamy VKP. První seznam obsahuje VKP vytvořené po roce 2012, odkdy jejich tvorbu plně dotuje stát. Tyto VKP jsou k dispozici volně ke stažení. Druhý seznam obsahuje starší VKP, které budou následně zdrojem revizí. Tyto postupy lze získat za doplatkové úhrady, které jsou v seznamu uvedeny. Po provedení revize je VKP přesunut do skupiny dokumentů přístupných volně ke stažení.

Metodiky provozního měření (MPM) jsou postupy vzniklé na základě zkušeností s tím, že v mnoha případech provádějí technologická i kontrolní měření v podnicích pracovníci bez patřičného zaškolení a výsledky jejich měření nejsou nebo nemusí být důvěryhodné. Uvedené MPM by měly pomoci podnikovým metrologům se školením těchto pracovníků, kteří tak mohou mít správný a standardní postup měření písemně k dispozici. Také tyto MPM jsou na webu ČMS volně ke stažení.

Několik slov k jednotlivým dokumentům

V rámci PRM VII/1/20 byly v letošním roce zpracovány tři nové vzorové kalibrační postupy:

- VKP pro kalibry vnitřní TORX,
- VKP pro závitové kalibry Heli-Coil,
- VKP pro kalibry vnitřní pro drážky.

Jedná se o vzorové kalibrační postupy pro měřidla, sloužící k měření a kontrole kalibrů speciálních tvarů závitů a drážek. Umožňují průmyslovým výrobním, kontrolním a zkušebním pracovištím zajistit spolehlivou návaznost měřidel daného oboru měření. Součástí těchto vzorových kalibračních postupů je postup výpočtu nejistoty měření a příklad výpočtu nejistoty měření a dále validační zpráva, která je uložena na pracovišti ČMS.

KP 1.1.1/21/20 Kalibry vnitřní TORX

Kalibrační postup se vztahuje na kalibraci mezních měřidel (mezních kalibrů) pro kontrolu vnitřních hexalobulárních zahloubení hlavy TORX šroubu ve tvaru šestiramenné růžice pro umožnění dotahování a povolování šroubu. Poskytuje zvýšený přenos točivého momentu z klíče na utahovaný šroub oproti ostatním systémům úpravou hlavy šroubu.

Hexalobulár Torx-plus je vylepšená varianta tvaru šestiramenné růžice. Výstupky šestiramenné růžice jsou hranatější a mají zesílenou šířku, což umožňuje dosažení vyššího točivého momentu a snižuje opotřebení nástroje. Tyto klíče mají větší trvanlivost a nedochází tak často k „protočení“ klíče, a tím ke zničení klíče i šroubu. Tento typ však není zaměnitelný s běžným typem Torx. Musí být použit pouze se šroubem, který má hlavu také s Torx-plus.

KP 1.1.1/20/20 Závitové kalibry Heli-Coil

Kalibrační postup se vztahuje na kalibraci mezních měřidel (mezních trnů) pro kontrolu vnitřních metrických i trubkových závitů válcových a jejich závitových vložek Heli-Coil®.

Závitové vložky vytváří vysoce zatížitelná spojení v kovových materiálech nízké pevnosti. Užití je především vsude, kde se používají materiály s nižší pevností ve smyku (např. hliník, slitiny hliníku a hořčíku). Systém Heli-Coil® je nezbytný pro pancéřování závitu. K jeho uživatelům patří především odvětví strojírenství, stavby investičních celků, automobilový průmysl, elektrotechnika a lékařská technika, dále pak letecká doprava a astronautika. Díky pancéřování závitu může být vyloučeno opotřebení maticového závitu dokonce i při častém používání. Vložka Heli-Coil slouží i pro opravu závitu ve výrobku.

Kalibrace popsaná v tomto kalibračním postupu se týká jak prvotní kalibrace, resp. kalibrace v rámci vstupní kontroly měřidla, tak i rekalibrace během používání měřidla.

KP 1.1.1/22/20 Kalibry vnitřní pro drážky

Kalibrační postup se vztahuje na kalibraci mezních měřidel (mezních kalibrů) pro kontrolu vnitřních drážek hřídelů, vnitřních plochých děr a otvorů drážkových hřídelů.

V programu PRM VII/2/20 bylo revidováno celkem šest vzorových kalibračních postupů:

KP 1.1.2/01/20 Posuvky I. (s nonickou diferencí 0,1 mm a 0,05 mm)

Tento kalibrační postup se vztahuje na kalibraci posuvek s dělením nonia 0,1 mm a 0,05 mm s měřicím rozsahem do 2 000 mm a posuvek s kruhovým číselníkem s hodnotou dílku stupnice 0,1 mm a 0,05 mm. Kalibrační postup vychází z normy ČSN EN ISO 13385-1:2020, která nově definuje chyby posuvek a zavádí nové pojmy i přístupy ke kalibraci posuvek.

Kalibrace popsaná v tomto kalibračním postupu se týká jak interně prováděných kalibrací a rekalibrací, např. v rámci technické kontroly, tak i externě zadávaných kalibrací prováděných v kalibračních střediscích.

KP 1.1.2/02/20 Posuvky II. (číslíkové a s nonickou diferencí 0,02 mm)

Tento kalibrační postup se vztahuje na kalibraci posuvek s dělením nonia 0,02 mm a číslíkových posuvek s měřicím rozsahem do 1 000 mm. Kalibrační postup vychází z normy ČSN EN ISO 13385-1:2020, která nově definuje chyby posuvek a zavádí nové pojmy i přístupy ke kalibraci posuvek.

Kalibrace popsaná v tomto kalibračním postupu se týká jak interně prováděných kalibrací a rekalibrací, např. v rámci technické kontroly, tak i externě zadávaných kalibrací prováděných v kalibračních střediscích.

KP 1.1.2/03/20 Číslíkový úchylkoměr

Tento kalibrační postup se vztahuje na kalibraci mechanických číselníkových úchylkoměrů s hodnotou dílku stupnice 0,01 mm a 0,001 mm.

Kalibrace popsaná v tomto kalibračním postupu se týká jak interně prováděných kalibrací a recalibrací, např. v rámci technické kontroly, tak i externě zadávaných kalibrací prováděných v kalibračních střediscích.

KP 1.1.2/05/20 Třmenový mikrometr

Tento kalibrační postup se vztahuje na kalibraci třmenových mikrometrů s rovinnými měřicími doteky (dále jen mikrometrů) s dílkem stupnice 0,01 mm a mikrometrů digitálních s horní hranicí měřicího rozsahu 1 000 mm a se stoupáním mikrometrického vřetene 0,5 mm nebo 1 mm.

Kalibrace popsaná v tomto kalibračním postupu se týká jak prvotní kalibrace v dané organizaci (např. při vstupní kontrole mikrometrů), tak i při recalibraci během používání mikrometru.

KP 1.1.2/11/20 Posuvný hloubkoměr

Tento kalibrační postup se vztahuje na kalibraci posuvných hloubkoměrů s horní mezí měřicího rozsahu max. 630 mm s nonickou diferencí 0,1 mm, 0,05 mm, 0,02 mm, s kruhovým číselníkem (dílek stupnice 0,05 mm) a číslicových hloubkoměrů (číslíkový krok 0,01 mm) v běžném provedení i v provedení s nose.

Posuvné hloubkoměry, které jsou částí posuvných měřitek (nonických, s kruhovým číselníkem, číslicových), se kalibrují podle KP 1.1.2/01/20 Posuvka I a KP 1.1.2/02/20 Posuvky II.

KP 1.1.6/04/20 Závitový třmenový kalibr

Tento kalibrační postup je určen pro kalibraci porovnávacích seřizovacích trnů (dále „trnů“) k nastavení mezních závitových třmenových kalibrů (dále „kalibrů“) s průměrem metrického závitu od 3 mm do 100 mm, profilových měřících kroužků dobrých a zmetkových kalibrů a pro vlastní nastavení kalibrů s průměrem metrického závitu od 3 mm do 100 mm.

V programu PRM VII/3/19 byly vytvořeny celkem čtyři metodiky:

MPM 4.5.1/01/20 Metodika měření s měřidly pro elektrovize

Tento metodický postup se vztahuje na měření parametrů elektrických sítí a elektrických spotřebičů revizními přístroji. Většinou se jedná o multifunkční přístroje sdružující několik funkcí:

- měření impedance ochranné smyčky (mezi fázovým vodičem L a ochranným vodičem PE) a měření impedance sítě (mezi fázovým vodičem L a pracovním nulovým vodičem N) – kontrola nepřerušitelnosti vodičů nebo spojů, kdy v případě poruchy by nedošlo k vybavení jističe,
- měření proudových chráničů – přístroje měří rozdílový vybavovací proud chrániče, vybavovací čas chrániče a dotykové napětí při vybavení chráničů,
- měření přechodového odporu – měření odporu ochranného vodiče PE stejnosměrným proudem 200 mA nebo střídavým proudem 10 A nebo 25 A,
- měření izolačního odporu – měření izolačního odporu mezi pracovními vodiči L , N a ochranným vodičem PE nebo krytem spotřebiče, napětím (50, 100, 250, 500, 1 000, 2 500, 5 000) V,

- měření unikajícího proudu – měření střídavého proudu unikajícího od pracovních vodičů přes spotřebič ochranným vodičem nebo na kryt spotřebiče,
- měření zemního odporu – kontrola hromosvodů a ostatních zemních vodičů,
- kontrola přepětových ochranných – měření průrazného napětí varistorů a přepětových ochranných,
- přístroje pro zkoušky přiloženým napětím – zdroje střídavého nebo stejnosměrného vysokého napětí, které obvykle měří i unikající proud.

MPM 8.1.1/01/20 Metodika měření denního a umělého osvětlení luxmetrem

Předmětem metodiky je popis provozního měření osvětlenosti u denního osvětlení a umělého osvětlení vnitřních i venkovních prostorů v osvětlovacích soustavách normálního i nouzového osvětlení pomocí luxmetru. Provozní měření osvětlenosti se používá pro ověřování hodnot osvětlenosti u nově navržených osvětlovacích soustav (kolaudační měření), pro kontrolu osvětlenosti v průběhu užívání stavby a pro porovnávání variantních řešení osvětlovacích soustav. Metodiku lze využít i pro speciální aplikace a situace, jako např. ověřování osvětlení v tunelech, na přechodech pro chodce nebo pro kontrolu rušivého světla.

MPM 8.1.2/01/20 Metodika měření venkovního osvětlení jasoměry

Předmětem metodiky je popis provozního měření jasu u venkovních osvětlovacích soustav pomocí jasoměru. Jasoměry se ve venkovním prostředí používají pro kontrolu venkovního osvětlení pozemních komunikací a pro kontrolu rušivého světla. Provozní měření jasu se používá pro ověřování hodnot jasu u nově navržených osvětlovacích soustav (kolaudační měření), pro kontrolu jasu v průběhu užívání stavby a pro porovnávání variantních řešení osvětlovacích soustav.

ZÁVĚR

Přes všechna „příkoří“, kterými rok 2020 PRM obdařil, lze závěrem konstatovat, že se ČMS se všemi třemi úkoly PRM 2020 vypořádala úspěšně. Pevně doufám, že výsledky budou prospěšné i metrologické veřejnosti, o čemž svědčí i vykazovaný počet návštěv webu ČMS, kde je můžete od prosince 2020 najít a volně stáhnout k vaší potřebě.

Současně jsou již navrženy i úkoly na rok 2021. Kompletní návrh ze strany ČMS obsahuje celkem pět úkolů. Vedle tradičních vzorových kalibračních postupů (tři postupy), jejich revizí (šest postupů) a metodik provozního měření (pět metodik) se vrací i úkol obsahující překlady celkem jedenácti dokumentů typu Guide WELMEC a jejich aktualizací. Je navržen i nový úkol - analýza ČSN v oblasti metrologie. Tato analýza má obsahovat návrh na provedení revizí zastaralých a zrušení nevyhovujících či duplicitních norem s metrologickým obsahem. V plánu je analyzovat cca 500 z asi 2 000 ČSN, které se týkají měření.

Doufejme, že se podaří zpracovat všechny navrhované postupy a dokumenty a nebude nutné je redukovat, jak tomu bylo v roce 2020.

VYHODNOCENÍ PROGRAMU ROZVOJE METROLOGIE 2020

Ing. Eliška Machová

Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví

V Programu rozvoje metrologie 2020 bylo zařazeno celkem 20 úkolů. Z tohoto počtu řešil Český metrologický institut (ČMI) 4 úkoly, ostatní subjekty zbývajících 16 úkolů. Z nich přidružené laboratoře ČMI, Výzkumný ústav geografický, topografický a kartografický, v.v.i., a Ústav fotoniky a elektroniky AV ČR, v.v.i., řešily 4 úkoly. Všechny úkoly byly v souladu s pravidly pro ukončování úkolů PRM a jejich zadáním ukončeny závěrečnými oponenturami, při nichž bylo konstatováno jejich splnění. Oponenti rovněž vesměs ocenili průběh a úroveň řešení úkolů, jejich užitečnost a využití výsledků v oblasti rozvoje metrologie v České republice.

První část článku informuje o úkolech, které řešil Český metrologický institut, v druhé části jsou popsány výstupy úkolů ostatních řešitelů.

Výsledky a výstupy řešení jednotlivých úkolů:

A) Úkoly řešené Českým metrologickým institutem

Úkol č. II/1/20 Uchovávání státních etalonů

Základním cílem úkolu byly práce spojené s uchováváním a průběžným udržováním požadovaných metrologických vlastností státních etalonů ČR uchovávaných v ČMI s cílem zajištění jejich požadované funkčnosti a využitelnosti pro navazování měřidel nižších řádů. K 31. prosinci 2020 je těchto etalonů 56. (Další tři státní etalony uchovávají přidružené laboratoře ČMI - ÚFE AV ČR a VÚGTK, viz dále v textu úkoly těchto řešitelů.) Seznam všech státních etalonů je uveden na webových stránkách ÚNMZ v části metrologie v rubrice metrologický systém (<https://www.unmz.cz/metrologie/metrologicky-system/statni-etalony-ceske-republiky/>).

Úkol č. V/1/20 Státní metrologický dozor

Náplní úkolu bylo jako každý rok zabezpečení výkonu státního metrologického dozoru u autorizovaných a registrovaných subjektů a ostatních uživatelů stanovených měřidel nad dodržováním povinností stanovených zákonem o metrologii, včetně řešení stížností občanů a případů nedodržení zákona o metrologii postoupených Českému metrologickému institutu jinými kontrolními orgány. V důsledku pandemie onemocnění Covid-19 byl tento úkol realizován oproti minulým letům v menším rozsahu.

Úkol č. VI/1/20 Zabezpečení mezinárodní spolupráce v oblasti metrologie

Jedná se o každoroční komplexní úkol, jehož cílem je zabezpečení nezbytné mezinárodní spolupráce v metrologii v zájmu ČR, která je v působnosti ČMI. Řešení úkolu navazovalo na požadavky Usnesení vlády ČR č. 1129/2016 (Koncepte rozvoje národního metrologického systému České republiky pro období

let 2017 – 2021) na zapojení českého metrologického systému do aktivní mezinárodní spolupráce s cílem dosažení vysoké technické úrovně a efektivního řešení potřeb českého hospodářství. Rozhodující část úkolů měla být podle plánu zabezpečena formou zahraničních služebních cest, nicméně v důsledku pandemie onemocnění Covid-19 byly některé zahraniční akce zrušeny a zbytek proběhl elektronickou formou.

Úkol č. VII/9/20 Zpracování metrologického předpisu stanovujícího postup zkoušení při ověřování stanovených měřidel – měřicích převodníků tlaku

V rámci úkolu byl zpracován metrologický předpis stanovující postup zkoušení při ověřování měřicích převodníků tlaku za účelem dosažení jednotné aplikace metody zkoušení definované opatřením obecné povahy pro obor stanovených měřidel.

B) Úkoly řešené ostatními subjekty

Úkol č. II/2/20 Uchovávání státního etalonu času a frekvence, řešitel ÚFE AV ČR, v.v.i.

Uchováváním státního etalonu času a frekvence je pověřena Laboratoř Státního etalonu času a frekvence (LSEČF) Akademie věd ČR. Hlavní náplní tohoto úkolu je soubor činností nutných pro uchovávání a udržování státního etalonu času a frekvence a zajištění jeho využitelnosti jak v rámci mezinárodní spolupráce při vytváření mezinárodního atomového času TAI, tak pro potřeby kalibračních a expertních činností pro instituce a podniky v ČR i v zahraničí. Na časovou stupnici UTC(TP) se navazují veškerá měření a kalibrace času a frekvence prováděné v ČR. NTP servery řízené vůči UTC(TP) zajišťují synchronizaci ČR v počítačových sítích.

Úkol č. II/3/20 Uchovávání státního etalonu délky 24 m až 1450 m, řešitel VÚGTK, v.v.i.

Základním cílem úkolu je uchovávání a udržování metrologických parametrů státního etalonu délky 25 m až 1450 m ev. č. ECM 110-13/08-041 a zajištění jeho funkcí. Uchováváním státního etalonu délek 24 m až 1450 m je pověřen Výzkumný ústav geodetický a kartografický. Hlavní náplní úkolu v roce 2020 bylo zajištění metrologické návaznosti SE, systematická měření pro sledování stability délkových parametrů SE, systematická měření náklonů na vybraných bodech SE, příprava návrhu a dokumentace pro úpravu jeho složení. Bylo schváleno nové složení etalonu a jeho nové metrologické charakteristiky.

Úkol č. II/4/20 Uchovávání a rozvoj státního etalonu tíhového zrychlení, řešitel VÚGTK, v.v.i.

Cílem úkolu je uchovávání a rozvoj státního etalonu tíhového zrychlení (ECM 120-3/08-040), kterým je absolutní balistický gravimetr FG5-215; v roce 2019 byly provedeny změny jeho parametrů a byl rozšířen o gravimetr FG5X-251. Uchováváním státního etalonu tíhového zrychlení je pověřen Výzkumný ústav geodetický a kartografický. Hlavními cíli úkolu bylo provést kalibraci laseru a rubidiového

oscilátoru u gravimetru FG5-215 a vyhotovit skripty pro zpracování a kombinaci absolutních měření a měření supra-
vodivého gravimetru včetně vizualizace výsledků. V roce 2020 byla v KCDB uznána a publikována kalibrační a měřicí schopnost VÚGTK pro měření tíhového zrychlení a kalibraci absolutních gravimetrů.

Úkol č. III/13/20 Rozvoj etalonáže času a frekvence, řešitel ÚFE AV ČR, v.v.i.

Náplní úkolu byly další činnosti za účelem rozvoje státního etalonu času a frekvence, jehož uchováváním je pověřena Laboratoř Státního etalonu času a frekvence (LSEČF) Akademie věd ČR. V roce 2020 bylo cílem zavedení algoritmu pro vytváření kompozitní časové stupnice. Výsledkem řešení je zavedení rutinního časového transferu mezi LSEČF a ÚPT AV ČR – navazování aktivního vodíkového maseru ÚPT a zapojení do tvorby mezinárodního atomového času TAI a světového koordinovaného času UTC ve spolupráci s BIPM v rámci klíčového porovnání CCTF-K001.UTC a projektu Rapid UTC a dále implementace algoritmu pro vytváření kompozitní časové stupnice realizované matematicky z atomových stupnic navazovaných na národní časovou stupnici UTC(TP).

Úkol č. III/14/20 Primární etalon středního vakua, řešitel MFF UK

Náplní úkolu bylo snížení nejistoty generovaných tlaků v etalonu středního vakua. V rámci řešení byla provedena analýza vlastností sférického kanálu a byl navržen, realizován a ověřen nový prvek geometrické clony včetně výpočtu jeho vodivosti a nejistoty. Byly navrženy a realizovány konstrukční úpravy etalonu a bylo provedeno experimentální ověření. Výsledkem řešení úkolu je funkční primární etalon středního vakua v oblasti absolutních tlaků 0,01 Pa až 5 Pa včetně jeho metrologické charakterizace.

Úkol č. VII/1/20 Nové kalibrační postupy, řešitel Česká metrologická společnost, z.s.

Náplní úkolu bylo vypracování následujících kalibračních postupů:

- KP pro kalibry vnitřní TORX,
- KP pro závitové kalibry HELICOIL,
- KP pro kalibry vnitřní pro drážky,

kteří doplnily soustavu kalibračních postupů měřidel. Kalibrace měřidel mají zásadní vliv na kvalitu výrobních a kontrolních procesů a vypracované postupy přispívají ke zkvalitnění základního podkladu pro práci kalibračních laboratoří a kontrolních a měřicích pracovišť podnikové sféry. Kalibrační postupy jsou zdarma k dispozici ke stažení na webových stránkách České metrologické společnosti (<http://spolky.csvts.cz/cms/>).

Úkol č. VII/2/20 Revize kalibračních postupů, řešitel Česká metrologická společnost, z.s.

Cílem řešení úkolu bylo uvést existující kalibrační postupy do souladu s platnými normami a jejich doplnění o postupy stanovení nejistot a vzorové příklady a dále sjednocení jejich obsahu a formy. Revidovány byly postupy pro následující skupiny měřidel:

- posuvky I. (s nonickou diferencí 0,1 mm a 0,05 mm),
- posuvky II. (číslicové a s nonickou diferencí 0,02 mm),
- číslicový úchylkoměr,
- třmenový mikrometr,
- mikrometrické odpichy.

Kalibrační postupy jsou zdarma k dispozici ke stažení na webových stránkách České metrologické společnosti (<http://spolky.csvts.cz/cms/>).

Úkol č. VII/3/20 Metodiky provozních měření, řešitel Česká metrologická společnost, z.s.

Náplní úkolu bylo vypracování nových metodik provozních měření, které představují postupy pro správné a jednotné měření v technologických i laboratorních aplikacích. Metodiky mají přímý vliv na kvalitu výrobních a kontrolních procesů v průmyslových a zdravotnických provozech. Doplnují a kompletují předpisové základny pro průmyslové aplikace. V rámci úkolu byly vypracovány následující tři metodiky:

- Metodika měření s měřidly pro elektrovizy,
- Metodika měření denního a umělého osvětlení luxmetrem,
- Metodika měření venkovního osvětlení jasoměrem.

Metodiky provozních měření jsou zdarma k dispozici ke stažení na webových stránkách České metrologické společnosti (<http://spolky.csvts.cz/cms/>).

Úkol č. VII/5/20 Principy kalibrace v oboru základních elektrických veličin, řešitel Český institut pro akreditaci, o.p.s.

Cílem úkolu bylo poskytnout přehled principů kalibrace, které jsou v daném oboru nejběžnější, a zároveň obecnější návod, jak vhodně stanovit a popsat princip kalibrace. Principy, metody a postupy kalibrace jsou nezbytnou součástí informace, kterou akreditovaná kalibrační laboratoř poskytuje zákazníkům prostřednictvím svého osvědčení o akreditaci, bez jeho znalosti nelze dostatečně vyhodnotit úroveň služeb poskytovaných laboratoří. Tato informace nebyla doposud běžně poskytována, liší se proto i názory jednotlivých laboratoří i pracovníků v metrologii na míru podrobnosti, stejný princip lze také různě pojmenovat.

Úkol č. VII/6/20 Nejistota vzorkování, řešitel Eurachem-ČR, z.s.

Cílem úkolu bylo vytvoření nové příručky pokrývající metodicky problematiku nejistoty odběru vzorků jakožto aktuální problematiku zmíněnou v revidované normě ČSN EN ISO/IEC 17025:2018. První částí nové příručky je oficiální odborný překlad do češtiny pokynu Eurachem/CITAC „Measurement Uncertainty Arising from Sampling“, 2. vydání z roku 2019. Druhá část shrnuje postupy a výsledky z této problematiky získané při mezilaboratorních porovnáních odběru a analýz vod a kalů. Příručka je vydána elektronicky (ve formátu pdf) jako 25. díl řady příruček KVALIMETRIE a je zdarma k dispozici na webových stránkách spolku Eurachem-ČR (www.eurachem.cz).

Úkol č. VIII/1/20 Zprovoznění a kalibrace optické přesnosové trasy mezi Laboratoří přesného času a frekvence FEL ČVUT a Státním etalonem času a frekvence při

použití technologie White Rabbit, řešitel Fakulta elektrotechnická ČVUT, katedra měření

Cílem úkolu bylo zprovoznění a kalibrace optické přenosové trasy mezi Laboratoří přesného času a frekvence (LPČF) FEL ČVUT a Státním etalonem času a frekvence ÚFE AV s použitím technologie White Rabbit (WR). Hlavními výsledky řešení úkolu je:

- návrh a realizace systému optického přenosu času a frekvence založeného na technologii WR mezi LPČF FEL a Státním etalonem času a frekvence (SEČF) ÚFE;
- návrh technického a programového vybavení;
- kalibrace systému WR mezi LPČF a SEČF;
- ověření dlouhodobého chování realizovaného systému přenosu času;
- porovnání výsledků měření časových stupnic FEL Time a UTC(TP) pomocí optického přenosu a metodou Common-View.

Úkol č. VIII/3/20 Metrologické charakteristiky psychoaktivních látek, řešitel VŠCHT

Cílem úkolu bylo určení metrologických charakteristik nových syntetických látek zneužívaných jako psychoaktivní drogy a validace pracovních standardů těchto látek pro praktické využití ve forenzních a toxikologických laboratořích, zejména v Celní správě a Policii České republiky. V rámci úkolu bylo řešeno pět nových psychoaktivních látek.

Úkol č. VIII/6/20 Vliv měřicích transformátorů proudu na přesnost měření zkreslených průběhů proudu, řešitel Fakulta elektrotechnická ČVUT, katedra elektroenergetiky

Téma úkolu je dáno stále aktuálnější problematikou nárůstu zkreslení tvaru síťového napětí a proudu a jeho vlivu na přesnost měření elektrické energie. Na tato měření mají podstatný vliv přenosové vlastnosti měřicích transformátorů proudu (MTP). Výsledkem řešení úkolu je analýza a posouzení vlivu proudových transformátorů na přesnost měření zkreslených průběhů proudů v distribučních sítích. Experimentálně byly ověřeny parametry obvodu pro zjišťování přenosových charakteristik MTP v příslušné frekvenční oblasti a stanoveny podmínky pro určování zkreslení sekundárního proudu při měření neharmonického primárního proudu pomocí MTP.

Úkol č. VIII/9/20 Posouzení vybraných metrologických charakteristik měřidel bodové rychlosti vodního proudu využívající elektromagnetického principu měření, řešitel ÚVS Fakulta stavební VUT v Brně

V současné době se pro měření bodové rychlosti proudu používají vodoměrné vrtule s rotačním prvkem, které jsou v oblasti úředního měření průtoku v profilech s volnou hladinou jediným schváleným měřidlem. Cílem úkolu bylo posoudit možnost využití elektromagnetických měřidel bodové rychlosti pro potřeby úředního měření průtoku v profilech s volnou hladinou. V rámci úkolu byly v návaznosti na výsledky získané v průběhu minulých let provedeny experimenty zaměřené na posouzení dalších parametrů se zaměřením na šest konkrétních měřidel. Na základě vyhodnocení výsledků řešení úkolu bude použito elektromagnetických

měřidel bodové rychlosti pro potřeby úředního měření průtoku v profilech s volnou hladinou zapracováno do metrologického předpisu MP 010 Českého metrologického institutu.

Úkol č. VIII/16/20 Termostatované kapacitní etalony s keramickým dielektrikem jmenovitých hodnot 10 nF, 100 nF a 1 μF, řešitel Fakulta elektrotechnická ČVUT, katedra měření

Cílem a výsledkem úkolu byla realizace termostatovaných kapacitních etalonů s keramickým dielektrikem jmenovitých hodnot 10 nF, 100 nF a 1 μF v modulárním provedení. Každý z těchto etalonů sestává ze dvou modulů, z modulu s kapacitními elementy pro povrchovou montáž s keramickým dielektrikem NP0 (C0G) připájenými na dvoustrannou desku s plošnými spoji a z termostatovaného válcového krytu. Moduly s kapacitními elementy lze do válcových krytů nainstalovat pouhým nasunutím. Etalony jsou k dispozici mj. pro mezilaboratorní porovnání a jsou příspěvkem v oblasti praktické metrologie elektrické impedance.

Úkol č. VIII/18/20 Případová studie postupu přípravy rostlinného matricového kandidátského RM metodou přidavku (spikování) organických analytů (rezidua pesticidů). Ověření vhodnosti přípravy RM touto metodou, řešitel ANALYTIKA, spol. s r.o.

Úkol navazuje na úkoly z předchozích let, kdy řešitel úspěšně zkoumal možnost přípravy referenčního materiálu odpadního kalu a půdy metodou „spikování“. Využívání CRM při validaci a verifikaci analytických metod a kontrole správnosti měření je jedním z požadavků normy ISO 17025 pro posouzení kompetence zkušebních a kalibračních laboratoří. Matricové referenční materiály tvoří základní stavební prvky metrologické infrastruktury v oblasti chemických měření pro potřeby životního prostředí. Předmětem tohoto úkolu bylo vypracování studie proveditelnosti pro rostlinný materiál, konkrétně čaj. Výsledkem řešení úkolu je studie homogenity a stability matricového kandidátského referenčního materiálu (RM) rostlinného původu/čaje.

Výše uvedené vyhodnocení Programu rozvoje metrologie 2020 je pouze stručnou informací o náplni a základních výstupech řešení jednotlivých úkolů zařazených do programu. Kompletní zprávy, případně další písemné dokumenty popisující výsledky řešení výše uvedených úkolů jsou k dispozici u zadavatele (ÚNMZ) těchto úkolů a jejich řešitelů. Například vzorové kalibrační postupy a metodiky provozního měření jsou umístěny na webových stránkách České metrologické společnosti a jsou volně ke stažení, stejně tak příručky vypracované Eurachem-ČR nebo Českým institutem pro akreditaci jsou ke stažení na webových stránkách těchto řešitelů. Jak je z popisu úkolů zřejmé, je Program rozvoje metrologie orientován vyváženě na oblasti fundamentální, průmyslové i legální metrologie. Podporuje tak rozvoj technické i znalostní základny metrologické návaznosti, přispívá k zabezpečování kvality ve výrobě a zabývá se i ochranou spotřebitele a dalších veřejných zájmů cestou legální metrologie. Výsledky úkolů programu rozvoje metrologie jsou dále využívány v metrologickém výzkumu i v praxi.

NABÍDKA AKCÍ ČMS NA I. POLOLETÍ ROKU 2021



Česká metrologická společnost, z. s.

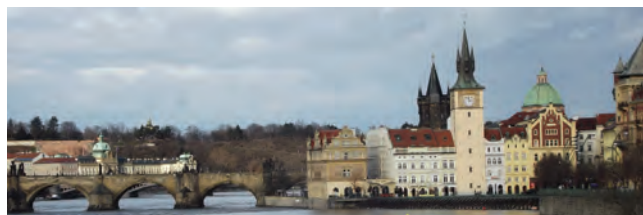
Zakládající člen Českého svazu
vědeckotechnických společností

Novotného lávka 5, 110 00 Praha 1

tel.: 606 957 233

e-mail: cms-zk@csvts.cz

www.spolky-csvts.cz/cms



Místo a datum konání	Kód akce	Název akce
19. dubna 2021*) ČSVTS Praha, učebna č. 318	K 569-21	Měření tvrdosti <i>New!</i> *) kurz se bude konat v tomto termínu pouze v případě příznivé epidemické situace
Termín bude upřesněn po zlepšení epidemické situace ČSVTS Praha, učebna č. 219	K 568-21	Měření elektrických veličin s praktickými ukázkami kalibrací vybraných měřidel

8. 3. až 9. 3. 2022 **) Hotel PRIMAVERA, Plzeň	Ko 571-21	30. mezinárodní konference MĚŘICÍ TECHNIKA PRO KONTROLU JAKOSTI **) Termín konference se přesouvá na rok 2022
24. března 2021 *) ČSVTS Praha, učebna č. 318	K 570-21	Řízení metrologie v organizaci *) kurz se bude konat v tomto termínu pouze v případě příznivé epidemické situace
26. 4. až 29. 4. 2021 ***) ČSVTS Praha, učebna č. 501	K 572-21	53. základní kurz metrologie ***) v případě nepříznivé epidemické situace se kurz bude konat korespondenčně

Trvalá nabídka	K 90	Korespondenční kurz metrologie
----------------	------	--------------------------------

Nabídka akcí ČMS na I. pololetí roku 2021 může být v případě změn aktualizována. Aktuální informace budou zveřejněny na <https://spolky-csvts.cz/cms> v menu Odborné akce / Kalendář akcí ČMS. Další informace o připravovaných akcích včetně přihlášek ke stažení jsou/budou uváděny na webových stránkách ČMS v menu Odborné akce/Kalendář akcí ČMS: <https://spolky-csvts.cz/cms/kalendar-akci-cms>.

Redakční rada:

Ing. Zdeňka Pohořelá (předsedkyně), Mgr. Kristýna Vančurová (místopředsedkyně), Ing. Milan Badal, Ing. Miroslav Čermák, Mgr. Václava Holušová, Doc. Ing. Jiří Horský, CSc., Ing. František Jelínek, CSc., Ing. Jiří Kazda, Mgr. Petra Krůčková, Ing. Petr Pánek, CSc., RNDr. Klára Popadičová, Ing. Pavel Rubáš, Ing. Radek Sedláček, Ph.D., doc. RNDr. Jiří Tesař, Ph.D., Ing. Josef Vojtíšek.

Prizvání: PhDr. Bořivoj Kleník – šéfredaktor.

Časopis vychází 4 x ročně. Cena výtisku 80,- Kč, roční předplatné 320,- Kč + poštovné a balné + 10 % DPH. Vydavatel: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví (ÚNMZ) ve spolupráci s Českým metrologickým institutem, Českou metrologickou společností a Českým kalibračním sdružením. Sídlo vydavatele: ÚNMZ, Na Žertvách 132/24, 180 00 Praha 8. IČO: 48135267. Povolení tisku: registrace MK ČR 6111, MIČ 46 676, ISSN 1210-3543.

Místo vydávání: Praha. Datum vydání: únor 2021. Nakladatelský servis, předplatné a inzerce: PhDr. Bořivoj Kleník, Bezdědice 19, 294 25 Katusice, mobil: 603 846 527, e-mail: klenik@q-art.cz. Nevyžádané materiály se nevracejí. Za původnost a správnost příspěvků odpovídají autoři.

Foto na obálce:

Systém pro měření stejnosměrné energie dodávané z nabíjecí stanice do elektromobilu se současným vyhodnocením napětí, proudu a výkonu.

Photo on the front page:

System for measurement of the DC energy supplied from the charging station to the electric vehicle, with simultaneous evaluation of voltage, current and power.

