

ZÁKLADY MĚŘENÍ FYZIKÁLNÍCH VELIČIN

1. CÍL MĚŘENÍ

Cílem měření je obvykle stanovit hodnoty určité veličiny nebo více veličin, či zhodnotit jejich chování. V technické praxi se při sledování procesů, ale rovněž při charakterizování vlastností objektů, používají různé fyzikální veličiny.

Každá fyzikální veličina má svoji **kvalitativní** a **kvantitativní** stránku.

Kvalitativní stránka se vyjadřuje názvem veličiny, například čas, teplota, délka, **kvantitativní** stránka představuje číselnou hodnotu veličiny a zjišťuje se měřením. Hodnota veličiny je číslo vyjadřující velikost měřené veličiny ve zvolených jednotkách.

Příklad:

Určení délky l předmětu. Délka je určovanou fyzikální veličinou a naměřená číselná hodnota (počet) v metrech je hodnotou veličiny.

$$\begin{array}{ccc} x & = & \{X\} & [x] \\ \uparrow & & \uparrow & \uparrow \\ \text{měřená} & & \text{číselná} & \text{jednotka} \\ \text{veličina} & & \text{hodnota} & \\ l & = & 3,4 & \text{m} \end{array}$$

Kromě hodnoty měřené veličiny musí dále výsledek měření obsahovat i hodnocení přesnosti. **Měření** je možno definovat jako soubor experimentálních (někdy i výpočetních) operací provedených pomocí měřicího zařízení.

Z uvedené definice vyplývá, že měření zahrnuje:

měřené veličiny, prostředky měření (přístroje, počítače atd.), podmínky měření, měřicí metodu a člověka, který měření realizuje.

2. PŘÍPRAVA MĚŘENÍ

Předmět měření

Před měřením je třeba přesně stanovit **předmět měření**. Buď je to jev, který je nutno sledovat, nebo charakteristika či vlastnost nějakého objektu. Jako příklad sledování jevu můžeme uvést měření závislosti odporu žárovky na teplotě. Příkladem určení vlastnosti je stanovení momentu setrvačnosti tělesa vzhledem k ose otáčení jako jedné z důležitých dynamických charakteristik tělesa.

Měřená veličina

S předmětem měření úzce souvisí **měřená veličina**. Je to zpravidla fyzikální veličina, která poskytuje žádanou informaci o sledovaném jevu nebo objektu. Z hlediska metodiky měření je

vhodné veličiny rozdělit na diskrétní (nespojité) a spojité. Spojitou veličinou je čas, teplota, pouze diskrétních hodnot bude nabývat např. veličina charakterizující počet registrovaných částic.

Hodnota veličiny je vyjádřena vždy jako násobek určité jednotky. Jednotky jsou podle výběru základních jednotek uspořádány do soustav.

Závaznou soustavou jednotek je soustava SI.

Proto je třeba ještě před započítím měření zjistit, jestli vztahy a definice, z kterých se bude při měření vycházet, jsou formulovány pro jednotky SI soustavy.

Podmínky měření

Při přípravě měření je nutné dále přihlédnout k **podmínkám**, za kterých bude měření prováděno. Podmínky měření, např. tlak, teplota okolí, vlhkost, apod., mohou ovlivňovat nejen měřenou fyzikální veličinu nebo průběh jevu, ale i měřicí zařízení. Funkce měřicího zařízení může být závislá i na dalších okolnostech. Například měření s magnetometrem nelze provádět v blízkosti vedení elektrického proudu, kde by se uplatnily rušivé vlivy magnetického pole elektrických vodičů. V některých případech měřicí zařízení při měření přímo ovlivňuje sledovaný jev nebo objekt.

Příklad:

Voltmetr je zapojený do elektrického obvodu paralelně ke spotřebiči. Vzhledem k velkému vnitřnímu odporu voltmetru jím bude protékat pouze malá část celkového elektrického proudu tekoucího obvodem, ale přesto dochází ke zkreslení hodnot parametrů obvodu.

K podmínkám měření patří i požadavek na počet současně měřených veličin (stejných nebo různých), eventuálně na místo, kde se bude měření provádět. Odlišně bude měření probíhat v laboratoři při zachování stejných nebo skoro stejných podmínek, a v provozu či v terénu, kde mohou nastat extrémní nebo časově proměnné podmínky. Je proto nutné rozlišovat **laboratorní, provozní, terénní či jiné podmínky měření**, protože podmínky měření by měly a v praxi jistě i ovlivní výběr metody měření.

Metoda měření

Metodou měření se rozumí způsob, jakým měříme určitou fyzikální veličinu. Pro určení jedné veličiny může existovat několik způsobů a tedy i několik měřicích metod. Použitá měřicí metoda závisí na druhu veličiny, dále na tom, z jakých vztahů pro měřenou veličinu se vychází a také, jaké měřicí přístroje jsou k dispozici. Elektrický odpor vodiče lze měřit například metodou přímou, substituční, můstkovou. Stručná klasifikace měřicích metod bude uvedena v kap. 4.

Prostředky měření

Pro realizaci měření potřebujeme **prostředky měření**. Jsou to měřicí přístroje a zařízení, případně počítač. Výběru vhodných měřicích přístrojů, zařízení, eventuálně počítačů je nutné před začátkem měření věnovat náležitou pozornost. Přístroje je třeba vybrat s ohledem na zvolenou metodu měření a požadovanou přesnost výsledku. Výběr přístroje ovlivní rovněž předpoklá-

daný rozsah měřených hodnot, který by měl být znám před započítím měření. Určitým nezanedbatelným kritériem jistě bude i finanční náročnost, eventuálně energetická náročnost navržených přístrojů a zařízení.

Omezená přesnost přístrojů, jak bude ukázáno v kap. 3 o chybách a nejistotách měření, limituje přesnost výsledku. Pro přesnější měření je někdy nutné před měřením znovu měřicí zařízení oceňovat nebo okalibrovat srovnáním s přesnějším přístrojem nebo údajem, který slouží jako normál. Provádí-li se měření pomocí řady přístrojů vzájemně spojených v řetězec, mluví se obvykle o měřicím systému. Podle druhu výstupního údaje je možno systémy (i jednotlivé přístroje) rozdělit na analogové a číslicové (digitální).

Analogové přístroje převádějí nepřetržitě měřenou veličinu na výchylku ukazovatele (ručky). **Číslicové přístroje** měří v předem určených časových intervalech (nespojitě) a hodnota měřené veličiny je udávána zpravidla číslem na displeji přístroje.

Způsob, jak se bude měření provádět, může v mnoha případech ovlivnit **použití počítače**. V nejjednodušším případě je možné využít počítač pro zpracování naměřených hodnot, což umožňuje zvětšit jak množství vyhodnocených dat, tak rychlost jejich zpracování. Tím lze příznivě ovlivnit přesnost výsledku. Dalším krokem ve využití počítačů je automatický přenos naměřené hodnoty z měřicího systému či přístroje do paměti počítače za účelem dalšího zpracování. Přenos dat z měřicího přístroje může probíhat bez přerušování měřicího procesu a takový druh měření s pomocí počítače bývá označován jako měření v reálném čase.

Moderní měřicí systémy obvykle zahrnují počítač ve funkci řídicí jednotky. Počítač v této funkci by měl přístroje v systému sám spouštět, přebírat naměřené hodnoty, eventuálně podle již získaných naměřených hodnot řídit další proces měření.

Člověk

V procesu měření má důležitou úlohu i člověk, který měření provádí. I v případě, že je měření úplně automatizováno, projeví se jeho úloha v návrhu měření.

Vliv člověka na výsledky měření se projeví zejména v případech, kdy odečítá údaje měřicích přístrojů. Nepřesnosti vzniklé z odečtu spolu s nepřesnostmi přístrojů mohou podstatným způsobem ovlivnit chybu výsledku. Způsob čtení hodnot je důležitý zejména v případech, kdy je třeba hodnoty odečítat v rychlém časovém sledu a eventuálně z nich vyvodit závěry pro další pokračování měření. V takových případech je nutné předem zhodnotit omezené možnosti lidských smyslů a raději využít možnosti, které nabízejí prostředky automatizační a počítačové techniky.

3. NÁVRH MĚŘENÍ

Přípravu měření popsanou v předchozím odstavci můžeme shrnout při návrhu měření do následujících bodů:

- formulace předmětu a cíle měření s vytyčením požadavku na přesnost,
- definování fyzikální veličiny vystihující předmět měření,
- jednotka určované veličiny v SI soustavě,
- výchozí vztah pro veličinu (může být zpětně ovlivněn a změněn výběrem měřicí metody),
- návrh měřicí metody,
- vystižení podmínek měření (některé budou formulovány až v průběhu měření),

- výběr měřicích prostředků (měřicích přístrojů, zařízení, počítačů) potřebných pro realizaci zvolené metody,
- posouzení jejich vhodnosti s ohledem na požadovanou přesnost výsledku předpokládaný,
- rozsah měřených hodnot a ekonomická a energetická náročnost,

(Pořadí – výběr metody, výběr měřicích prostředků – může být i obrácené. Někdy je nutné vycházet z dostupných měřicích prostředků a jim podřídít výběr metody měření. Jiná metoda měření může vyžadovat případně i jiný výchozí vztah pro veličinu.)

- výběr počítače s ohledem na možnost jeho využití,
 - návrh postupu měření v korelaci s požadavkem na přesnost výsledku,
 - stanovení optimálního počtu pracovníků potřebných pro měření,
 - ekonomické posouzení zvolené metody a měřicích prostředků, zejména u složitějších a přístrojově náročných měření.
- (Někdy je vhodné předem limitovat množství finančních prostředků, které mohou být investovány do realizace měření a vloženým finančním prostředkům podřídít návrh měření.)

4. REFERÁT Z MĚŘENÍ

Příprava měření, jeho návrh, naměřené hodnoty a jejich zpracování včetně uvedení výsledku měření s odhadem chyby měření a nejistoty měření tvoří obsah referátu z měření. Pokyny k přípravě a vypracování referátu z laboratorního cvičení a vzorový referát jsou uvedeny v dokumentu *Vzorový refert*.