

SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA V NITRE

Technická fakulta

Katedra kvality
a strojárskych technológií

doc. Ing. Ján Žitňanský, PhD. – Ing. Pavel Polák, PhD.

METROLÓGIA V RIADENÍ KVALITY

Nitra 2019

Vydala Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre
vo Vydavateľstve SPU

Autori: doc. Ing. Ján Žitňanský, PhD. (9,78 AH)
Katedra kvality a strojárskych technológií
TF, SPU v Nitre

Ing. Pavel Polák, PhD. (1 AH)
Katedra kvality a strojárskych technológií
TF, SPU v Nitre

Recenzenti: doc. Ing. Štefan Gašpár, PhD.
Ing. Miroslav Prístavka, PhD.

Učebné texty vznikli za finančnej podpory grantového projektu KEGA č. 039SPU-4/2017 s názvom „Inovácia výučby predmetov so zameraním na manažérstvo kvality, obrábanie kovov a metrologiu v interakcii na požiadavky praxe.“

Schválila rektorka Slovenskej poľnohospodárskej univerzity v Nitre dňa 18. 10. 2019 ako skriptá pre študentov SPU.

© J. Žitňanský, P. Polák, Nitra 2019

ISBN 978-80-552-2072-7

PREDHOVOR

Význam merania neustále narastal po viac ako päťtisíc rokov. Základným cieľom tejto publikácie je umožniť študentom získať dôkladné poznatky odvetvia technickej kontroly vo výrobnom procese, ktoré sa týkajú primárnych definícií, ich nadväznosti a využitia merania jednotlivých veličín v mnohých odvetviach výroby a prevádzky, vzťahujúcich sa k strojárskemu priemyslu. Slúži študentom na získanie základného prehľadu o danej téme. Stredná úroveň existuje pre študentov a inžinierov, ktorí potrebujú získať vedomosti o danej téme pre oblasť svojho záujmu a profesionálneho uplatnenia. Ďalej obsahuje vybrané informácie o špecializovaných aspektoch danej oblasti. V súčasnosti sa na strojársku výrobu kladú neustále rastúce požiadavky. Je to dané predovšetkým charakterom trhu a požiadavkami zákazníkov. Inovačné cykly sa skracujú, je čoraz väčšia variantnosť výrobkov, nároky na kvalitu a spoľahlivosť vzrastajú. V dôsledku uplatnenia sa na trhu a úspešného konkurovania z odpovedajúcim produktom, je potrebné, aby podnik vyrábal kvalitný výrobok s nízkymi celkovými nákladmi, pri krátkych dodacích časoch a s vysokou produktivitou práce. Tieto požiadavky sú často v protiklade. Hľadajú sa rezervy vo všetkých zložkách v podniku, ktoré by umožnili dosahovať priaznivé ukazovatele výroby. Počítačová podpora metrologie v strojárstve je jeden z významných nástrojov na zvyšovanie kvality a skracovanie priebežného času výroby, zvýšenie flexibility návrhového a výrobného procesu, znižovanie výrobných nákladov a tým aj ceny výrobku. Takmer všetky oblasti metrologie (najmä 3D meracie systémy) realizácie súčiastky (vývoj, plánovacie, riadenie výrobné a povýrobné) sú v súčasnosti počítačom podporované prostredníctvom špecializovaných počítačových systémov (CA systémy), respektíve hardwarových komponentov. Vplyvom počítačovej podpory jednotlivých činností v podniku vznikajú nové vzťahy medzi tradične založenými oddeleniami technickej kontroly strojárskoho podniku. Na vysokých školách sa problematike CA systémov v spojitosti s metrologiou venuje veľká pozornosť. Aj keď sa publikujú články v rôznych odborných časopisoch, ide väčšinou o opis existujúcich a nových systémov a softwarov z tejto oblasti. V predkladanej publikácii, ktorá bude sumarizáciou teoretických a praktických poznatkov z oblasti metrologie bude daný priestor hlavne na použité metodológie, metódy a princípy v jednotlivých oblastiach technickej kontroly v spojitosti s CA systémami, s ktorými je možné sa stretnúť v školách a v podnikoch, ale poskytnúť čitateľovi teoretický ucelený pohľad na túto problematiku. Skriptum je určené pre poslucháčov vysokých škôl technického smeru, pričom svojím zameraním je vhodné i pre potreby praxe.

OBSAH

1. História merania a metrológie.....	7
1.1 Prehistória metrológie alebo tzv. proto – metrológia.....	8
1.2 Storočie svetla a zrod vedeckej metrológie.....	12
1.2.1 Metrológia a Francúzska revolúcia.....	13
1.2.2 Zrodenie metrického systému.....	14
1.2.3 Anglický systém.....	14
1.2.4 Éra zjednocovania.....	15
1.3 Dlhodobý vývoj meradiel.....	17
1.3.1 Hmotnosť.....	17
1.3.2 Dĺžka.....	17
1.3.3 Teplota.....	18
1.3.4 Čas.....	20
1.4 Legislatívne a inštitucionálne zabezpečenie metrológie.....	21
1.4.1 Legislatívne zabezpečenie metrológie v SR.....	22
1.4.2 Úrad pre normalizáciu, metrológiu a skúšobníctvo SR (ÚNMS SR).....	22
1.4.3 Slovenská legálna metrológia (SLM).....	24
1.4.4 Slovenská národná akreditačná služba (SNAS).....	24
1.5 Medzinárodné metrologické organizácie – rozdelenie metrológie.....	25
1.5.1 Svetové mimovládne metrologické organizácie.....	28
1.5.2 Európske metrologické organizácie.....	28
1.5.3 Medzinárodné organizácie.....	29
1.6 Rozdelenie metrológie.....	30
1.6.1 Rozdelenie podľa rozsahu príslušných problémov.....	30
1.6.2 Rozdelenie podľa odvetvia hospodárstva.....	31
1.6.3 Rozdelenie podľa úrovne príslušných problémov.....	31
1.6.4 Rozdelenie podľa orgánu, ktorý v jemu vymedzenej pôsobnosti zabezpečuje metrologické potreby . na metrológiu.....	31
1.6.5 Veličiny.....	31
1.6.6 Jednotky.....	32
2. Metrický systém.....	33
2.1 Medzinárodný systém jednotiek (SI).....	35
2.1.1 Jednotka dĺžky – meter.....	36
2.1.2 Jednotka hmotnosti – kilogram.....	37
2.1.3 Jednotka času – sekunda.....	38
2.1.4 Jednotka elektrického prúdu – ampér.....	38
2.1.5 Jednotka termodynamickej teploty – kelvin.....	39

2.4.1.6 Jednotka látkového množstva – mol.....	40
2.1.7 Jednotka svietivosti – kandela.....	41
2.1.8 Odvođené jednotky SI.....	41
2.1.9 Násobky a podiely jednotiek SI.....	43
2.1.10 Jednotky mimo SI.....	45
2.2 Písanie značiek.....	48
3. Meracie princípy.....	50
3.1 Postup merania.....	50
3.2 Architektúry meracích systémov.....	50
3.3 Stratégie merania.....	54
3.3.1 Kompenzačné metódy.....	55
3.3.2 Spätnoväzobné metódy.....	57
3.3.3 Filtrácia.....	60
3.3.3.1 Filtrácia pred prevodom.....	61
3.3.3.2 Filtrácia po prevode.....	61
3.3.3.3 Elektronické filtre.....	62
3.3.3.4 Modulácia.....	63
3.3.4 Korekčné metódy.....	65
3.3.4.1 Meranie pomocou viacnásobného vstupu.....	66
3.3.4.2 Metódy otáčania.....	67
3.3.4.3 Dynamické porovnávanie.....	67
4. Meracie prostriedky.....	70
4.1 Klasifikácia meracích prostriedkov.....	71
4.2 Zadenie meracích prístrojov, pojmy a parametre.....	76
4.3 Dynamické charakteristiky - meracích prístrojov.....	78
5. Etalón.....	80
6. Meradlá a meranie.....	86
6.1 Zdroje chýb merania.....	90
6.2 Neistota (výsledku) merania (uncertainty of measurement).....	92
6.3 Vlastnosti meracích prostriedkov.....	94
6.3.1 Všeobecné metrologické charakteristiky.....	95
6.3.2 Charakteristiky dynamických vlastností.....	99
6.3.2.1 Úplné dynamické charakteristiky.....	99
6.3.2.2 Čiastkové dynamické charakteristiky.....	103
6.3.2.3 Charakteristiky číslcových meracích prístrojov (systémov).....	105
6.4 Návrh a výroba meracích prístrojov.....	106
6.4.1 Intuitívny návrh.....	107

6.4.2 Priemyselný návrh.....	108
6.4.3 Inžiniersky návrh.....	108
6.5 Kritériá návrhu pre prístroje.....	109
6.6 Kinematika.....	109
6.7 Pseudo-kinematický návrh.....	113
6.8 Pohyblivosť.....	113
6.9 Lineárny závesný mechanizmus.....	115
6.10 Pružné členy pre uhlový pohyb.....	116
6.11 Meranie a silové slučky.....	117
6.12 Chyby usporiadania.....	118
6.13 Abbého usporiadanie.....	119
6.14 Ostatné mechanické hľadiská – rovnováha síl.....	119
6.15 Systematické chyby a nelinearity.....	120
6.16 Výber materiálu.....	121
6.17 Pohonové systémy.....	122
7. Meranie teploty.....	121
7.1 Princípy merania teploty.....	125
7.2 Dilatačné teplomery.....	126
7.2.1 Kvapalinové teplomery.....	127
7.2.2 Tyčové teplomery.....	131
7.2.3 Tlakové teplomery.....	133
7.3 Snímače teploty s elektrickým výstupom.....	134
7.3.1 Odporové snímače teploty.....	134
7.3.1.1 Odporový teplomer.....	135
8. Meranie tlaku.....	144
8.1 Definícia a jednotky.....	144
8.2 Princípy merania tlaku.....	147
8.3 Tlakomery.....	148
9. Meranie prietoku, pretečeného množstva a rýchlosti prúdenia tekutín.....	149
9.1 Definícia a jednotky.....	149
10. Metrologický poriadok.....	151
11. Audit kvality.....	152
LITERATÚRA.....	160

Autori	doc. Ing. Ján Žitňanský, PhD. Ing. Pavel Polák, PhD.
Názov	METROLÓGIA V RIADENÍ KVALITY
Určené	Pre študentov SPU
Vydavateľ	Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre
Vydanie	Prvé
Vytlačené	November 2019
Náklad	250 kusov
Počet strán	160
AH-VH	10,78-11,03
Tlač	Vydavateľstvo SPU v Nitre
ISBN 978-80-552-2072-7	Cena 4,60 €

Rukopis neprešiel redakčnou úpravou vo vydavateľstve.
Za odbornú náplň vydania zodpovedajú autori.

