**SEMESTRÁLNÍ PRÁCE**

**KET/MET**

MALEJ LORD 4. 6. 2015

1. **Zadání**

**Stanovení opakovatelnosti a reprodukovatelnosti měřícího systému**

1. Proveďte řízený experiment pro určení opakovatelnosti a reprodukovatelnosti měřícího systému pro kontrolu odporů. Měřicím systémem je multimetr s kabeláží, odpor v přípravku / mimo přípravek a obsluha.
2. Proveďte vyhodnocení opakovatelnosti a reprodukovatelnosti měřícího systému v tabulkovém procesoru a rozhodněte, zda je měřící systém přijatelný či nikoliv.
3. Analyzujte výsledky a určete vlivy na systém měření.

**Určení nejistoty**

1. Z naměřených hodnot určete nejistoty typu A, nejistoty typu B a určete celkovou a rozšířenou nejistotu měřen
2. **Teoretický úvod**

**Systém měření**

Jedná se o soubor operací, postupů,software, měřidel a dalšího vybavení. U ideálního systému měření.

**Ideální systém měření**

Ideální systém měření produkuje jen ,,správná“ měření. Každá naměřená hodnota odpovídá etalonu.

**Reálný systém měření**

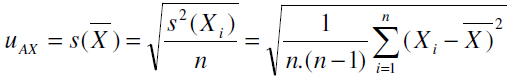
Kvalita systému měření se určuje podle dat produkovaných v čase. V reálném systému měření se vyskytují chyby měření.

**Nejistoty měření**

Nejistota měření je údaj o variabilitě naměřených hodnot. Nejistoty máme dvojího druhu nejistotu řešenou způsobem A a nejistotu řešenou způsobem B. Z nejistoty řešené způsobem A a z nejistoty řešené způsobem B můžeme určit kombinovanou nejistotu.

**Nejistota typu A**- jedná se o směrodatnou odchylku výběrových průměrů. Výpočet určuje variabilitu změřených výsledků. Stanovuje se statistickými metodami z opakovaných měření. Je zapotřebí opakovatelné měření, ne jen odečet hodnot. Mírou nejistoty je výběrová směrodatná odchylka. Je způsobená náhodnými chybami.

Pokud provedeme míň jak 10 – 20 měření, upravuje se výsledek na počet opakování měření:



Jestliže je počet opakování menší než 10, upravuje se výsledek měření následovně:



|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Počet měření | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 |
| Koeficient ks | 1,2 | 1,2 | 1,3 | 1,3 | 1,4 | 1,7 | 3,2 | 7 |

**Nejistota typu B** - řeší přítomnost okolních vlivů, které mohli ovlivnit měření, a vyvozuje variabilitu těchto vlivů. Stanovuje se analýzou naměřených hodnot, které vycházejí z racionálních úsudků. Je tedy způsobena známými a odhadnutelnými vlivy jako jsou například chyby způsobeny chybou přístrojů, chybou obsluhy, změnou teploty, nedokonalosti použité metody a měřících prostředků a další. Pro výpočet nejistoty typu B je zapotřebí nejdříve provést analýzu všech vlivů, které můžou na měření působit. Zjišťujeme dílčí nejistoty od jednotlivých dílčích zdrojů.

Obecně se odhad provádí následovně:

Nejprve odhadneme maximální možnou odchylku od nominální hodnoty veličiny příslušející zdroji nejistoty (obsluha, měřidlo a další.) Dále se posoudí průběh pravděpodobnostní odchylky v intervalu a najde se nejvhodnější aproximace. Poté se dílčí nejistota typu B určí z maximální změny daného zdroje:

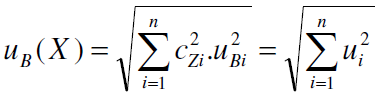


Koeficient χ je tabulková hodnota dle typu rozdělení (χ = 2 pro normální rozdělení P = 95 %). Pokud jsou zdrojem nejistoty fyzikální vlivy s různými veličinami a jednotkami je zapotřebí určit převodně citlivostní koeficienty:



Dále se stanoví převodový koeficienty ze závislosti:

Celková nejistota typu B se stanový z dílčích nezávislých nejistot typu B:



Kombinovaná nejistota udává interval, kde se s pravděpodobností 68,27 % nachází hodnota (normální rozdělení je podmínkou):

**Analýza systémů MSA**

Touto analýzou se stanovuje velikost chyby v procesu měření a posuzuje se adekvátnost pro kontrolu řízení produktu a procesu. Je zaměřená na systém měření jako takový, ne na produkovaný výsledek. Tato analýza také rozhoduje o vhodnosti či nevhodnosti systému. Její využití je zejména v automobilovém průmyslu.

**Základní charakteristiky**

Opakovatelnost – míra rozptylu měření veličiny. Jedná se o variabilitu měření získaných jedním měřícím přístrojem, který byl použit několikrát stejným operátorem při měření identického znaku. Opakovatelnost zahrnuje jak veškerou variabilitu uvnitř zařízení tak veškerou variabilitu mimo zařízení například: prostředí, operátor, metoda a další.

**Reprodukovatelnost**

Hodnoty/ data v krátkém časovém úseku, na identickém objektu, pevně daným postupem, specifikovanou obsluhou, definovaném vybavení na definovaných místech.

Kritéria vyhodnocení přijatelnosti pro metodu opakovatelnosti a reprodukovatelnosti měřícího systému:

Celková variabilita TV (Total Variation) se spočte jako sumace rozptylů opakovatelnosti, reprodukovatelnosti a variability mezi vzorky procentuální vyjádření jednotlivých variabilit EV, AV, GRR a PV se provede vztažením k hodnotě TV.

V případě, že tato vypočtená hodnota GRR[ %] je:

* menší než 10 % - systém měření se obecně považuje za přijatelný
* mezi 10 - 30 % - systém může být přijatelný podle důležitosti použití, nákladů vynaložených na měřící zařízení, nákladů opravu atd.
* větší než 30 % -systém se považuje za nepřijatelný, veškeré úsilí se musí vynaložit na zlepšení systému

Tato kritéria hodnocení se používají ve všech metodách pro určení GRR.

1. **Postup měření**

Měřili jsme 10 vzorků rezistorů, nejprve bez pomocného přípravku, poté jsme všechny rezistory zasadili do pomocného přípravku, který měření ulehčoval. Měření provedli tři operátoři jak s pomocným přípravkem, tak bez přípravku. Hodnoty jednotlivých odporů jsme měřili pomocí Multimetru. Výsledné hodnoty jsme zaznamenávali do tabulky. Z naměřených hodnot jsem provedl výpočet opakovatelnosti, výpočet reprodukovatelnosti a nejistot měření.

1. **Naměřené a vypočítané hodnoty**

**Tab. 1:** Tabulka naměřených hodnot rezistorů bez pomocného přípravku

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | R [kΩ] | | | | | | | | | |
|  | opakování | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| **Operátor I** | 1 | 4,6779 | 4,6780 | 4,6774 | 4,6862 | 4,6838 | 4,6825 | 4,6842 | 4,6824 | 4,6826 | 4,6793 |
| 2 | 4,6780 | 4,6883 | 4,6778 | 4,6863 | 4,6838 | 4,6824 | 4,6842 | 4,6824 | 4,6827 | 4,6792 |
| 3 | 4,6779 | 4,6883 | 4,6775 | 4,6863 | 4,6839 | 4,6806 | 4,6843 | 4,6825 | 4,6827 | 4,6793 |
| Rik | | 0,0001 | 0,0103 | 0,0004 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0019 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 |
| xik | | 4,677933 | 4,684867 | 4,677567 | 4,686267 | 4,683833 | 4,681833 | 4,684233 | 4,682433 | 4,682667 | 4,679267 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **Operátor II** | 1 | 4,6779 | 4,6883 | 4,6775 | 4,6863 | 4,6842 | 4,6806 | 4,6842 | 4,6824 | 4,6827 | 4,6792 |
| 2 | 4,6778 | 4,6919 | 4,6775 | 4,6868 | 4,6839 | 4,6806 | 4,6844 | 4,6832 | 4,6827 | 4,6792 |
| 3 | 4,6779 | 4,6750 | 4,6772 | 4,6837 | 4,6837 | 4,6806 | 4,6842 | 4,6822 | 4,6827 | 4,6792 |
| Rik | | 0,0001 | 0,0169 | 0,0003 | 0,0031 | 0,0005 | 0,0000 | 0,0002 | 0,0010 | 0,0000 | 0,0000 |
| xik | | 4,677867 | 4,685067 | 4,677400 | 4,685600 | 4,683933 | 4,680600 | 4,684267 | 4,682600 | 4,682700 | 4,679200 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **Operátor III** | 1 | 4,6780 | 4,6883 | 4,6775 | 4,6863 | 4,6839 | 4,6805 | 4,6843 | 4,6824 | 4,6827 | 4,6794 |
| 2 | 4,6780 | 4,6884 | 4,6775 | 4,6884 | 4,6839 | 4,6807 | 4,6844 | 4,6825 | 4,6827 | 4,6794 |
| 3 | 4,6780 | 4,6884 | 4,6775 | 4,6863 | 4,6839 | 4,6806 | 4,6844 | 4,6825 | 4,6817 | 4,6794 |
| Rik | | 0,0000 | 0,0001 | 0,0000 | 0,0021 | 0,0000 | 0,0002 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0010 | 0,0000 |
| xik | | 4,678000 | 4,688367 | 4,677500 | 4,687000 | 4,683900 | 4,680600 | 4,684367 | 4,682467 | 4,682367 | 4,679400 |

**Tab. 2:** Tabulka naměřených hodnot rezistorů s pomocným přípravkem

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | R [kΩ] | | | | | | | | | |
|  | opakování | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| **Operátor I** | 1 | 4,6779 | 4,6884 | 4,6775 | 4,6863 | 4,6839 | 4,6806 | 4,6843 | 4,6825 | 4,6828 | 4,6794 |
| 2 | 4,6779 | 4,6884 | 4,6775 | 4,6863 | 4,6839 | 4,6806 | 4,6843 | 4,6824 | 4,6827 | 4,6793 |
| 3 | 4,6780 | 4,6883 | 4,6773 | 4,6863 | 4,6839 | 4,6806 | 4,6843 | 4,6825 | 4,6827 | 4,6793 |
| Rik | | 0,0001 | 0,0001 | 0,0002 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 |
| xik | | 4,677933 | 4,688367 | 4,677433 | 4,686300 | 4,683900 | 4,680600 | 4,684300 | 4,682467 | 4,682733 | 4,679333 |
| **Operátor II** | 1 | 4,6779 | 4,6884 | 4,6775 | 4,6863 | 4,6838 | 4,6806 | 4,6843 | 4,6824 | 4,6827 | 4,6792 |
| 2 | 4,6779 | 4,6884 | 4,6775 | 4,6863 | 4,6839 | 4,6806 | 4,6844 | 4,6825 | 4,6828 | 4,6794 |
| 3 | 4,6779 | 4,6884 | 4,6775 | 4,6884 | 4,6839 | 4,6806 | 4,6843 | 4,6824 | 4,6828 | 4,6894 |
| Rik | | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0000 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0102 |
| xik | | 4,677900 | 4,688400 | 4,677500 | 4,687000 | 4,683867 | 4,680600 | 4,684333 | 4,682433 | 4,682767 | 4,682667 |
| **Operátor III** | 1 | 4,6781 | 4,6883 | 4,6777 | 4,6862 | 4,6840 | 4,6807 | 4,6844 | 4,6825 | 4,6828 | 4,6794 |
| 2 | 4,6780 | 4,6884 | 4,6775 | 4,6864 | 4,6840 | 4,6807 | 4,6844 | 4,6825 | 4,6828 | 4,6794 |
| 3 | 4,6780 | 4,6884 | 4,6775 | 4,6864 | 4,6840 | 4,6806 | 4,6844 | 4,6825 | 4,6828 | 4,6794 |
| Rik | | 0,0001 | 0,0001 | 0,0002 | 0,0002 | 0,0000 | 0,0001 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| xik | | 4,678033 | 4,688367 | 4,677567 | 4,686333 | 4,684000 | 4,680667 | 4,684400 | 4,682500 | 4,682800 | 4,679400 |

**Opakovatelnost a reprodukovatelnost**

Výsledky měření bez přípravku:

|  |  |
| --- | --- |
| opakovatelnost - EV | 0,0007680 |
| reprodukovatelnost - AV | 0,0002041 |
| GRR | 0,0007947 |
| variabilita mezi vzorky - PV | 0,0027685 |
| celková variabilita - TV | 0,0028803 |
| procentní vyjádření variabilit - GRR% | 27,5906481 |

Hodnota GRR% mezi 10 – 30 % systém může být přijatelný podle důležitosti použití, nákladů vynaložených na měřící zařízení, nákladů na opravu atd.

Výsledky měření s přípravkem:

|  |  |
| --- | --- |
| opakovatelnost - EV | 0,0002383 |
| reprodukovatelnost - AV | 0,0002100 |
| GRR | 0,0003176 |
| variabilita mezi vzorky - PV | 0,0034221 |
| celková variabilita - TV | 0,0034369 |
| procentní vyjádření variabilit - GRR% | 9,2417844 |

Hodnota GRR% menší než 10 % pak se systém měření obecně považuje za přijatelný.

**Nejistota měření**

|  |  |
| --- | --- |
| uA(x) | 2,8284E-05 |
| uB1 | 0,05517082 |
| uB2 | 0,0005 |
| uB(x) | 0,05517309 |
| uc(x) | 0,05517309 |
| U | 0,11034619 |

**Výpočet nejistoty měření**

1.díl:

R = { 4,6779 kΩ; 4,678 kΩ; 4,6779 kΩ; 4,6779 kΩ;

4,6778 kΩ; 4,6779 kΩ; 4,678 kΩ; 4,678 kΩ; 4,678 kΩ }

Průměr:

**Nejistota typu A**

uA(x) = ks \* uAX = 1,2 \* 0,00002887 = 0,000028284

Počet opakování byl menší než 10, proto jsem zvolil koeficient ks = 1,2

**Nejistota typu B**

Vliv měřícího přístroje:

Vliv obsluhy:

Chyba obsluhy stanovena na 0,001 kΩ

Pro normální rozdělení (P=95%): X = 2

Celková nejistota typu B:

kΩ

**Kombinovaná nejistota:**

Rozšířená kombinovaná nejistota:

Koeficient rozšíření k = 2 … skutečná hodnota je v daném intervalu s pravděpodobností P = 95%.

1. **Použité přístroje**

Multimetr

Měřící přípravek pro uchycení rezistoru

1. **Závěr**

Při prvním měření jsme zjišťovali elektrický odpor jednotlivých rezistorů způsobem přiložení měřících sond multimetru na vývody součástky. Sondy jsme tak u „nožiček“ drželi pomocí prstů, tím jsme do měření jistě zanesli nepřesnosti s rozdílnou hodnotou. Vliv nepřesností se lišil dle operátora, vlhkosti prstů, síle stisku, aj. Vystřídali se tři operátoři u deseti stejných rezistorů. Každý operátor proces opakoval třikrát. Z naměřených hodnot jsem vypočítal opakovatelnost, reprodukovatelnost a variabilitu. Hodnota GRR% vyšla 27,59 %, systém tedy můžeme považovat za přijatelný, ovšem s přihlédnutím na důležitost použití, náklady vynaložených na měřící zařízení atd.

V druhé části úlohy jsme použili vyrobené přípravky, do kterých se rezistory upevnily. U zasazených rezistorů jsme poté celý proces opakovali (3 operátoři, každý opakoval měření třikrát s deseti rezistory). Tento způsob měření se ukázal jako mnohem pohodlnější, rychlejší a hlavně přesnější. Vypočítaná hodnota GRR% z naměřených hodnot vyšla 9,24 %, což dokazuje teorii o zanesených chybách při prvním měření vlivem různého úchopu rezistoru operátorem. Toto měření můžeme považovat za obecně přijatelné.

Rozšířená nejistota měření nám vyšla .