VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

HODNOCENÍ KONTROLNÍCH PROCESŮ SYSTÉMU ŘÍZENÍ AUTOMOBILŮ

CLASSIFICATION CONTROL PROCESS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR THESIS

AUTOR PRÁCE **DANIEL UHER**
AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE **Doc. Ing. JIŘÍ PERNIKÁŘ, CSc.**
SUPERVISOR

BRNO 2010

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie
Akademický rok: 2009/2010

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Daniel Uher

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojírenská technologie (2303R002)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Hodnocení kontrolních procesů systému řízení automobilů

v anglickém jazyce:

Classification Control Process

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

1. Popis kontrolovaného systému
2. Hodnocení stávajícího stavu kontrolního systému
3. Návrh nové metodiky vyhodnocování kontrolních procesů
4. Kontrola vybraného systému řízení
5. Závěr

Cíle bakalářské práce:

Navržená metodika zkvalitní současné kontrolní procesy a umožní kvantifikaci parametrů jakosti systémů řízení automobilů.

Seznam odborné literatury:

1. PERNIKÁŘ, J.,TYKAL, M. Strojírenská metrologie II. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006. 180 s. ISBN 80-214-3338-2.
2. ČECH, J., PERNIKÁŘ, J., PODDANÝ, K. Strojírenská metrologie. 4. přepracované vydání. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005.176s. ISBN 80-214-3070-2
3. CHUDÝ, V., PALENČÁR, R., KUREKOVÁ, E., HALAJ, M. Meranie technických veličín. 1. vyd. Bratislava: Vydavatelstvo STU, 1999. 688 s. ISBN 80-227-1275-2.
4. ČSN 01 0115 Mezinárodní slovník základních termínů v metrologii.
5. VDA 5 Způsobilost kontrolních procesů. 1. vyd. Praha: Česká společnost pro jakost 2004. 112 s. ISBN 80-02-01656-4.
6. Fiala, A.: Statistické řízení procesů. Prostředky a nástroje pro řízení a zlepšování procesů. VUT v Brně, 1997. ISBN 80-214-0895-2

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Jiří Pernikář, CSc.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2009/2010.

V Brně, dne 19.11.2009

L.S.

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc. Ředitel ústavu	doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc. Děkan fakulty

ABSTRAKT

Práce se bude zabývat návrhem metodiky kvantifikace kontrolních systémů pro hodnocené charakteristiky jakosti systémů řízení automobilů. Navržená metodika je primárně určena pro firmu TRW Dačice, ale její základní prvky mohou uplatnit i jiné testovací laboratoře ve svých kontrolních procesech.

Klíčová slova

jakost, kontrola, systémy řízení jakosti, přesnost, opakovatelnost.

ABSTRACT

This work deals with design of monitoring systém quantification methodology, used for evaluation of car steering systems quality characteristics. Designed methodology has been prepared directly for company TRW Dačice, but the general techniques of this work could be applied in processes of any test laboratory.

Key words

quality, verification, quality system, accuracy, reproducibility.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

UHER, D. *Hodnocení kontrolních procesů systému řízení automobilů.* Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2010. 33 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Jiří Pernikář, CSc.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Hodnocení kontrolních procesů systému řízení automobilů“ vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum …….

Daniel Uher

Poděkování

Děkuji tímto doc. Ing. Jiřímu Pernikáři, CSc. za cenné připomínky a rady při vypracování bakalářské práce.

OBSAH

Abstrakt 4
Prohlášení 5
Poděkování 6
Obsah 7
ÚVOD 8
1. KONTROLOVANÝ SYSTÉM A JEHO TESTOVÁNÍ 9
1.1 Stroje pro testování systému řízení 9
1.2 Postupy kontrolního měření 11
1.3 Analýza systému měření pomocí Gage R&R 13
2. HODNOCENÍ STÁVAJÍCÍHO STAVU KONTROLNÍHO SYSTÉMU 16
2.1 Hodnocení procesu strojního měření 16
2.2 Hodnocení analýzy systému měření pomocí Gage R&R 17
3. NÁVRH NOVÉ METODIKY VYHODNOCOVÁNÍ KONTROLNÍCH PROCESŮ 21
3.1 Návrh nové metodiky procesu strojního měření 21
3.2 Návrh zkvalitnění metodiky analýzy systému měření pomocí Gage R&R 24
4. KONTROLA VYBRANÉHO SYSTÉMU 28
4.1 Celkové ekonomické zhodnocení 29
Závěr 30
Seznam použitých zdrojů 31
Seznam použitých zkratek a symbolů 32
Seznam příloh 33

ÚVOD

Vývoj v automobilovém průmyslu je silně ovlivněn současnou ekonomickou situací a zvyšujícími se nároky ze strany zákazníků. Požadavek vysoké kvality za minimální náklady nás nutí hledat úspory a zlepšení ve všech oblastech. Také norma ISO TS 16949 stanovuje nutnost neustálého zlepšování. Proto se stále více setkáváme s využitím nástrojů jako je Kaizen, Štíhlá výroba nebo Six Sigma.

Six Sigma je strukturovaný proces, který s pomocí statistických metod zlepšuje celkový výkon firmy. Jako první ji uvedla do praxe Motorola. Six Sigma čerpá ze zkušeností uplynulých desetiletí v oblasti celkového zlepšování kvality. Mezi firmy využívající Six Sigmu patří TRW (od roku 2001), Honeywell, General Electric, Vodafone, SKF a další.

Six Sigma je strukturovaný proces skládající se z 5 částí. Define – definovat, Measure – měřit, Analyze – analyzovat, Improve – zlepšit, Control – řídit. Odtud pochází zkratka DMAIC, která se používá při systematickém řešení problémů.

Define - popis problému, cíl projektu, uvedení do tématu, stanovení priorit

Measure - popis současného stavu, kontrola měřících systémů, výkonnost a stabilita

Analyze - hledání příčin, ověření jejich vlivu

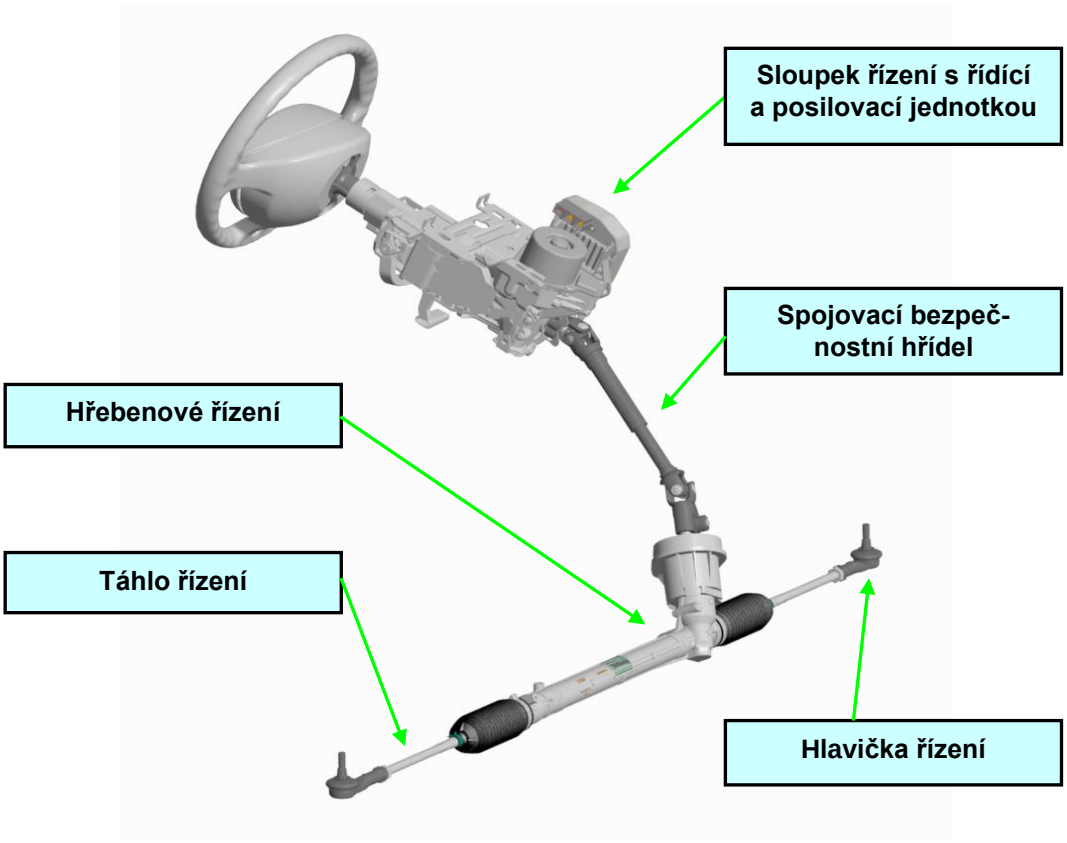
Improve - nalezení řešení, zavedení a ověření správnosti

Control - porovnání stavu na začátku a na konci projektu, dokumentace, stanovení kontroly, návrhy na možnosti dalších zlepšení

Tato bakalářská práce se zaměří na fázi Measure, konkrétně pak na stabilitu měřících systémů, které v sobě zahrnují kontrolní procesy, jež jsou nutným předpokladem pro kvalitní práci testovací laboratoře v TRW-DAS a.s.

Obr. 1.1 Schéma systému řízení v automobilech[5].

1. KONTROLOVANÝ SYSTÉM A JEHO TESTOVÁNÍ



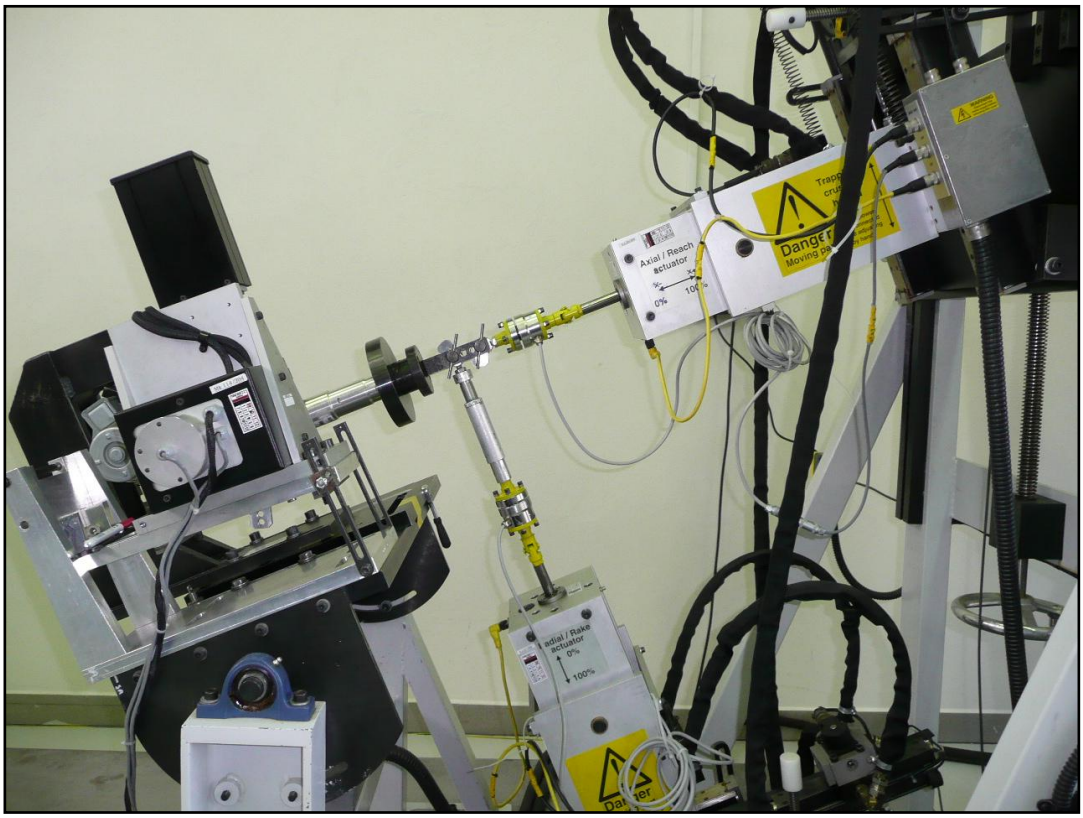
Obr. 1.2 Kompletní systém řízení[5].

Z kompletního systému řízení (Obr. 1.2) se budeme v hodnocení kontrolních procesů systému řízení automobilů zabývat konkrétně sloupkem řízení (Příloha č. 1).

1.1 Stroje pro testování systému řízení

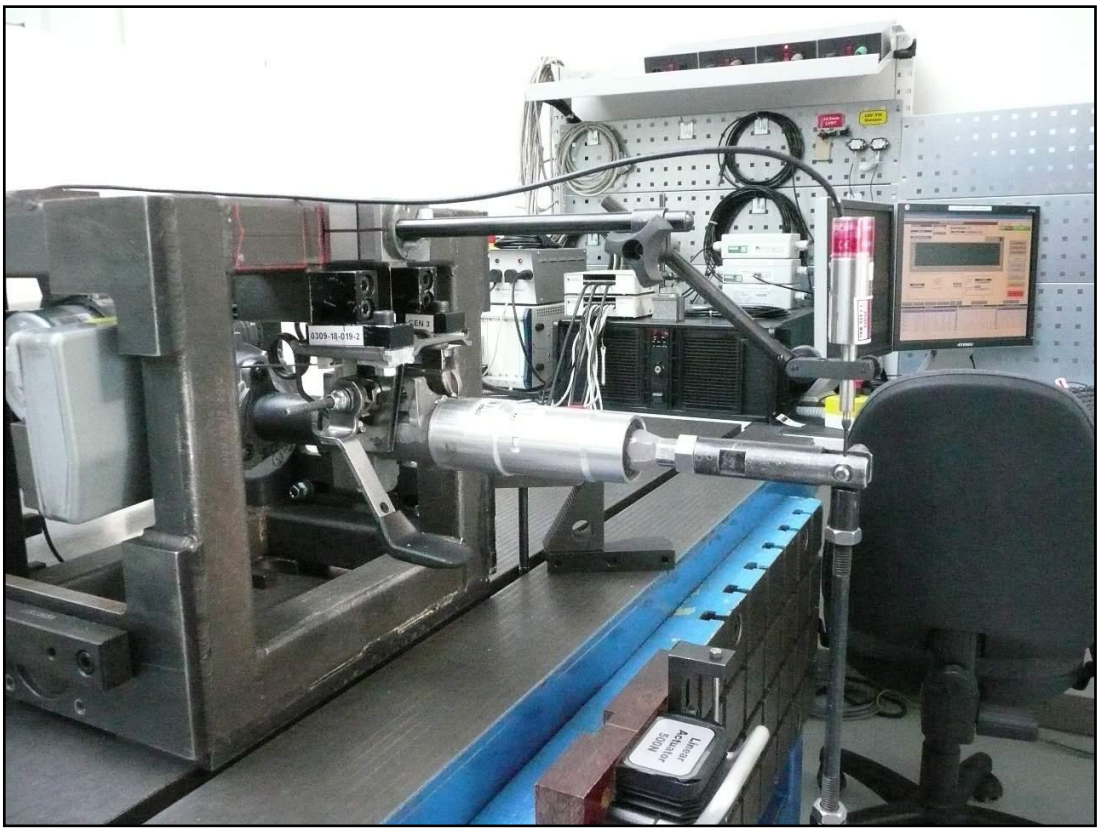
Zkušební stroj „AME Rig“ (Adjustment mechanical endurance test rig) je speciální stroj pro testování mechanické odolnosti sloupků řízení do automobilů (Obr 1.3). Je konstruován tak, aby umožňoval zatížení jednak pohybem v axiálním směru, tak i pohybem v radiálním směru s maximálním zatížením do 2000 N. „Aktuátory“ (hydromechanický pohon s lineárním a silovým snímačem) lze horizontálně naklonit tak, aby nastavení polohy sloupku bylo shodné s reálnou polohou montovaného sloupku v daném typu automobilu, například na 23° jako u automobilu Mazda 2. Součástí stroje je i rotační aktuátor, který umožňuje zamykání a odemykání sloupku řízení krouticím momentem až do 24Nm. Axiální i radiální aktuátory jsou hydraulické, napojeny na centrální tlakový rozvod TSCD, kromě rotačního aktuátoru, který má pohonnou jednotku

servomotoru. Vše je řízeno pomocí testovacího programu v počítači přes řídící jednotku „PXI“, která ovládá hydraulický a elektrický systém zkušebního stroje. Stroj umožňuje dělat i dlouhodobé testy životnosti systémů řízení.



Obr. 1.3 Testovací stroj „AME“[5].

Dalším testovacím strojem je „Multifunkcional test rig“ (Multifunkční testovací stroj), který je určen pro testy, jak sloupků řízení, tak i dalších funkčních částí systémů řízení, například „I-shaftů“ (kloubová polohovací bezpečnostní hřídel spojující sloupek s hřebenovým řízením v automobilu). Tento zkušební stroj je konstruován jako stavebnicový systém (Obr. 1.4). Umožňuje prakticky vytvořit různé sestavy testů dle přání zákazníka. Vše je opět řízeno programem v počítači přes řídící jednotku „PXI“, která ovládá elektrický systém všech pohonných jednotek, které jsou typu servomotoru. Podle jednotlivých sestav lze testovat v radiálním i axiálním směru pomocí několika lineárních aktuátorů 50N, 500N a 2kN s přesností 0,05N, tak i v rotačním směru s aktuátory 5Nm a 50Nm a jednou rotační brzdou 30Nm, která umožňuje vyvinout zatížení proti směru rotace na testovaném zařízení. Stroj je vhodný pro testy vyžadující větší přesnost, ale není vhodný pro dlouhodobé testy životnosti systémů řízení automobilů.

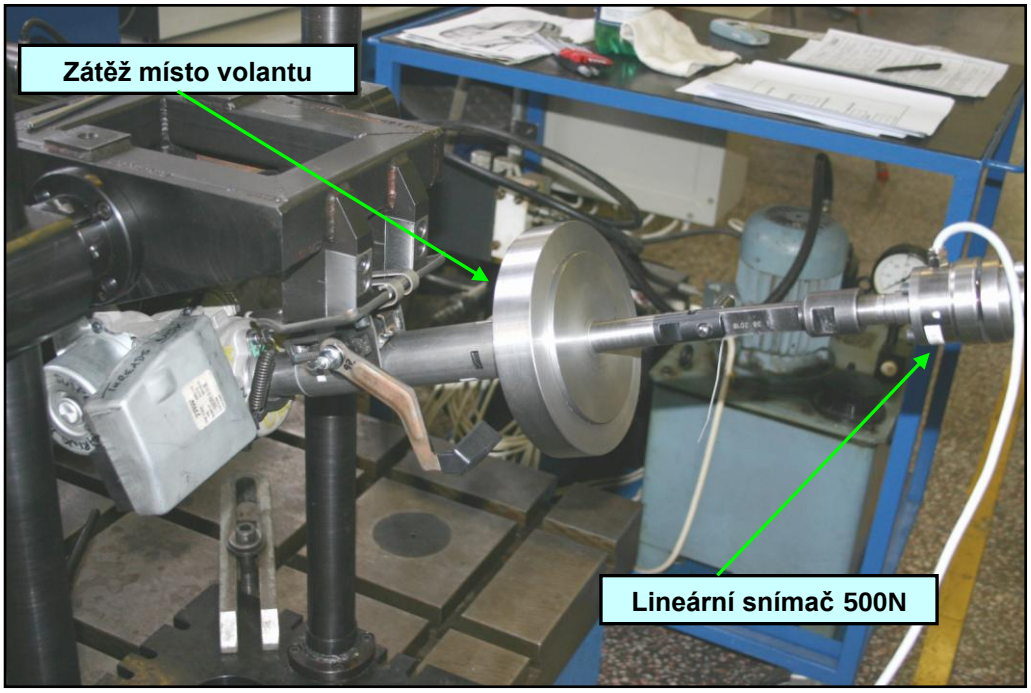


Obr. 1.4 Testovací stroj „Multifunkcional test rig"[5].

1.2 Postupy kontrolního měření

V těchto kontrolních postupech měření se budeme zabývat konkrétně sloupkem řízení typu Mazda 2. V automobilovém průmyslu se vyrábějí dva základní typy sloupků řízení. Podle konstrukce se dělí na jednoosý (lze nastavit polohu ve vertikálním směru) a dvouosý (lze nastavit jak v horizontálním, tak ve vertikálním směru). Používané postupy měření dělíme v základu na ruční a strojní.

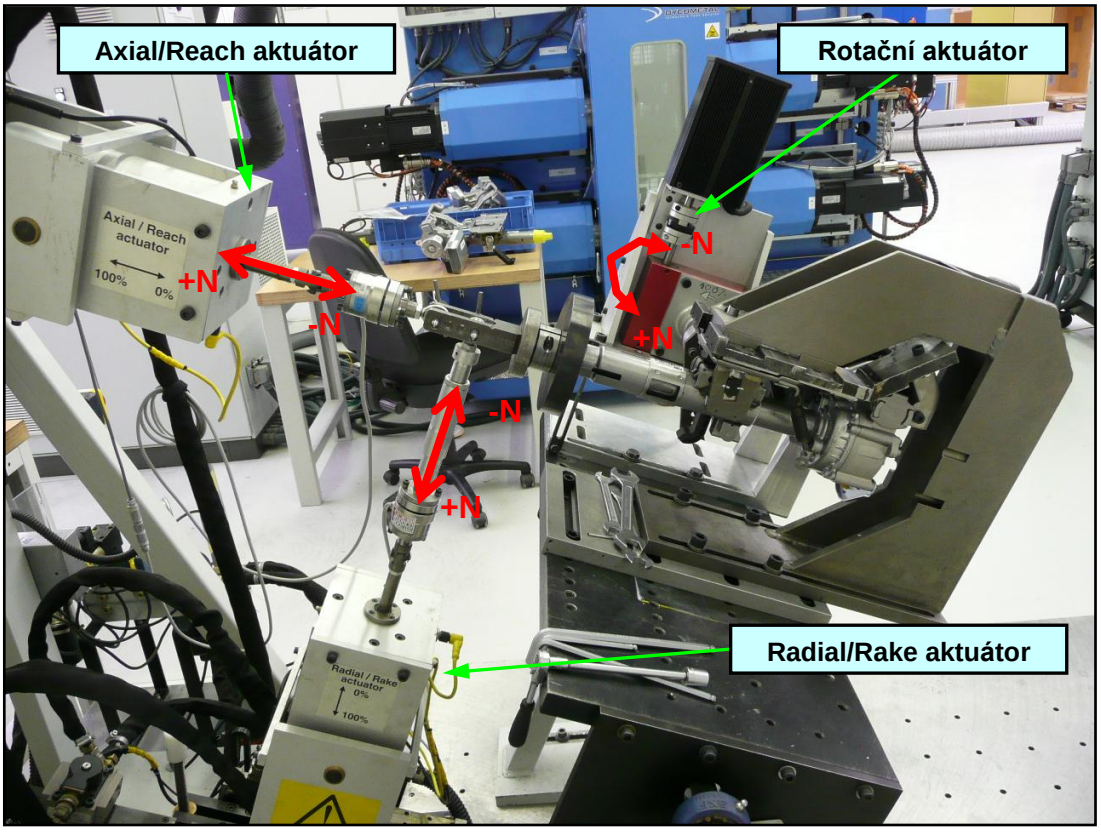
Ruční měření je oproti strojnímu fyzicky náročnější, protože tahové nebo tlakové zatížení zde musí vyvinout člověk pomocí své vlastní síly rukou. Sloupek řízení je při ručním měření upevněn do sloupového rámu, který je navržen tak, aby simuloval reálnou polohu uchycení v automobilu (Obr. 1.5). Pomocí čtyř matek je připevněn k rámu v zamčeném stavu, aby se dosáhlo vymezení polohy v ose sloupku při dotažení matek. Poté je uvolněna páka a pomocí přípravku zafixován v nominální poloze pro obě osy X a Y. Na konci sloupku v tzv. bodě „A“, který tvoří střed osy volantu automobilu, je nasazena zátěž simulující váhu volantu. K tomuto bodu je připojen lineární snímač a ručně je vyvíjena tahová tlaková síla ve směru osy sloupku (osa X). Hodnota je odečítána na displeji přístroje MGC,který převádí signál z lineárního snímače na požadované jednotky např. [N]. Důležité je, aby lineární snímač byl po celou dobu měření v jedné ose s osou sloupku. Stejný postup je i ve směru osy Z



Obr. 1.5 Ruční měření sloupku řízení[5].

(vertikální směr) s tím, že postavení lineárního snímače je kolmé k ose sloupku. Sloupky dle konstrukce jsou měřeny ve třech základních polohách (Z+,Z0,Z-) u jednoosých a v devíti polohách (X-Z-,X-Z0,X-Z+,X0Z-,X0Z0,X0Z+,X+Z-,X0+0,X+Z+) u dvouosých sloupků. Měření jsou opakována tak dlouho, dokud nejsou hodnoty stabilní. Vše je zapisováno ručně do formulářů a vyhodnoceno dle příslušné normy.

Strojní měření má oproti ručnímu měření mnoho výhod, proto se dnes používá ve většině případů testů. Mezi hlavní přednosti patří schopnost vyvinout mnohem větší síly při zatížení, v případě sloupků řízení až do 2kN v obou osách, a to po stejné dráze s přesností 0,05mm po celou dobu měření (Obr. 1.6). Nejdůležitější předností je ale získání dat z měření, které je možno dále zpracovat, vyhodnotit, nebo použít pro další analýzy nebo studie měření. Postup upínaní sloupku řízení do rámu je obdobný jako u ručního, s tím rozdílem, že matky na připevnění sloupku k rámu jsou utahovány momentovým klíčem na stanovenou hodnotu dle normy, aby se dosáhlo stejného pnutí ve šroubech. Před měřením je nutné vynulovat silové snímače a kalibrovat dráhové snímače. Aktuátory lze podle testu mít zapnuté v silové vazbě (dosahuje se určité hodnoty zatížení v [N]), nebo v poziční vazbě (dosahuje se určité koncové hodnoty na dráze v [mm]). Oba dva aktuátory jsou připojeny k bodu „A“ (střed osy volantu kolmý na osu sloupku) a pomocí programu je v počítači nastavena kolmost aktuátorů v radiálním a axiálním směru. Pomocí stroje se najdou krajní limity (maximální pohyb sloupku v obou osách) a načte se požadovaná sekvence pro měření, která je předem naprogramována podle požadovaného testu na základě normy, nebo požadavku zákazníka. Stejně jako u ručního



Obr. 1.6 Měření sloupků řízení na stroji „AME“[5].

měření se podle konstrukce sloupku měří u jednoosých sloupků ve třech polohách a u dvouosých v devíti základních polohách možnosti zamčení sloupku řízení. Po změření celého testu jsou data vyhodnocena a převedena do grafů v programu „Diadem“, který je navržen, jako universální software pro zpracování dat všech požadovaných testů.

1.3 Analýza systému měření pomocí Gage R&R

Analýzu systému měření používáme v technické praxi pro studii naměřených dat, protože často narážíme na otázku, zda lze naměřeným hodnotám věřit, zda nám popisují skutečný proces, nebo zda dochází k významnému zkreslení hodnot systémem měření. Problémy vyskytující se při zkoumání systému měření:

1) Variabilita systému měření

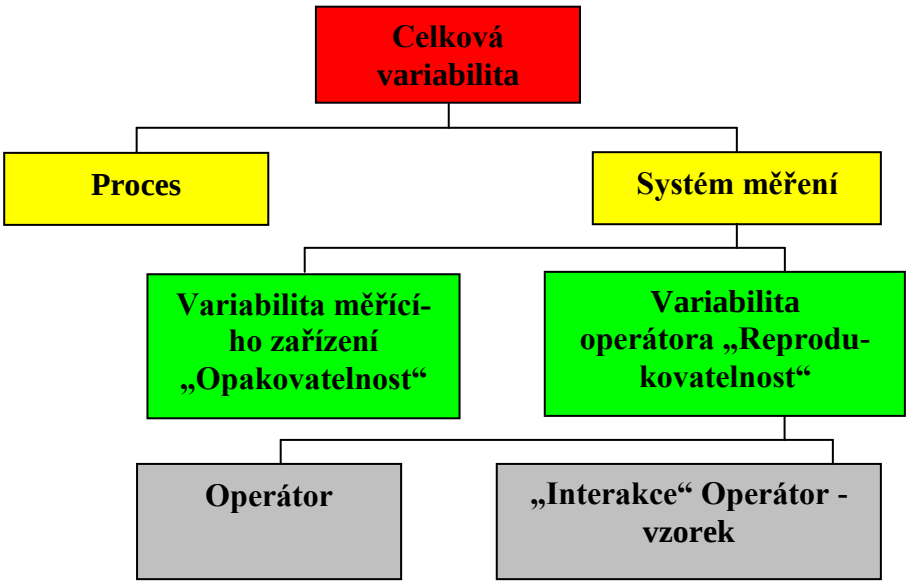
- Opakovatelnost – je těsnost schody mezi výsledky po sobě následujících měření prováděných jednou osobou na stejném výrobku s měřením téže měřené veličiny provedených za stejných podmínek měření. (jeden měřicí přístroj)[5],
- Reprodukovatelnost – je těsnost schody mezi výsledky po sobě následujících měření provedených různými lidmi s měřením téže

měřené veličiny provedených za změněných podmínek (různé měřicí přístroje)[5].

2) Linearita výsledků

- Stabilita – měření prováděná jednou osobou stejným měřícím systémem se málo liší v časovém úseku[5],
- Linearita - linearita je rozdíl mezi hodnotami úchylky v předpokládaném operačním rozsahu měřidla. Například porovnání výsledků akreditovaných laboratoří (upřesnění pracovních postupů a technického vybavení)[5].

Celková studie R&R nám umožňuje stanovit, na kolik v důsledku variability měření vzniká pozorovaná variabilita procesu. Celková variabilita zaznamenaných dat je rozdělena do dvou základních kategorií „Proces“ a „Systém měření“. Systém měření může být dále rozdělený na „Variabilitu měřícího zařízení (Opakovatelnost)“, která nám udává konzistenci v měření prováděné jednou



Obr. 1.7 Rozdělení celkové variability dat[5].

osobou a „Variabilitu operátora (Reprodukovatelnost)“, která hodnotí konzistenci mezi jednotlivými osobami. Existuje-li významná interakce, pak reprodukovatelnost může být rozdělena na „operátor“ a „operátor-vzorek“ tzn.(lidé mohou měřit různé vzorky různým způsobem např. lidé podle své výšky mohou pod vlivem světla mít problémy se správným odečtem ze stupnice apod.), (Obr. 1.7).

Pro R&R studii je třeba zvolit výrobky pro měření takovým způsobem, aby plně porývaly rozsah variability výrobního procesu. Systém měření je

obvykle přesnější v některé části rozsahu variability nežli ve zbytku, proto je nutné provést hodnocení přes celý rozsah variability. Každý operátor musí provést opakovaná měření. Například 3 operátoři provádějí dvakrát měření sedmi výrobků. Mimořádně žádoucí je tzv. „slepota“. Je lepší, aby operátor nevěděl, že naměřená část je součástí zvláštního testu. Současně se využívá i znáhodnění pořadí měření výrobků opět, aby operátor neznal, který výrobek zrovna měří. Je analyzována úroveň variability na základě výsledků pokusů, aby se zjistilo, jak se na této variabilitě podílí operátoři, měřidla či samostatné výrobky. R&R studie měřidla je určena pro hodnocení úrovně systému měření pro spojitá data (např. síla, tloušťka, viskozita, délka, plocha apod.). Celková variabilita systému měření se vyhodnocuje pomocí softwaru „Minitab“, který sleduje celkovou variabilitu na měřených výrobcích a odhaduje jednotlivé podíly na celkové variabilitě. Ke kompletnímu výpočtu včetně interakce se využívá metody ANOVA.

K vyhodnocení úrovně variability systému měření se používají následující charakteristiky:

$$\%R\,\&\,\mathrm{R} = \frac{S_{measurement\_system}}{S_{total}} \quad [\%] \tag{1.1}$$

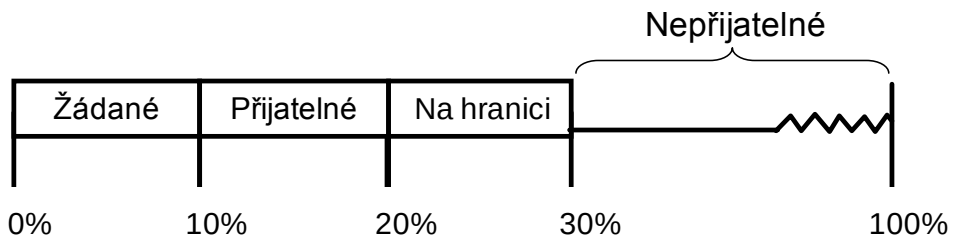
- Popisuje variabilitu systému měření vůči celkové variabilitě výrobního procesu. Dává naměřenou směrodatnou odchylku odpovídající opakovatelnosti a reprodukovatelnosti do vztahu s celkovou variabilitou měření.

$$\%P/T = \frac{5{,}15.S_{measurement\_system}}{Tolerances} \quad [\%] \tag{1.2}$$

- Vyjadřuje vztah mezi tolerančním rozpětím a variabilitou systému měření (5.15 s na každou stranu od průměru představuje 99% dat z normálně rozdělené populace).

Obecné pravidlo pro vyhodnocení R&R studie pro výše uvedené charakteristiky:

- R&R resp. P/T < 10% (systém měření je přípustný „žádaný“ vzhledem k procesu resp. tolerančnímu rozpětí).
- R&R resp. P/T < 10% < 20% < 30% (systém měření je podmíněně přípustný „přijatelný, na hranici“ vzhledem k procesu resp. tolerančnímu rozpětí) – závisí na poměru ceny nápravy a významu sledované veličiny.
- R&R resp. P/T > 30% % (systém měření není přípustný „nepřijatelný“ vzhledem k procesu resp. tolerančnímu rozpětí), (Obr. 1.8).



Obr. 1.8 Vyhodnocení R&R studie[5].

2. HODNOCENÍ STÁVAJÍCÍHO STAVU KONTROLNÍHO SYSTÉMU

2.1 Hodnocení procesu strojního měření

Testování systému řízení v automobilovém průmyslu pomocí speciálních testovacích strojů je v současné době nejpoužívanější způsob. Ruční měření se používá jen ve výjimečných případech na přání zákazníka nebo pro porovnání výsledků stejného způsobu měření mezi akreditovanými laboratořemi. Jeho časová náročnost a nepřesnost je oproti strojnímu měření ekonomicky nevýhodná.

Pro proces strojního měření byly vytvořeny tzv. „Pokyny pro měření a vyhodnocení“, což jsou v podstatě návodky, jak postupovat v jednotlivých zadaných testech. Sepsáním těchto návodek byl dán jasný postup při měření pro operátory a možnost pozdějšího vyhodnocení analýzy systému měření. Přesný obsah v těchto návodkách byl vytvořen podle specifikací a vnitřních norem jednotlivých zákazníků, jako jsou Mazda, Ford, Fiat.

Zadání od jednotlivých zákazníků jsou specifikovány v „Test reportu“, kde jsou sepsány hlavní body testu např. (nastavit páku v pozici X+Z- na 80N, nebo zatížit sloupek v pozici X0Z0 v radiálním směru +/-490N) a na základě těchto hlavních bodů jsou vytvořeny postupy v návodkách. Tento počáteční systém v kontrolním procesu strojního měření je jen málo ovlivnitelný vzhledem k přesnosti měření, neboť zadání zákazníka nelze upravovat podle vlastních potřeb ani výrobní přesnost sloupku řízení nelze ovlivnit. Co ale přispívá ke zlepšení výsledků měření, jsou samotné „Pokyny pro měření a vyhodnocení“ a jejich následná analýza.

U strojního měření pro sloupek řízení konkrétně pro typ „Mazda B2e“ se postupy měření liší v podstatě podle konstrukce sloupku (jednoosý, dvouosý) a podle zatěžování jednotlivých částí sloupku na konkrétní hodnoty dané specifikací a normou. U všech návodek měření je počáteční postup podobný. Je nutné dobře se obeznámit se zadáním „Test reportu“ a podle typu zkoušky vybrat vhodný postup nebo postupy (návodky), protože „Test report“ většinou obsahuje několik typů zkoušek. Následuje upnutí sloupku do speciálního rámu a jeho nastavení tak, aby poloha sloupku řízení byla shodná s polohou umís-

tění v daném typu automobilu. K rámu je přimontován pomocí čtyř matek, které jsou dotaženy na specifikací danou hodnotu 17Nm. Stejná hodnota je zde důležitá, jinak dochází ke vzniku bočních napětí na osu sloupku, což velmi ovlivňuje základní nastavení a celkové výsledky měření. Hodnota 17Nm je použita i ve výrobě při montáži v automobilce. Na sloupek se upevní v tzv. bodě „A“ hmotnostní přípravek nahrazující váhu a místo umístění volantu. Váha přípravku zde vytváří protisílu k pružinám, a umožňuje lehce posun do jednotlivých poloh v osách X a Z. Po zapnutí stroje je nutné vynulovat silové a kalibrovat dráhové snímače. Je potřeba dbát na to, aby se aktuátory při nulování ničeho nedotýkaly a byly postaveny v pozici, ve které bude probíhat měření. Zde by docházelo při měření ke zkreslení výsledků, a to by ovlivnilo konečné hodnoty. Po připojení sloupku řízení k aktuátorům jsou strojově hledány krajní limity, ty mají vliv na polohu měřených pozic a jsou při každém novém upnutí sloupku jiné. Následně jsou vyhledány hodnoty pozic na osách XZ, ve kterých bude prováděno měření. Vytvoří se, nebo načte už vytvořená sekvence do ovládacího programu stroje a je možné spustit měření testu. Jsou ukládány hodnoty, které u jednotlivých testů vyhovují stanovené toleranci třech po sobě jdoucích měření.

Tyto jednotlivé kroky v procesu strojního měření zásadně ovlivňují přesnost měření a tím celkové výsledky testů a analýz systému, které mají vliv na kvalitu a bezpečnost systémů řízení v provozu.

2.2 Hodnocení analýzy systému měření pomocí Gage R&R

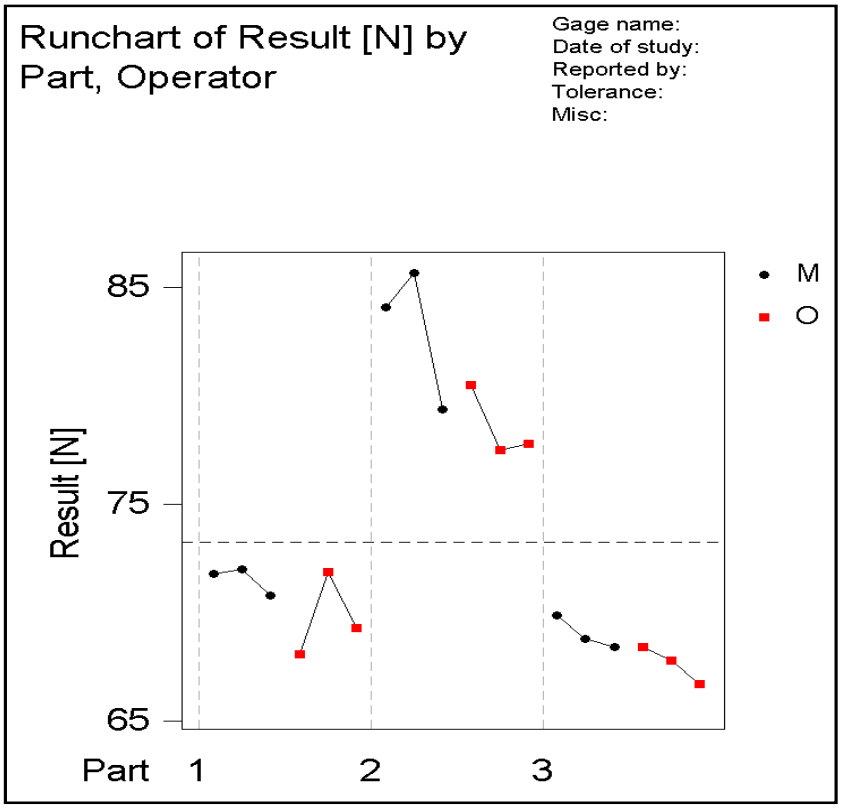
Na základě naměřených dat získaných pomocí strojního měření provádíme studii těchto dat, abychom si ověřili, zda nám nedochází k významnému zkreslení těchto hodnot systémem měření a zda nám popisují skutečný proces měření.

Pro studii měření byl vytvořen tzv. „Pokyn pro analýzu systému měření pomocí Gage R&R“, který definuje jednotlivé kroky. Z počátku je důležité zvolit vzorky výrobků tak, aby pokrývaly rozsah variability výrobního procesu. To znamená, že v našem případě vybereme náhodně deset sloupků řízení shodné konstrukce ze sériové výroby, nejlépe různých výrobních číselných sérií. Je určen jeden operátor, který změří všech deset sloupků v zadaných pozicích stejným postupem měření. Po vyhodnocení jsou vybrány tři vzorky, jejichž naměřené hodnoty se pohybují v horním, středním a dolním rozsahu hodnot z celkového rozpětí naměřených hodnot všech deseti sloupků. V dalších postupech používáme softwaru „Minitab“, který nám pomáhá s vyhodnocením celkové analýzy měření. Pomocí „Minitabu“ vytvoříme tabulku, kde budou vygenerována opakovaná měření pro dva operátory a tři vzorky v náhodném pořadí (Tab. 2.1). Při měření vzorků je důležité, aby operátoři vzájemně nevěděli, jakých hodnot dosahují, a neovlivňovalo je to při způsobu měření.

Tab. 2.1 Opakovaná měření (2 operátoři, 3 vzorky)[5].

č. měření	operátor	vzorek	opakování	Výsledek N	Datum	Výsledke Nm
1	M	1	1	71,8	30	9,26
2	M	3	1	69,9	30	9,02
3	M	2	2	84,1	30	10,85
4	O	2	2	80,5	31	10,39
5	O	1	1	68,1	31	8,79
6	M	3	2	68,8	31	8,87
7	O	3	1	68,4	31	8,82
8	O	1	3	71,9	31	9,27
9	M	2	1	85,7	31	11,06
10	M	1	3	72,0	31	9,29
11	O	1	2	69,3	31	8,94
12	M	3	3	68,4	31	8,82
13	M	2	3	79,4	31	10,24
14	M	1	2	70,8	31	9,13
15	O	3	3	67,8	31	8,74
16	O	2	3	77,5	31	10
17	O	3	2	66,7	31	8,61
18	O	2	1	77,8	31	10,03

Na základě výsledků měření vyhodnotíme v softwaru „Minitab“ analýzu Gage R&R metodou „ANOVA“. Je to statistická metoda analýzy rozptylu, která pomáhá posoudit vliv určitého faktoru X (vstupní hodnoty) na výsledek Y (variabilita, rozptyl).



Obr. 2.1 Průběhový diagram[5].

Studie R&R operuje s měřenými vzorky a s operátory jako s faktory. Analýza se dívá na celkový rozptyl (Obr. 2.1). Pak se dívá na změnu kvůli rozdílům mezi úrovněmi faktorů a špatný nebo dobrý rozdíl mezi změnou je výsledný Gage R&R.

Two-Way ANOVA Table Without Interaction

Source	DF	SS	MS	F	P
vzorek	2	530,634	265,317	80,0737	0,00000
operátor	1	29,134	29,134	8,7927	0,01023
Repeatability	14	46,388	3,313		
Total	17	606,156			

Gage R&R

Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	6,182	12,40
Repeatability	3,313	6,65
Reproducibility	2,869	5,76
operátor	2,869	5,76
Part-To-Part	43,667	87,60
Total Variation	49,850	100,00

Source	StdDev (SD)	Study Var (5,15*SD)	%Study Var (%SV)	%Tolerance (SV/Toler)
Total Gage R&R	2,48643	12,8051	35,22	16,01
Repeatability	1,82028	9,3744	25,78	11,72
Reproducibility	1,69380	8,7230	23,99	10,90
operátor	1,69380	8,7230	23,99	10,90
Part-To-Part	6,60812	34,0318	93,59	42,54
Total Variation	7,06043	36,3612	100,00	45,45

Number of Distinct Categories = 4

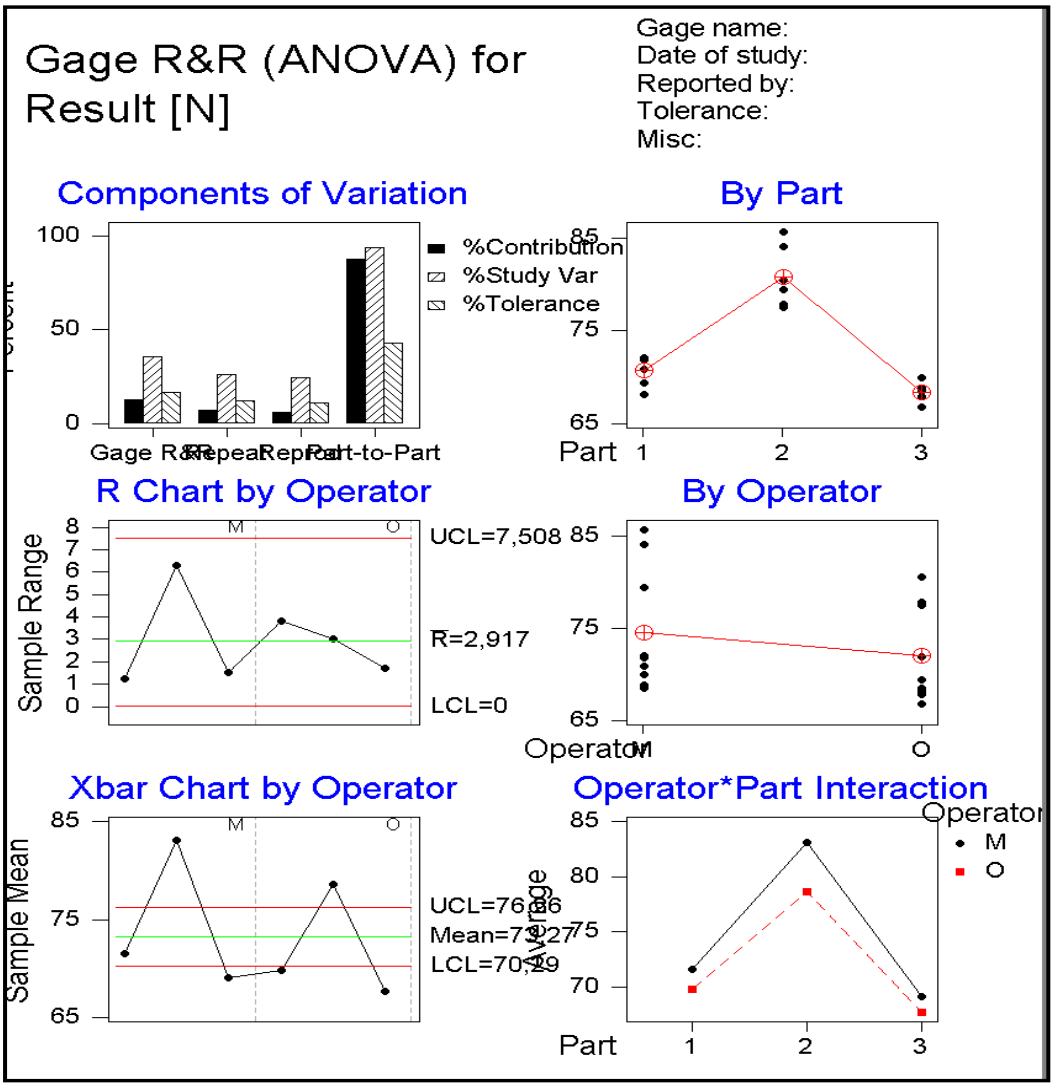
Gage R&R for Výsledek N

Charakteristiky variability rozptylu

%R&R – Celkové procento chyby, kterou vnáší systém

%P/T - Porovnává R&R vzhledem k toleranci

Obr. 2.2 Analýza Gage R&R[5].



Obr. 2.3 Dodatečný grafický výstup Gage R&R[5].

Z výsledku studie měření vyplývá, že porovnání R&R vzhledem k toleranci (%P/T=16), to znamená vzhledem k požadavkům zákazníka je přijatelná, ale vzhledem k procesu (%R&R = 35) je nezpůsobilá (Obr. 2.2).

Proto je potřebné vyhodnotit příčinu těchto chyb vzniklých během měření, odstranit je a zavést taková opatření, aby se tyto chyby v kontrolním procesu už více neopakovaly.

3. NÁVRH NOVÉ METODIKY VYHODNOCOVÁNÍ KONTROLNÍCH PROCESŮ

3.1 Návrh nové metodiky procesu strojního měření

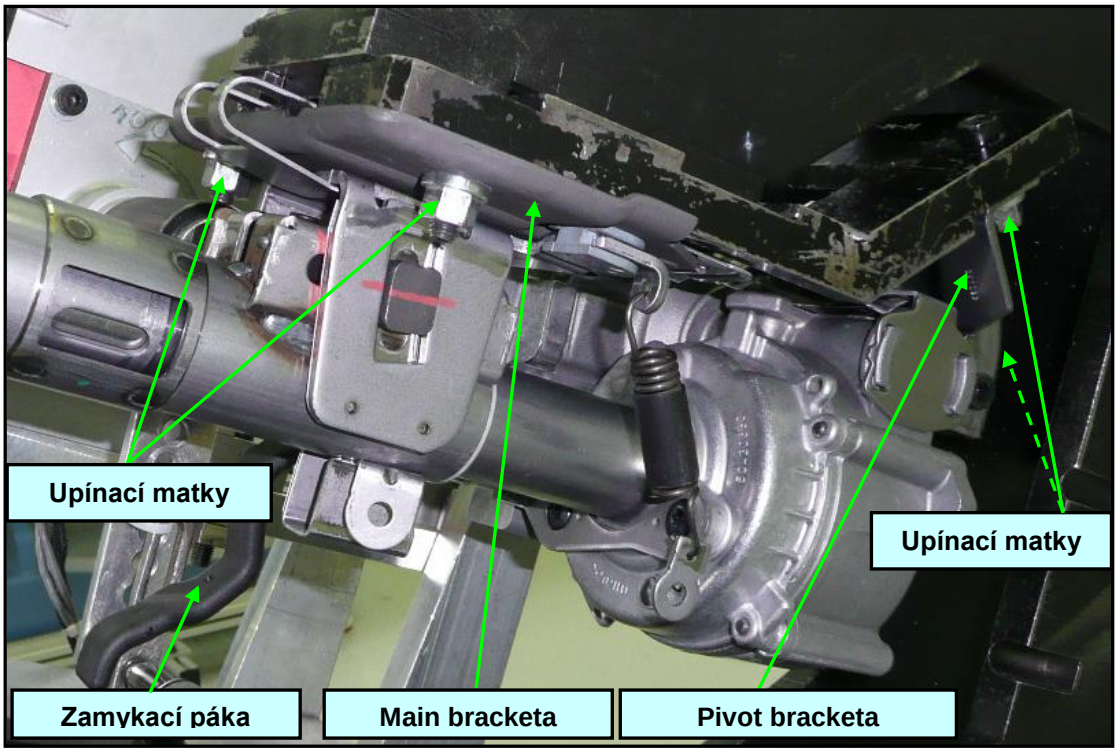
U kontrolních procesů systémů řízení automobilů je nutné se z počátku zamyslet nad tím, jakou oblast v těchto kontrolních procesech máme možnost sami ovlivnit a přispět tak ke zlepšení výsledků hodnocení. Pokud vezmeme v úvahu sloupek řízení, tak zde jsou dány základní charakteristiky, rozměry, tolerance, funkčnost sloupku výrobním procesem a není tedy možné je ovlivnit. Taktéž oblast vyhodnocování analýzy systému měření pomocí Gage R&R, respektive systém výpočtu pomocí kombinace vzorců je dána a je závislá na kvalitě vstupních dat. Jedinou oblast kontrolního procesu systému řízení, kterou máme možnost ovlivnit je metodika neboli „Postup měření“ sloupků řízení, při kterém získáváme výstupní hodnoty (data) o funkčnosti a přesnosti zpracování jednotlivých částí sloupku ve výrobě. Tyto data mají nejenom zásadní vliv pro vyhodnocování studie systému pomocí Gage R&R, ale i pro hodnocení bezpečnosti provozu systému řízení v automobilech v praxi.

Na počátku procesu strojního měření zadají jednotliví zákazníci druhy zkoušek, které jsou specifikovány v tzv. „Test reportu“. Tyto zkoušky jsou vybrány podle vnitřních norem vydaných jednotlivými zákazníky a zpravidla uvádějí, jakých parametrů a hodnot je potřebné při testech dosáhnout, například (maximální hodnota síly na páce při zamykání, počet opakovaných cyklů, pozice a směr zatěžování v jednotlivých osách a další). Zde na počátku je důležité si uvědomit, jak budou jednotlivé zkoušky v testu seřazeny za sebou, protože některé druhy zkoušek mají destruktivní charakter. Je tedy nutné tyto zkoušky řadit na poslední místo, jelikož je nelze opakovat ani případně pokračovat v dalších testech. V případě takovéto chyby by bylo nutné celý test znovu opakovat, a to by ovlivnilo i zvýšení nákladů celého procesu měření. Pro jednotlivé zkoušky v testu jsou vytvořeny tzv. „Pokyny pro měření a vyhodnocení“, které je nutné neustále doplňovat, jak na základě změn v konstrukci sloupků zákazníkem, tak i na základě hodnocení analýz systémů měření Gage R&R. Tyto změny je vhodné k jednotlivým návodkám evidovat, protože v případě testů, které se opakují jednou, nebo dvakrát za rok je pak těžké určit, zda už jsou tyto změny obsaženy v postupu či nikoli.

Před zahájením testu zaslané vzorky sloupků od zadavatele v žádném případě nerozebíráme ani nijak neupravujeme. Sloupky je nutné testovat ve stavu, ve kterém dorazily od „requestora“(zadavatele), protože jakékoli zásahy do konstrukce mohou mít značný vliv na konečné výsledky. Pokud objevíme podezřelé skutečnosti, vyfotíme je a zapíšeme do měřícího protokolu. Následně informujeme zadavatele a vedoucího týmu, aby zvážil nutnost vypsání tzv. „EIR“(Engineering Issue Resolver), který slouží jako protokol o neshodě vzorků requestora. Tento systém byl zaveden k tomu, aby zlepšil naši efektivitu a účinnost při řešení problémů a v rámci globálního sdílení uvnitř TRW zajišťuje i důkladnost procesu.

Před spuštěním testu je také důležité být důkladně obeznámen s návodkou pro ovládání testovacího stroje, v našem případě stroje pro testování sloupků řízení automobilů „AME Rig“(Adjustment mechanical endurance test rig). Jeho neznalost může zapříčinit nežádoucí pohyb stroje během zkoušky a případnou deformaci a znehodnocení vzorku nebo poškození silových a dráhových snímačů či jiných prvků testovacího stroje.

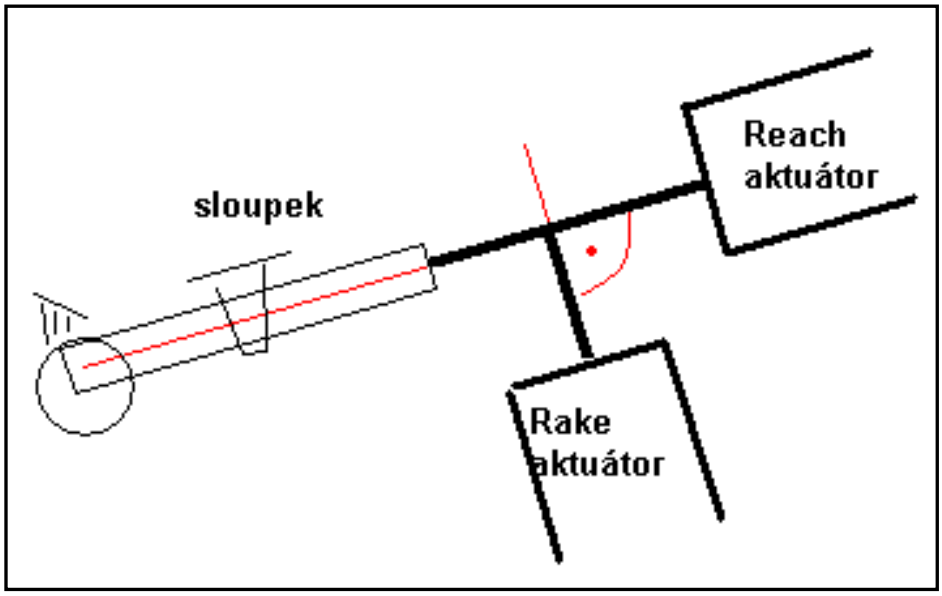
Postupy u strojního měření pro sloupek řízení konkrétně pro typ „Mazda B2e“ se liší jednak podle konstrukce („single“-jednoosý, „double“-dvouosí) a jednak podle zatěžování jednotlivých částí sloupku. Počáteční postup je u všech návodek měření podobný, kde následuje upevnění a ustavení sloupku řízení ve speciálním rámu, jehož poloha simuluje umístění v daném typu automobilu a je u této konstrukce sloupku 23°.Tuto hodnotu je důležité dodržet, protože simulovaná váha volantu spolu s gravitací a s odporem pružin sloupku mají vliv na výsledné hodnoty měřené při pohybu sloupku v radiálním směru. K tomuto rámu i danému typu automobilu při montáži je sloupek řízení upevněn pomocí čtyř matek na hodnotu 17Nm danou specifikací zadavatele. Matkami je uchycen sloupek řízení k rámu přes tzv. „Main bracketu“ (hlavní podpěra) a „Pivot bracketu“ (čepovou podpěru), (Obr. 3.1). Zde bylo na základě opakovaného upínání, měření a následného vyhodnocení hodnot měření zjištěno, že i způsob postupu jakým jsou matky utahovány, mají zásadní vliv na vznik nežádoucího pnutí ve sloupku řízení. To následně ovlivňuje celkové nastavení sloupku, jeho chování při „crash testu“(simulovaném testu při nehodě) i jeho funkčnost, jako bezpečnostního prvku při reálné nehodě.



Obr. 3.1 Upevnění sloupku řízení do rámu[5].

Na základě nejmenší odchylky měření z několika navrhovaných postupů montáže byl zvolen následující postup. Za prvé utažení levé matky (z pohledu řidiče) na požadovanou hodnotu momentu, kde díra v „Main bracketě“ je kruhového průřezu. Následuje utažení pravé matky na požadovanou hodnotu momentu a díra v „Main bracketě“ je oválného tvaru pro vymezení nepřesností rozteče upínacích šroubů na rámu, případně v automobilu. Potom zamkneme páku sloupku v poloze (Z+X-), kdy sloupek je maximálně nahoře a maximálně zatlačen. Tato poloha byla zvolena, protože zajišťuje nejpevnější uzamčení pákou vzhledem ke konstrukci sloupku. Nakonec utáhneme levou a potom pravou matku na zadní „Pivot bracketě“ na požadované momenty a zkontrolujeme, zda sloupek správně sedí v rámu. „Main bracketa“ musí být rovnoběžná s rámem. Tento postup upínaní do rámu nám zajistí přesnější nastavení sloupku řízení pro následující druhy zkoušek i věrohodnost výsledků naměřených dat a vyhodnocení studií Gage R&R. Následuje nasazení ekvivalentního hmotnostního přípravku v tzv. bodě „A“, který nahrazuje váhu volantu a místo umístění jako v automobilu. Je potřeba dbát na správné dosednutí přípravku na sloupek a dostatečné dotažení, aby se přípravek během testu neuvolnil.

Po spuštění testovacího stroje a programu pro měření dle návodky je nutné zajistit souosost „Rake“ a „Reach“ aktuátorů se sloupkem řízení, protože má vliv na reálnou hodnotu snímané síly jednotlivými aktuátory (Obr. 3.2).



Obr. 3.2 Nastavení souososti aktuátorů[5].

V programu softwaru pro měření vynulujeme silové snímače a kalibrujeme dráhové snímače. Je potřeba dbát na to, aby se aktuátory při nulování ničeho nedotýkaly a aby byly postaveny v pozici, ve které bude probíhat měření. Po připojení sloupku k aktuátorům zkontrolujeme jejich okamžitou snímanou hodnotu a znovu vynulujeme v případě, že vykazují silové napětí, aby nedošlo ke zkreslení výsledků měření. Následuje hledání limitů. Jsou to krajní pozice, neboli místa na osách X a Y, ve kterých je možné ještě sloupek zamknout. Jejich správné nastavení je důležité, aby nemohlo dojít k destrukci sloupku řízení

během zatěžování nebo poškození snímačů. Hledání limitů opakujeme raději dvakrát pro vetší jistotu nastavení. Po splnění těchto základních bodů můžeme přejít k jednotlivým typům zkoušek požadovaných zadavatelem a provést měření. Pokud dojde během jednotlivých zkoušek k případné odchylce od normálu, je nutné provést fotodokumentaci, dokázat průběh, odůvodnit a zapsat do měřícího protokolu, případné nejasnosti konzultovat s vedoucím týmu. Po skončení testu je důležité zálohovat soubory s naměřenými daty na místo k tomu určené (např. síťový disk), aby nedošlo v případě jakéhokoli problému ke ztrátě dat.

3.2 Návrh zkvalitnění metodiky analýzy systému měření pomocí Gage R&R

Analýzu systému měření používáme v praxi k ověření kvality procesu strojního měření. Jejím cílem je prokázat vysoký vliv faktoru dílu, co nejnižší vliv operátora případnou interakci operátor-díl a co nejnižší zbytkový rozptyl. Analýza nám tak pomáhá ověřit, zda získaná data odpovídají skutečnosti a na základě jejích výsledků nám umožňuje zkvalitnit celý proces strojního měření.

V první fázi studie měření Gage R&R je důležité vybrat vzorky tak, aby bylo možné provést hodnocení v rozsahu variability výrobního procesu. To znamená, aby počet vzorků pokrýval co největší počet výrobních šarží. Tímto bude do analýzy zahrnuto maximální počet montážních týmů a výrobních celků z celkového výrobního procesu. Pro analýzu vybereme náhodně patnáct sloupků z maximálního počtu výrobních šarží a určíme prvního operátora, aby změřil všechny sloupky řízení v zadaných pozicích stejným postupem měření. Potom pověříme druhého operátora, aby provedl znovu měření všech patnácti sloupků ve stejných pozicích a stejným postupem měření. Tím si ověříme na základě odchylky měření těchto dvou operátorů věrohodnost naměřených dat (Tab. 3.1).

Tab. 3.1 Měření vzorků dvěma operátory[5].

číslo vzorku	operátor 1 výsledek		operátor 2 výsledek	
	Výsledek [N]	Datum	Výsledek [N]	Datum
1	69,2	28	69,1	29
2	78,4	28	78,2	29
3	70,6	28	70,5	29
4	67,1	28	67,4	29
5	92,5	28	92,4	29
6	86,4	28	86,1	29
7	88,2	28	88,4	29
8	71,8	28	71,6	29
9	66,3	28	66,0	29
10	84,2	28	84,3	29
11	73,9	28	74,1	29
12	69,5	28	69,6	29
13	75,1	28	74,9	29
14	90,4	28	90,1	29
15	74,6	28	74,5	29

Po vyhodnocení vybereme pět reprezentativních vzorků, jejichž hodnoty budou zahrnovat celkové rozpětí všech naměřených hodnot náhodně vybraných sloupků řízení. Pět kusů mnohem lépe popíše rozsah a rozptyl procesu a vyzkouší měřicí systém, jak se chová při měření kusů uvnitř tolerance i blízko limitů. Hodnoty přeneseme do softwaru „Minitab“, jehož pomocí vygenerujeme tabulku náhodně opakovaných měření pro tři operátory (Tab. 3.2).

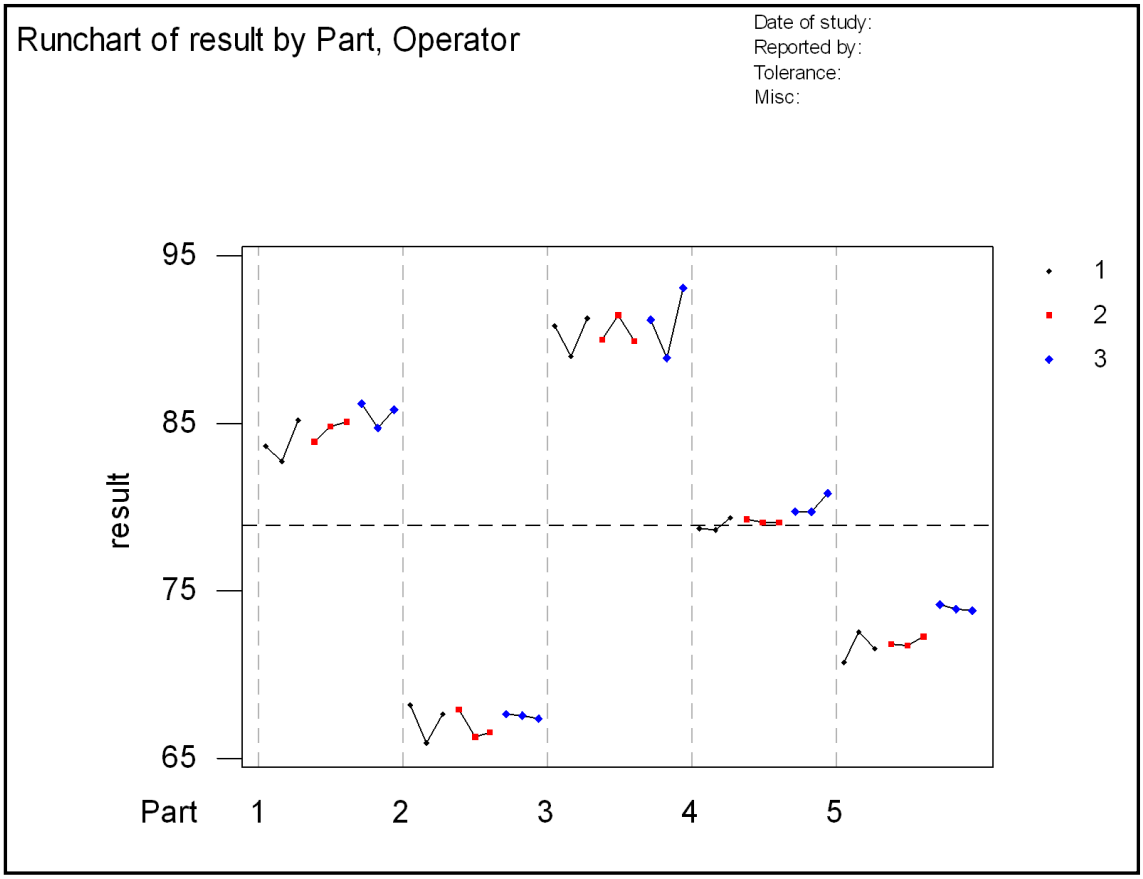
Tab. 3.2 Opakovaná měření (3 operátoři, 5 vzorků)[5].

č.měření	operator	vzorek	Výsledek N	Datum	Výsledek Nm
1	D	1	83,6	4	11,1
2	O	1	82,7	4	10,9
3	O	1	85,2	4	11,3
4	D	1	83,9	4	11,2
5	M	3	90,8	4	12,1
6	O	5	70,7	4	9,4
7	M	4	78,7	4	10,5
8	M	3	89,0	4	11,8
9	D	4	78,6	4	10,5
10	D	4	79,4	4	10,6
11	M	5	72,5	4	9,6
12	D	2	68,2	4	9,1
13	D	3	91,3	4	12,1
14	M	4	79,3	4	10,5
15	O	5	71,5	4	9,5
16	D	5	71,8	5	9,6
17	D	5	71,7	5	9,5
18	M	4	79,1	5	10,5
19	D	2	65,9	5	8,8
20	O	2	67,6	5	9,0
21	O	2	67,9	5	9,1
22	D	3	90,0	5	12,0
23	M	2	66,3	5	8,8
24	D	3	91,5	5	12,2
25	O	5	72,3	5	9,6
26	D	5	74,2	5	9,9
27	M	1	84,8	5	11,3
28	O	4	79,1	5	10,5
29	M	1	85,1	5	11,3
30	M	2	66,5	5	8,8
31	O	3	89,9	5	11,9
32	O	3	91,2	5	12,1
33	M	1	86,2	5	11,5
34	O	4	79,7	5	10,6
35	D	2	67,6	5	9,0
36	M	3	88,9	5	11,8
37	O	1	84,7	5	11,3
38	M	5	73,9	5	9,8
39	M	2	67,5	5	9,0
40	O	3	93,1	5	12,4
41	D	4	79,7	5	10,6
42	O	4	80,8	5	10,8
43	M	5	73,8	5	9,8
44	O	2	67,4	5	8,9
45	D	1	85,8	5	11,4

Přidáním operátora lépe odhalíme problém s reprodukovatelností, docílíme věrohodnějšího ověření měřícího systému a pravděpodobnost odhalení chyb. Celkově zde každý operátor provede patnáct měření na pěti vzorcích. Počet měření lze následovně spočítat jako součin:

$$\text{Počet měření} = \text{počet operátorů} \times \text{počet dílů} \times \text{opakování} \tag{3.1}$$

Dodržet při měření tzv. „slepotu“, aby operátoři nebyli ovlivněni vzájemnými výsledky, je možné vhodným naplánováním časového odstupu mezi jednotlivým měřením vzorků, jak během jednoho pracovního dne, tak i několika dnů. Výsledky získané měřením zaneseme do softwaru „Minitab“ a vyhodnotíme celkovou variabilitu systému měření.



Obr. 3.3 Průběhový diagram[5].

Z průběhového diagramu je vidět rozptyl hodnot jednotlivých sloupků měřených třemi operátory (Obr. 3.3).

Gage R&R Study - ANOVA Method

Gage R&R for result

Two-Way ANOVA Table With Interaction

Source	DF	SS	MS	F	P
Part	4	3139,95	784,987	1289,10	0,00000
Operator	2	13,33	6,664	10,94	0,00513
Operator*Part	8	4,87	0,609	0,70	0,68877
Repeatability	30	26,09	0,870		
Total	44	3184,24			

Two-Way ANOVA Table Without Interaction

Source	DF	SS	MS	F	P
Part	4	3139,95	784,987	963,334	0,00000
Operator	2	13,33	6,664	8,178	0,00111
Repeatability	38	30,96	0,815		
Total	44	3184,24			

Gage R&R

Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	1,205	1,36
Repeatability	0,815	0,92
Reproducibility	0,390	0,44
Operator	0,390	0,44
Part-To-Part	87,130	98,64
Total Variation	88,335	100,00

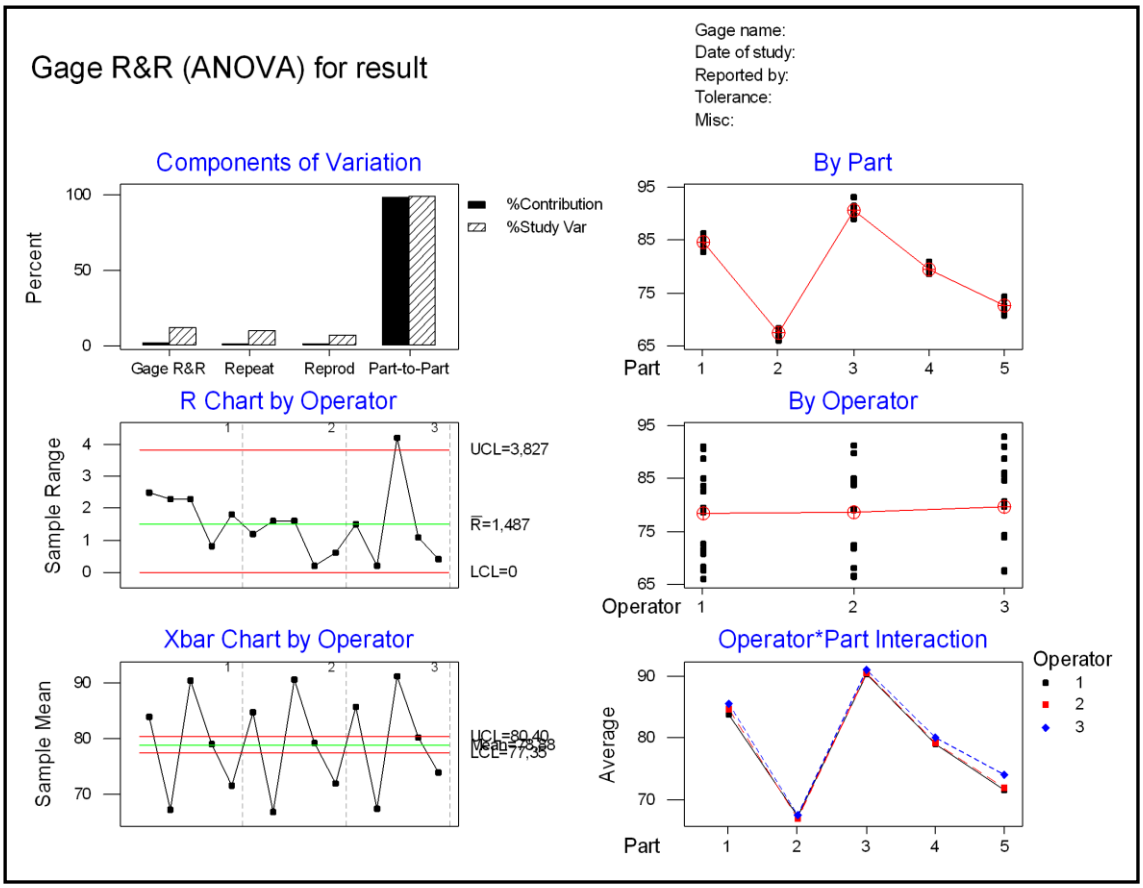
Source	StdDev (SD)	Study Var (5,15*SD)	%Study Var (%SV)
Total Gage R&R	1,09764	5,6529	11,68
Repeatability	0,90270	4,6489	9,60
Reproducibility	0,62447	3,2160	6,64
Operator	0,62447	3,2160	6,64
Part-To-Part	9,33436	48,0720	99,32
Total Variation	9,39868	48,4032	100,00

Number of Distinct Categories = 12

%R&R – Celkové procento chyby, kterou vnáší systém

%P/T - Porovnává R&R vzhledem k toleranci

Obr. 3.4 Analýza Gage R&R[5].



Obr. 3.5 Dodatečný grafický výstup Gage R&R[5].

Z celkového výsledku studie Gage R&R byla vyhodnocena variabilita měření vzhledem k procesu (%R&R = 6) jako žádaná a vzhledem k požadavkům zákazníka (%P/T=12) vychází jako přijatelná (Obr. 3.4). Z analýzy Gage R&R tedy vyplývá, že systém měření nám popisuje skutečný proces měření a měřené hodnoty jsou věrohodné.

4. KONTROLA VYBRANÉHO SYSTÉMU

Cílem této bakalářské práce je zaměření pozornosti na zkvalitnění kontrolních procesu a stabilitu měřících systémů řízení automobilů a poskytnout tak návod na identifikaci chyb, příčinu vzniku těchto chyb během procesu měření a nastínit metody a možnosti zavedení opatření proti opakujícím se chybám.

Je velmi důležité si uvědomit hned na počátku měřicího procesu, které důležité body je nutné dodržet před začátkem měření, během něj a po ukončení celého procesu. Po obdržení specifikace zkoušek v „Test reportu“ je potřebné zkontrolovat aktuálnost postupů k jednotlivým druhům zkoušek a v případě nově zadaných, ještě nikdy netestovaných druhů zkoušek, konzultovat a navrhnout spolu s konstrukčním oddělením veškeré přípravky a pomocné

nástroje, a spolu se zákazníkem upravit časový harmonogram pro splnění zadaného testu. Pokud objevíme u příchozích vzorků, které jsou ze sériové výroby, podezřelé neshody a konstrukční vady, je nutné informovat dodavatele a s návazností na protokol „EIR“(Engineering Issue Resolver) zavést nápravná opatření. Jedná-li se o prototypy vzorku je možné závady řešit se zákazníkem a konstrukčním oddělením. Operátor, který bude provádět celý proces měření, musí být důkladně proškolen a obeznámen s postupy, aby se předešlo chybám, které zapříčiní znehodnocení vzorků nebo poškození testovacích strojů. Splnění těchto základních bodů před zahájením měřícího procesu nám pomůže vyhnout se chybám, které mohou být příčinou zastavení a opakování nebo zrušení celého testu.

Během jednotlivých zkoušek je důležité dodržovat dané postupy, aby se dosáhlo opakovatelnosti měřených dat mezi jednotlivými operátory a zamezilo se vzniku chyb zapříčiněných nastavením strojního zařízení a nesprávnou montáží sloupků řízení. Jestliže dojde v průběhu procesu měření k neočekávané odchylce nebo poškození sloupku je nutné vše zdokumentovat se zápisem do protokolu. Velice důležité je ukládání dat. Je vhodné zálohovat data i během celého testu, aby nedošlo k jejich ztrátě a nevznikly vícenáklady pro společnost na kompletní opakování zadaných zkoušek.

4.1 Celkové ekonomické zhodnocení

Z hlediska celkového ekonomického zhodnocení bude mít zkvalitnění kontrolních procesů a stabilita měřicích systémů řízení automobilů nemalý přínos. Náklady spojené se zavedením úpravy stávajících procesů budou minimální oproti zkvalitnění a zpřesnění vyhodnocení jednotlivých zakázek testovaných dílů. Zvýší se i důvěra zákazníka v kvalitu výsledků testů, které mají vliv na bezpečnost systémů řízení v provozu. Pokud vezmeme v úvahu, že bude nutné na základě chyb vzniklých v měřicím procesu opakovat kompletní zkoušky v zadaném testu například v 1% a v 5% z celkového počtu testů za rok, budou vícenáklady tvořit nemalou část výdajů společnosti (Tab. 4.1).

Tab. 4.1 Ekonomické zhodnocení.

Opakovaní testů [%] (z celkového počtu ročních zakázek)		1%	5%
Celkový počet testů za rok 1537	ks	15,37	76,85
Náklady na jednoho operátora délka testu jeden týden	$	22 863	114 315
Náklady na zkvalitnění kontrolních procesů	$	3 570	
Náklady celkem	$	26 433	114 671
Úspora nákladů celkem	$	19 293	110 744

ZÁVĚR

Zkušební laboratoř firmy TRW-DAS a.s se zabývá nejenom testováním sloupků řízení, ale i dalšími komponenty patřícími do kompletního systému řízení v automobilech. Důležitým předpokladem pro její činnost jsou kvalitní kontrolní procesy a stabilita měřících systémů, jenž vytváří schopnost plnit požadavky zákazníků. Zkvalitněním metodiky vyhodnocování kontrolních procesů se sníží riziko vzniku chyb, jejich následné opakování a vznik vícenákladů společnosti.

Byla navrhnuta metodika procesu strojního měření, kde bylo možné výrazně ovlivnit zlepšení výsledků zavedením důležitých bodů. Jednak na začátku celého měřicího procesu zavedením setřídění zkoušek podle charakteru a kontrolou příchozích vzorků, tak i přesností upínání a nastavení sloupku řízení a kvalitou ovládání strojního zařízení operátorem.

Při zkvalitnění metodiky analýzy systému měření bylo důležité vybrat vzorky, které by vypovídaly o co největším rozsahu variability výrobního procesu a z nich vybrat 5 ks vzorků pro lepší popsání procesu. Přidáním dalšího operátora, počtu opakování a vzorků jsme nezlepšily samotný měřící systém, ale těmito změnami jsme docílili věrohodnějšího ověření měřicího systému a pravděpodobnější odhalení chyb.

SEZNAM LITERATURY

1. ČECH, J., PERNIKAŘ, J., PODDANÝ, K. *Strojírenská metrologie. 4*. přepracované vydání. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005. 176 s. ISBN 80-214-3070-2.

2. ČSN 01 0115 Mezinárodní slovník základních termínů v merologii.

3. CHUDÝ, V., PALENČÁR, R., KUREKOVÁ, E., HALAJ, M. Meranie technických veličín. 1. vyd. Bratislava:Vydavatelstvo STU, 1999. 688 s. ISBN 80-227-1275-2.

4. PERNIKAŘ, J., TYKAL, M. *Strojírenská metrologie II*. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006. 180 s. ISBN 80-214-3338-2.

5. TRW Dačice, Interní dokumenty TRW Dačice.

6. VDA 5 Způsobilost kontrolních procesů. 1. vyd. Praha: Česká společnost pro jakost 2004. 112 s. ISBN 80-214-0895-2.

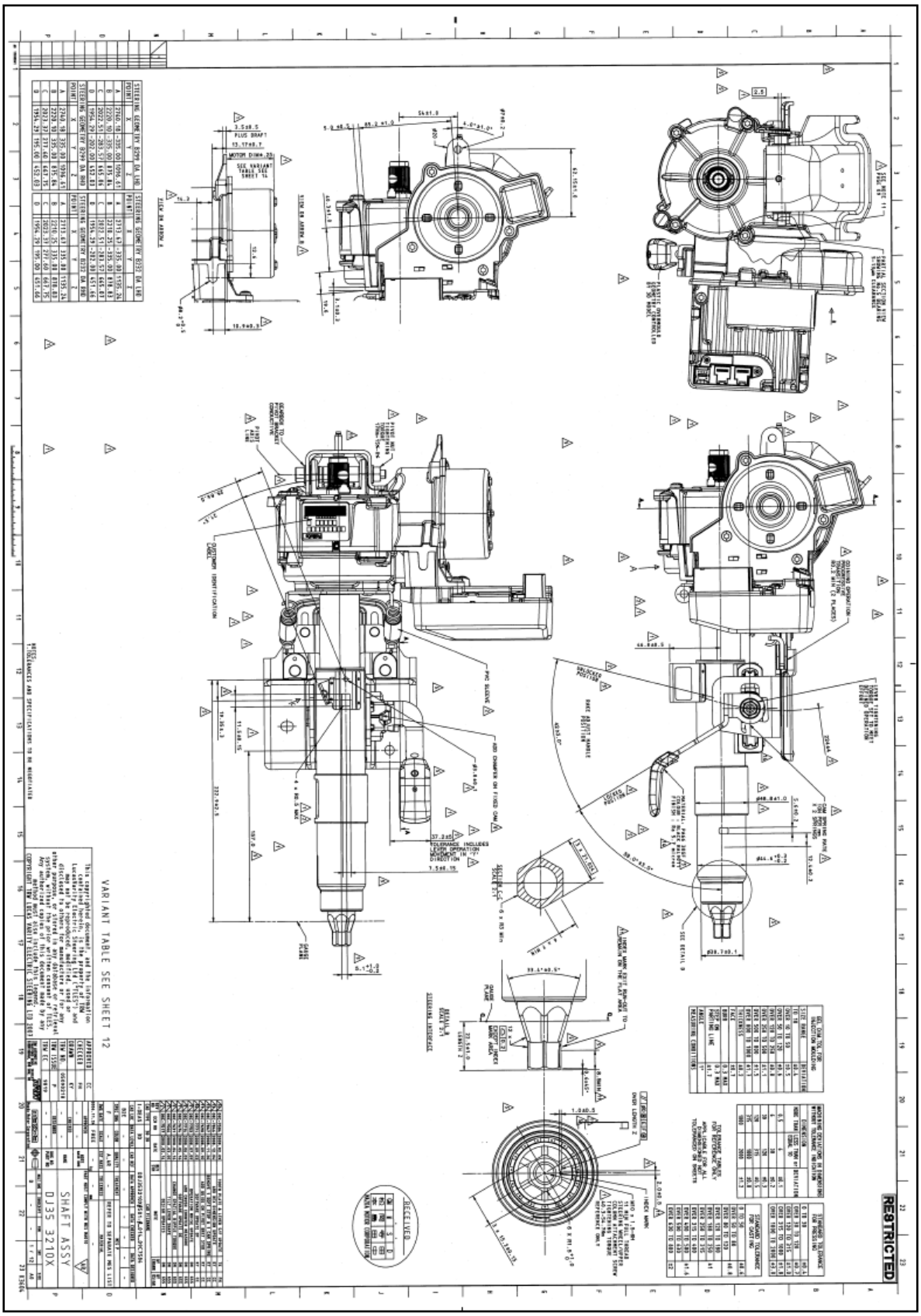
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

Zkratka/Symbol	Jednotka	Popis
F	N	Síla
M_k	Nm	Kroutící moment
R&R	%	Opakovatelnost a reprodukovatelnost
P/T	%	Chyba měření vůči toleranci
$S_{měřený\ systém}$	N	Směrodatná odchylka měřícího systému
S_{total}	N	Celková směrodatná odchylka
Tolerance	N	Toleranční rozpětí max. – min.

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 Výkres - sloupek řízení B2e

PŘÍLOHA 1


VARIANT TABLE SEE SHEET 12
SHAFT ASSY
DJ35 3210X
RESTRICTED
RECEIVED