

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: B 2301 Strojní inženýrství
Studijní zaměření: Strojírenská technologie – technologie obrábění

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Využití obrobkové sondy pro měření obrobku

Autor: **Martin Novák**
Vedoucí práce: **Ing. Jan Hnátík, Ph.D.**

Akademický rok 2013/2014

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
Fakulta strojní
Akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Martin NOVÁK**
Osobní číslo: **S11B0189P**
Studijní program: **B2301 Strojní inženýrství**
Studijní obor: **Strojírenská technologie-technologie obrábění**
Název tématu: **Využití obrobkové sondy pro měření obrobku**
Zadávací katedra: **Katedra technologie obrábění**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Úvod
2. Definice cílů práce
3. Rozbor současného stavu
4. Návrh možností využití sondy
5. Výběr vhodného řešení
6. Hodnocení
7. Závěr

Rozsah grafických prací: dle potřeby
Rozsah pracovní zprávy: 30 - 40 stran
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná
Seznam odborné literatury:

MÁDL, Jan, Jindřich KAFKA, Martin VRADEC a Rudolf DVORÁK.
Technologie obrábění 2. díl. Praha: ČVUT, 2000, 79 s. ISBN 80-010-2091-6.
HOFMANN, Dietrich. Průmyslná měřicí technika. 1. vyd. Bratislava: Alfa, 1988, 587 s. ISBN 80-050-0139-8.
TALÁČKO, Jaroslav. Automatizace výrobních zařízení. Vyd. 1. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1993, 202 s. ISBN 80-010-1019-8.
JANDEČKA, Karel. Využití moderních CAD/CAM systémů při programování NC strojů: skripta pro výuku programování NC strojů. Vyd. 1. Plzeň: Západočeská univerzita, Fakulta strojní, 1996, 155 s. ISBN 80-708-2260-0.
JANDEČKA, Karel, Jiří ČESÁNEK a Pavel KOZMÍN. Programování NC strojů. 1. vyd. V Plzni: Západočeská univerzita, Strojní fakulta, 2000, 159 s. ISBN 80-708-2892-4.
FIŠEROVÁ, V. : Snímání tvarově složitých součástí. Práce k státní doktorské zkoušce. Plzeň : ZČU, 2000.
Manuál řídicího systému Heidenhain TNC 426/430 resp. iTNC530

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Jan Hnátek, Ph.D.
Katedra technologie obrábění
Konzultant bakalářské práce: Ing. Martin Melichar, Ph.D.
Katedra technologie obrábění
Datum zadání bakalářské práce: 7. října 2013
Termín odevzdání bakalářské práce: 27. června 2014


Doc. Ing. Jiří Štencík, CSc.
děkan




Doc. Ing. Jan Šuhel, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 7. října 2013

Prohlášení o autorství

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

V Plzni dne:

.....
podpis autora

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu bakalářské práce Ing. Janu Hnátíkovi, Ph.D. za rady, připomínky a odborné konzultace, které byly nezbytné pro dokončení této práce. A také své rodině, která mě podporuje po celou dobu studia

ANOTAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

| | | | |
|----------------------|---|-------------------|---------------------------------|
| AUTOR | Příjmení Novák | Jméno Martin | |
| STUDIJNÍ OBOR | B2301 „Strojírenská technologie – technologie obrábění“ | | |
| VEDOUČÍ PRÁCE | Příjmení (včetně titulů) Ing. Hnátík, Ph.D. | Jméno Jan | |
| PRACOVIŠTĚ | ZČU - FST - KTO | | |
| DRUH PRÁCE | DIPLLOMOVÁ | BAKALÁŘSKÁ | Nehodící se škrtněte |
| NÁZEV PRÁCE | Využití obrobkové sondy pro měření obrobku | | |

| | | | | | |
|----------------|--------|----------------|-----|------------------------|------|
| FAKULTA | strojí | KATEDRA | KTO | ROK ODEVZD. | 2014 |
|----------------|--------|----------------|-----|------------------------|------|

POČET STRAN

| | | | | | |
|---------------|----|---------------------|----|--------------------------|---|
| CELKEM | 62 | TEXTOVÁ ČÁST | 62 | GRAFICKÁ ČÁST | 0 |
|---------------|----|---------------------|----|--------------------------|---|

| | |
|--|--|
| STRUČNÝ POPIS ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY | Práce uvede čtenáře do problematiky obrobkových sond, jejich využití a možnosti, které nabízejí rozdílné řídicí systémy. Hlavní důraz je zde kladen na řídicí systém iTNC 530 od firmy Heidenhain, ve kterém jsou zpracovány možné varianty tvorby naměřených dat z měření obrobku pomocí obrobkové sondy. Poslední část práce obsahuje výběr nejvhodnější varianty a zpracování ukládání dat z měření pomocí tohoto řešení. |
| KLÍČOVÁ SLOVA | obrobková sonda, iTNC 530, Heidenhain, měření obrobku, Sinumerik 840D sl, Q parametr |

SUMMARY OF BACHELOR SHEET

| | | | |
|--------------------------|---|-----------------------|-----------------------------------|
| AUTHOR | Surname Novák | Name Martin | |
| FIELD OF STUDY | B2301 „Manufacturing Processes – Technology of Metal Cutting“ | | |
| SUPERVISOR | Surname (Inclusive of Degrees) Ing. Hnátík, Ph.D. | Name Jan | |
| INSTITUTION | ZČU - FST - KTO | | |
| TYPE OF WORK | DIPLOMA | BACHELOR | Delete when not applicable |
| TITLE OF THE WORK | Workpiece measuring with a touch probe | | |

| | | | | | |
|----------------|------------------------|-------------------|----------------|---------------------|------|
| FACULTY | Mechanical Engineering | DEPARTMENT | Machine Design | SUBMITTED IN | 2014 |
|----------------|------------------------|-------------------|----------------|---------------------|------|

NUMBER OF PAGES

| | | | | | |
|----------------|----|------------------|----|-----------------------|---|
| TOTALLY | 62 | TEXT PART | 62 | GRAPHICAL PART | 0 |
|----------------|----|------------------|----|-----------------------|---|

| | |
|---|---|
| BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS | This report introduces a reader to issues of a touch probe, its use and possibilities which different control systems offer. The main goal is to find out how to use a control system iTNC 530 developed by Heidehnain to save data from measuring. There are described a few possibilities which lead to creating a protocol from measuring with a touch probe. The next part of this report contains a selection of the best solution. In the end the protocol is described as well as the best way how to solve the given problem. |
| KEY WORDS | touch probe, iTNC 530, Heidenahin, workpiece measuring, Sinumerik 840D sl, Q parameter |

Obsah

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | Úvod | 11 |
| 2 | Definice cílů práce | 12 |
| 3 | Rozbor současného stavu | 13 |
| 3.1 | Strojírenská metrologie..... | 13 |
| 3.2 | Princip dotykové sondy | 13 |
| 3.3 | Ruční a automatické snímání..... | 14 |
| 3.4 | Digitalizace součástí | 14 |
| 3.4.1 | Snímání..... | 14 |
| 3.4.2 | Digitalizace..... | 14 |
| 3.5 | Druhy přenosu signálu..... | 14 |
| 3.5.1 | Kabelový přenos signálu | 14 |
| 3.5.2 | Indukční přenos signálu | 15 |
| 3.5.3 | Optický přenos signálu..... | 15 |
| 3.5.4 | Rádiový přenos signálu | 15 |
| 4 | Návrh možností využití sondy..... | 16 |
| 4.1 | Vyrovnaní obrobku..... | 16 |
| 4.2 | Nastavení vztažného bodu | 16 |
| 4.3 | Měření obrobku | 17 |
| 4.4 | Porovnání produktů | 18 |
| 4.4.1 | Heidenhain | 18 |
| 4.4.2 | Blum | 21 |
| 4.4.3 | Renishaw | 22 |
| 4.5 | Porovnání řídicích systémů | 23 |
| 4.5.1 | Fanuc i0..... | 23 |
| 4.5.2 | Heidenhain iTNC 530 | 23 |
| 4.5.3 | Sinumerik 840D sl..... | 27 |
| 5 | Návrh možností ukládání naměřených dat | 31 |
| 5.1 | Změna cesty ukládání dat | 31 |
| 5.2 | Využití protokolů vytvořených cykly, 1. varianta | 32 |
| 5.3 | Využití Q-parametrů..... | 34 |
| 5.3.1 | Využití funkce FN 15: PRINT, 2. varianta | 34 |
| 5.3.2 | Využití funkce FN 16: F-PRINT, 3. varianta..... | 36 |
| 5.3.3 | Využití funkce FN 27: TABWRITE, 4. varianta | 38 |

| | | |
|-------|---|----|
| 6 | Výběr vhodného řešení..... | 42 |
| 6.1 | Porovnání nastíněných řešení | 42 |
| 6.1.1 | Kritéria pro výběr vhodné varianty | 42 |
| 6.1.2 | Výběr vhodné varianty | 42 |
| 6.2 | Řešení pomocí funkce „F-Print“ | 45 |
| 6.2.1 | Ukázka vstupního protokolu | 46 |
| 6.2.2 | Ukázka výstupního protokolu | 46 |
| 6.3 | Vhodný obsah programu s měřícím cyklem..... | 47 |
| 6.3.1 | Upozornění na smazání výstupního protokolu..... | 47 |
| 6.3.2 | Souhrnný výsledek z měření | 48 |
| 7 | Hodnocení | 50 |
| 8 | Závěr..... | 51 |
| | Seznam použitých zdrojů | 52 |

Seznam obrázků:

| | |
|---|----|
| Obr. 3-1 Obrobková sonda [14] | 13 |
| Obr. 4-1 Vyrovnání obrobku[8] | 16 |
| Obr. 4-2 Posunutí nulového bodu[8]..... | 17 |
| Obr. 4-3 Měření obrobku 1[8]..... | 17 |
| Obr. 4-4 Měření obrobku 2[8]..... | 18 |
| Obr. 4-5 Konstrukce sond tříd TS 2xx, 44x, 64x[8] | 18 |
| Obr. 4-6 Konstrukce sondy TS 740[8] | 19 |
| Obr. 4-7 Konstrukce sond TC50, TC52[10] | 21 |
| Obr. 4-8 Konstrukce sondy TC51[10]..... | 21 |
| Obr. 4-9 Konstrukce sondy TC51-20[10] | 21 |
| Obr. 5-1 Program zadat/editovat | 31 |
| Obr. 5-2 MOD | 31 |
| Obr. 5-3 RS232/RS422 zařízení..... | 31 |
| Obr. 5-4 Obrazovka pro vyplnění cesty pro ukládání | 32 |
| Obr. 5-5 Klávesa pro vyvolání funkcí Q-parametrů | 34 |
| Obr. 5-6 Lišta s funkcemi pro Q-parametry | 34 |
| Obr. 5-7 Ukázka kódu - použití funkce "Print" | 35 |
| Obr. 5-8 Vyobrazení uloženého souboru funkcí "Print" | 35 |
| Obr. 5-9 Výstup z funkce "Print" | 35 |
| Obr. 5-10 Více Q-parametrů v jednom řádku | 36 |
| Obr. 5-11 Tlačítko "End" | 36 |
| Obr. 5-12 Výstup funkce "Print" při více Q-parametrech v řádku..... | 36 |
| Obr. 5-13 Ukázka vytvoření vzorového souboru | 36 |
| Obr. 5-14 Ukázka vyplněného vzorového souboru..... | 37 |
| Obr. 5-15 Ukázka kódu - použití funkce "F-Print" | 37 |
| Obr. 5-16 Ukázka vytvořeného souboru | 38 |
| Obr. 5-17 Obsah souboru "vystup.a" | 38 |
| Obr. 5-18 Zjednodušení zadání cesty | 38 |
| Obr. 5-19 Tvorba nové tabulky | 39 |
| Obr. 5-20 Volba typu tabulky | 39 |
| Obr. 5-21 Struktura vytvořené tabulky | 39 |
| Obr. 5-22 Volba "Edit formátu" | 39 |
| Obr. 5-23 Vnitřní struktura původní tabulky | 39 |

| | |
|--|----|
| Obr. 5-24 Vnitřní struktura požadované tabulky | 40 |
| Obr. 5-25 Lišta s funkcemi pro tabulky | 40 |
| Obr. 5-26 Ukázka kódu - použití funkce "TabWrite" | 40 |
| Obr. 5-27 Výstup z funkce "TabWrite"..... | 41 |
| Obr. 5-28 Jednoduché zadání cesty..... | 41 |
| Obr. 6-1 Vzor upozornění | 47 |
| Obr. 6-2 Ukázka zápisu upozornění..... | 47 |
| Obr. 6-3 Tabulka s upozorněním..... | 48 |
| Obr. 6-4 Podprogram..... | 48 |
| Obr. 6-5 Návrh konečného vyhodnocení měření | 48 |
| Obr. 6-6 Tlačítko "PGM CALL"..... | 48 |
| Obr. 6-7 Lišta "PGM CALL" | 49 |
| Obr. 6-8 Ukázka zápisu měřicího cyklu s ukládáním dat a podprogramem | 49 |
| Obr. 6-9 Poslední funkce "F-Print" v programu..... | 49 |

Seznam tabulek:

| | |
|---|----|
| Tab. 4-1 Technická data Heidenhain 1[8]..... | 19 |
| Tab. 4-2 Technická data Heidenhain 2[8]..... | 20 |
| Tab. 4-3 Technická data Heidenhain 3[8]..... | 20 |
| Tab. 4-4 Technická data Blum[10] | 22 |
| Tab. 4-5 Technická data Renishaw[10], [11]..... | 22 |
| Tab. 6-1 Výpočet váhy pro jednotlivá kritéria | 43 |
| Tab. 6-2 Váhy kritérií..... | 43 |
| Tab. 6-3 Přehled bodového ocenění variant..... | 43 |
| Tab. 6-4 Výpočet vhodné varianty..... | 44 |

Seznam příloh:

| | |
|--------------|-------------------|
| Příloha č. 1 | Ukázka měření |
| Příloha č. 2 | Vstupní protokoly |

Seznam zkratk:

| Značka | Význam | Jednotka |
|----------------|---------------------------|---------------------|
| tzv. | takzvaný | - |
| např. | například | - |
| obr. | obrázek | - |
| tab. | tabulka | - |
| N | Newton | síly |
| μm | mikrometr | délky |
| m/min | metr za minutu | rychlosti |
| kg | kilogram | hmotnosti |
| mm | milimetr | délky |
| mA | miliampér | elektrického proudu |
| V | volt | elektrického napětí |
| m | metr | délky |
| m/s^2 | metr za sekundu na druhou | zrychlení |
| g | gram | hmotnosti |

1 Úvod

Každý člověk chce, aby zakoupené zboží bylo kvalitní. Co ale znamená „kvalitní výrobek“? Kvalitní výrobek je takové zboží, které uspokojí zákazníkovo očekávání po celou dobu životnosti výrobku. K dosažení kvalitního výrobku je však potřeba ujit dlouhá cesta. Každá činnost, kterou je potřeba udělat je hodnocena a kontrolována rozličnými způsoby. Toto hodnocení zahrnuje dříve zmíněný pojem kvalita. Kvalita dává jasná kritéria, která musí být splněna. Ke stanovení kvality je potřeba porovnávat a měřit. Zde nastupuje na řadu metrologie, čili měření. Kvalitu však není možné dosáhnout výstupní kontrolou. Měřením se získají data, která jsou využita k tomu, aby se nastavila výroba tak, že se bude předcházet výrobě nekvalitních výrobků.

Měření prošlo značným vývojem a bude se i nadále vyvíjet. Přesnost měření se bude měnit v závislosti na rychlosti vývoje přesnosti výroby. Metrologii lze členit na měření rozměrů, úchylek tvaru a polohy, úhlů a drsnosti povrchu. Každé měření využívá rozličných druhů přístrojů. Nyní však existují souřadnicové měřicí stroje, které jsou velice univerzální a měří rozdílné rozměry v závislosti na požadavcích. Tyto stroje jsou velice přesné, avšak je potřeba vyjmutí obrobku z výrobního stroje a nového ustavení do měřicího stroje. Při případné chybné výrobě je problém zpětného ustavení do stroje a dosažení požadované přesnosti.[1]

V takovýchto případech je možné využívat tzv. „inprocesní“ kontroly. Obrobky, které jsou stále upnuté ve výrobním stroji lze měřit běžnými měřidly, avšak to může být při velkých rozměrech anebo v špatně dostupných místech velice obtížné a navíc to může být nebezpečné pro obsluhu. V těchto situacích najdou využití obrobkové sondy. Ty se upínají do strojů jako běžné nástroje a pomocí řídicího systému jsou schopny velice přesně měřit. Díky tomuto je možné přímo ve stroji rozhodovat o tom, zda je obrobek správně vyrobený a případně jaké korekce jsou potřeba k dosažení požadavků na výrobek.

2 Definice cílů práce

Zpracuje se, do jaké kategorie metrologie spadá měření obrobkovou sondou, navrhnou se postupy měření, zhodnotí se výhody plynoucí z použití sondy. Další cíl práce je představení produktů výrobců, kteří se zabývají prodejem měřících sond pro měření obrobku. Dále se provede porovnání nejrozšířenějších řídicích systémů, které budou porovnány z pohledu možností programování měřících cyklů. Poté se provede analýza současného stavu při měření na řídicím systému Heidenhain iTNC530, zejména ukládání dat z měřících cyklů a vytvoření přehledného protokolu o měření.

3 Rozbor současného stavu

3.1 Strojírenská metrologie

„Metrologie je vědní a technická disciplína, která obsahuje všechny poznatky a činnosti v oblasti měření. Jedná se o součást výrobního procesu a je jedním z objektivních činitelů při hodnocení kvality výroby. Cílem metrologie je zabezpečení jednotnosti a správnosti měření. Význam metrologie stále roste v souladu se zvyšováním požadavků na jakost.

Strojírenská technologie se zabývá měřením veličin důležitých pro sledování a zajištění kontroly jakosti výrobků ve všech fázích výrobního procesu. Vzhledem k charakteru strojírenské výroby zde výrazně převažuje měření délek a rovinných úhlů. Patří sem však i měření dalších veličin (např. tlak, materiálové zkoušky, teplota a defektoskopie). Vzhledem k předchozím řádkům se tedy termínem strojírenská metrologie většinou rozumí měření geometrických veličin, což znamená metrologie délky.

Možné rozdělení metrologie:

- Měření rozměrů
- Měření úhlů
- Měření úchylek tvaru a polohy
- Měření drsnosti (mikrogeometrie) povrchu

Podle počtu současně měřených souřadnic:

- Jedno souřadnicové (komunální měřidla, snímače, délkoměry a jiné)
- Dvou souřadnicové (měřicí mikroskopy)
- Tří souřadnicové (souřadnicové měřicí stroje, obrobkové sondy)“[1]

3.2 Princip dotykové sondy

Sonda obsahuje všesměrný spínač řízený měřícím dotykem, který lze podle potřeby měnit. Dotyk je ukončený tvrdým keramickým materiálem, který je nejčastěji syntetický monokrystalický rubín. Tento materiál je volen, jelikož je nutná tuhost dotyku a zároveň velká odolnost proti opotřebení. Sonda má zpravidla zeslabený krček na dotykovém hrotu, aby se při nesprávném zacházení nezničil mechanismus uvnitř těla, ale aby se poškodil pouze dotykový hrot. Ze spínače je signál přenášen do řídicí jednotky, která zpracuje data a předá je řídicímu systému celého stroje. Řídicí systém pomocí těchto dat má okamžitý přehled o poloze, kde se sonda nachází a zároveň vyhodnocuje rozměr měřeného obrobku.[2]

Obecně je doporučeno používat dotyk o co největším poloměru pro zamezení chyb měření způsobené drsností povrchu. Toto nepsané pravidlo lze využívat jen tam, kde je to možné. Pokud se měří

dutina, či špatně dostupné místo, používá se dotyk, který rozměrově odpovídá tomuto místu. Přesnost sondy velice záleží



Obr. 3-1 Obrobková sonda [14]

na tom, jak je nastavená velikost síly spínací sondy. Pro co nejpřesnější měření je doporučeno kalibrovat sondu po každém měření pomocí kalibračního kroužku, kalibrační koule či doporučených kalibračních pomůcek určených výrobcem.[2]

3.3 Ruční a automatické snímání

Ruční snímání je takové, kdy obsluha volí v programu možnost snímání v nabídce řídicího systému, který nevyžaduje bližší specifikace měřeného rozměru. Obsluha pouze navede obrobkovou sondu k požadované měřicí ploše. Poté na ovládacím panelu zvolí možnost měření obrobkovou sondou. Nyní je nezbytné zvolit osu, ve které se má sonda automaticky pohybovat. Měření končí tím, že se sonda vrátí do bezpečné vzdálenosti od měřené plochy a systém vyhodnotí souřadnice, kde došlo k dotyku kuličky s obrobkem.[3]

Automatické snímání je takové, kdy obsluha využívá měřících cyklů předdefinovaných v řídicím systému stroje. Řídicí systém nabízí měření rozličných rozměrů, které mají vytvořenou kostru programu. Obsluha pouze vybere vhodný cyklus při programování dle rozměru, který chce změřit a doplní údaje, které program vyžaduje pro kompletnost.[3]

3.4 Digitalizace součástí

Tohoto se využívá, pokud je k dispozici součást, či výrobek již z předešlého období a není k dispozici výkresová dokumentace. Obrobková sonda snímá obrobek upnutý v obráběcím stroji a získá velké množství bodů (souřadnic) na povrchu součásti. Software vyhodnocuje tato data a generuje obráběcí program, nebo uloží data do paměti pro další používání. Postup snímání záleží na druhu softwaru.[3]

Jsou rozlišovány dva různé druhy sběru dat podle druhu použité sondy. Používají se dva termíny – snímání a digitalizace.

3.4.1 Snímání

Jedná se o proces, kdy se sbírají data o tvaru neznámé trojrozměrné plochy. Analogová sonda se během tohoto procesu pohybuje po povrchu obrobku a data jsou zaznamenávána díky kontaktu konce sondy s povrchem. Čas snímání je kratší než čas digitalizace.[3]

3.4.2 Digitalizace

Zde se používá spínací dotyková sonda k snímání jednotlivých bodů. Data se získávají tak, že se sonda ustaví do souřadnic v 1. a 2. ose, a poté se změní poloha bodu ve třetí ose. Tímto procesem se získá tzv. mrak bodů. Čas snímání je závislý na rychlosti posuvu stroje.[3]

3.5 Druhy přenosu signálu

3.5.1 Kabelový přenos signálu

Přenos signálu je zde omezený vzdáleností, pokud se jedná o stroj, kde se pohybuje vřetenem a stůl je nepohyblivý. Jedná se o nejspolehlivější přenos signálu, který nemůže být téměř ničím rušen. Sonda opatřená tímto druhem přenosu signálu nemůže být využita v plně automatizované výrobě, jelikož musí být při každém použití ručně ustavena do stroje.[2]

3.5.2 Indukční přenos signálu

Přenos signálu je omezený vzdáleností, na které je možné přenášet signál. Navíc lze dosáhnout přenosu pouze v jedné dané poloze. U tohoto přenosu je nezbytně nutné, aby vysílač a přijímač byl přímo proti sobě při minimální vzdálenosti mezi sebou. Tento způsob signálu je např. využíván pro přenos signálu u rotačního dynamometru. U obrobkových sond není tento způsob přenosu zcela běžný.[2]

3.5.3 Optický přenos signálu

U tohoto druhu přenosu signálu je potřebné dodržet viditelnost mezi sondou (vysílač) a přijímačem. Přenos je zajištěn díky infračervenému světlu.[2]

3.5.4 Rádiový přenos signálu

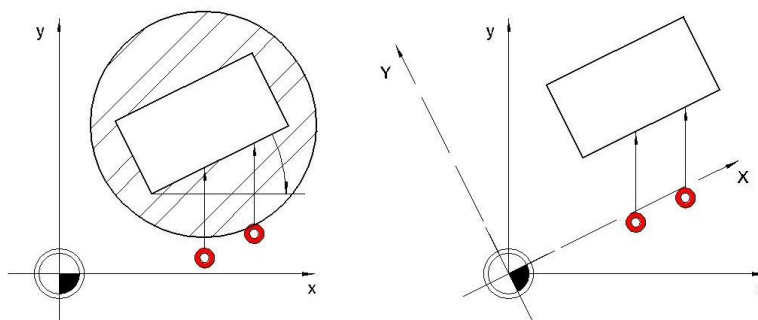
Jedná se o univerzální přenos využitelný i v případech, kdy není možná přímá viditelnost mezi vysílačem a přijímačem. Využívá se systému s automatickým hledáním volných kanálů, což je využitelné a žádoucí především tam, kde pracuje více strojů vybavených stejným druhem sondy.[2]

4 Návrh možností využití sondy

Obrobkovou dotykovou sondu lze využívat podle schopností obsluhy. Na příkladech bude ukázáno využívání na nejběžnějších situacích.

4.1 Vyrovnání obrobku

Pokud je potřeba přesně stanovit, jak je obrobek upnutý ve stroji, lze postupovat dvěma způsoby. Využitím úchylkoměru, kdy postupně proměřujeme, jak moc je jedna strana obrobku vychýlená od jedné z os. Tento způsob je časově náročný a značně nepřesný. Nebo využitím sondy, kdy změřením dvou bodů na jedné straně je automaticky pootočen souřadný systém. Tato varianta nastává, pokud má stroj neotáčivý stůl. Natočení obrobku tak, aby byla strana obrobku vodorovná s osou stroje, se děje pouze u stroje, který je vybavený otáčivým stolem. Tento způsob je mnohonásobně rychlejší a přesnější než při ručním měření.[5], [6]

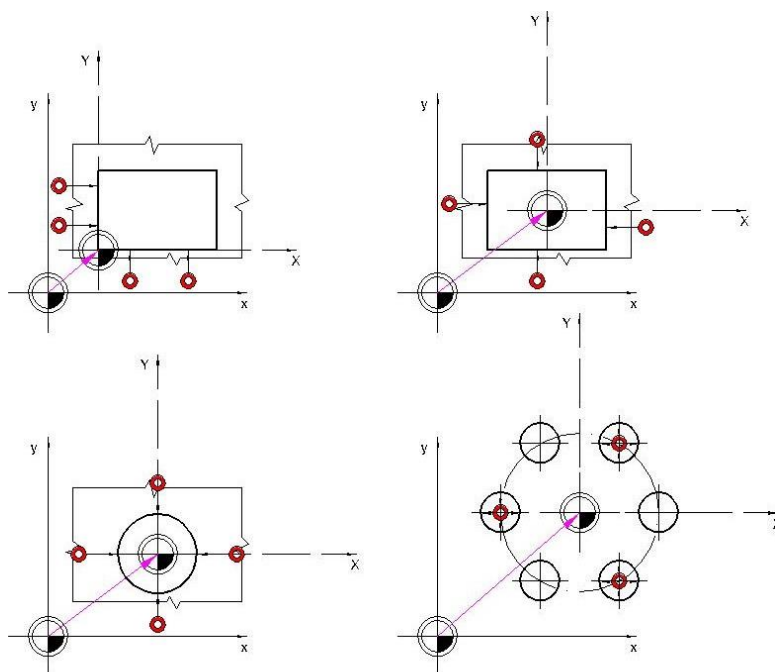


Obr. 4-1 Vyrovnání obrobku[8]

4.2 Nastavení vztažného bodu

Pro správné pochopení této kapitoly je nezbytné vědět, co to je vztažný bod. Vztažný bod je „bod, ke kterému se vztahují měření nebo výpočty“.[4]

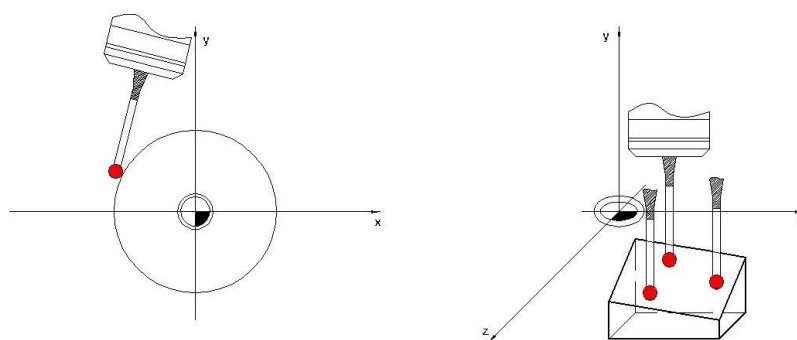
Tento proces následuje po vyrovnání obrobku. Jelikož je obráběcí program závislý na vztažném bodu, je nutné tento bod vytvořit. Bez dotykové sondy je potřeba se přiblížit nástrojem k obrobku a dotknout se ho. Tento způsob je poměrně nepřesný a nebezpečný, jelikož můžeme poškodit jak nástroj, tak i obrobek. Pomocí programů, které doprovází sondu lze bezpečně a velice přesně určit vztažný bod.[5], [6]



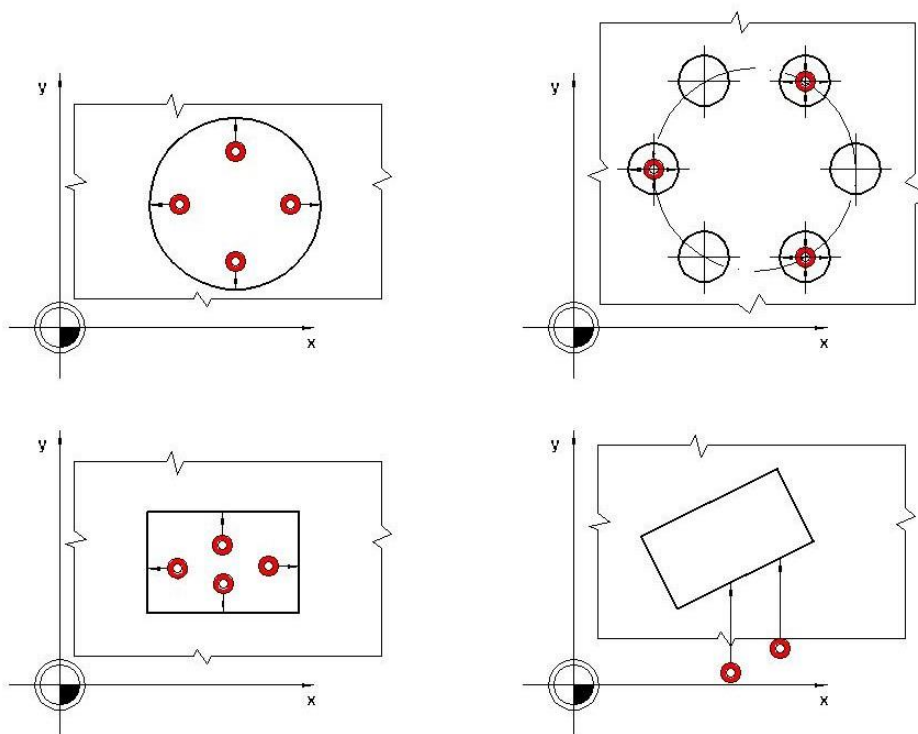
Obr. 4-2 Posunutí nulového bodu[8]

4.3 Měření obrobku

Jedná se o měření rozměrů obrobku při stálém upnutí ve stroji. Zjišťuje se, zda je výrobní program správně nastavený a jaké jsou případně potřebné korekce pro dosažení požadovaného rozměru. Po dokončení obrábění je možné využít data k vytvoření protokolu o přesnosti výroby. Díky sondě je tato operace rychlejší, přesnější a bezpečnější, než pokud by tyto operace prováděla obsluha stroje pomocí konvenčních měřidel. V této kapitole jsou uvedeny pouze ukázky měření. V jedné z následujících kapitol bude ukázáno dopodrobna, které rozměry mohou jednotlivé měřicí systémy měřit.[5], [6]



Obr. 4-3 Měření obrobku 1[8]



Obr. 4-4 Měření obrobku 2[8]

4.4 Porovnání produktů

Obecně se každý výrobce snaží vyvíjet lepší produkty než konkurence, a proto přichází na trh stále s modernějšími konstrukcemi obrobkových sond.

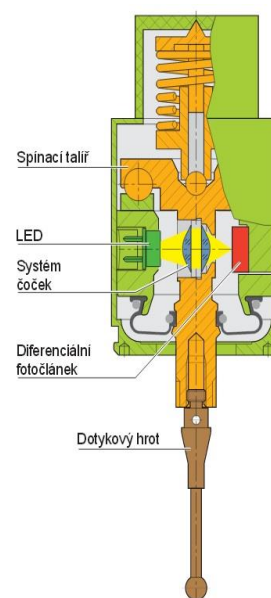
4.4.1 Heidenhain

Některé dotykové obrobkové sondy Heidenhain, které jsou vybaveny infračerveným přenosem signálu, jsou zároveň schopny vzduchem očistit povrch před měřením. Toto je možné pouze u těch strojů, kde je vnitřní přívod stlačeného vzduchu v ose vřetena.[8]

Sonda TS 444 je konstruována tak, že je uvnitř těla sondy vzduchová turbína, která pohání vlastní generátor sondy a ukládá energii. To umožňuje sondě pracovat bez jakéhokoliv jiného zdroje elektřiny. Využití této sondy je pouze u těch strojů, kde je vnitřní přívod stlačeného vzduchu v ose vřetena.[8]

Série TS 2xx, 44x, 64x

Tento druh sondy pracuje s optickým spínačem signálu uvnitř těla sondy, který je bezdotykový a díky tomu nedochází k opotřebování. To umožňuje opakovatelnost měření a dlouhodobou stabilitu.



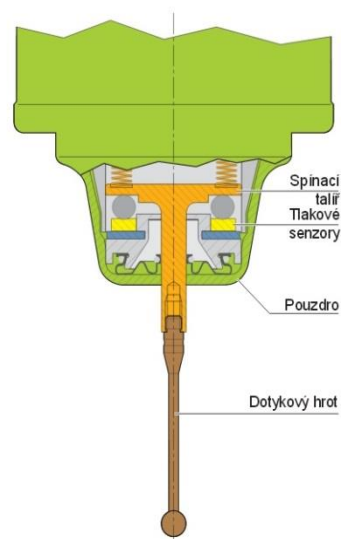
Obr. 4-5 Konstrukce sond tříd TS 2xx, 44x, 64x[8]

Z LED diody vycházejí světelné paprsky, které jsou zaostřeny čočkami a dopadají na fotočlánek jako světelný bod. Při měření se dotykový hrot dotýká obrobku, což zapříčiní vychýlení a generování spínacího signálu. Spínací talíř je uložený na třibodovém ložisku a zároveň je pevně spojený s dotykovým hrotem. Toto uložení spínacího talíře zajišťuje klidovou polohu.[8]

Série TS 740

Tento druh sondy se od předchozích sérií liší v uložení spínacího talíře. Obsahuje tlakové senzory (není zde systém se světelným paprskem, jako v již v uvedených sériích). Spínací impuls je vytvářen silou, kterou působí spínací talíř na tlakové senzory. Síly jsou vyhodnocovány elektronicky.[8]

Při dotyku je dotykový hrot vychýlený ze své stabilní polohy, což změní poměr tlaků, které vyvíjí spínací talíř na tlakové senzory a tím je generován spínací signál. Tento princip funguje přesněji než princip u sond série TS 2xx, 44x, 64x.[8]



Obr. 4-6 Konstrukce sondy TS 740[8]

| | TS 440 | TS 444 |
|----------------------------|--|-------------------|
| Přesnost snímání | $\leq \pm 5 \mu\text{m}$ | |
| Reprodukovatelnost snímání | $2\sigma \leq 1 \mu\text{m}$ při rychlosti njetí 1 m/min $2\sigma \leq 1 \mu\text{m}$ při rychlosti njetí 3 m/min $2\sigma \leq 4 \mu\text{m}$ při rychlosti njetí 5 m/min | |
| Vychylovací síly | axiálně: $\pm 7\text{N}$ radiálně: $\pm 0,7$ až $1,3\text{N}$ | |
| Hmotnost | cca 0,4 kg | |
| Přenos signálu | infračerveným přenosem | |
| Rychlost nájezdu | $\leq 5\text{ m/min}$ | |
| Vychýlení dotykového hrotu | $\leq 5\text{ mm}$ při délce hrotu $l = 40\text{ mm}$ | |
| Elektrické napájení | baterie | tlakovým vzduchem |

Tab. 4-1 Technická data Heidenhain 1[8]

| | TS 640 | TS 642 | TS 740 |
|----------------------------|---|--------|---|
| Přesnost snímání | $\leq \pm 5 \mu m$ | | $\leq \pm 1 \mu m$ |
| Reprodukovatelnost snímání | $2\sigma \leq 1 \mu m$ <i>při rychlosti najetí 1 m/min</i> $2\sigma \leq 1 \mu m$ <i>při rychlosti najetí 3 m/min</i> $2\sigma \leq 4 \mu m$ <i>při rychlosti najetí 5 m/min</i> | | $2\sigma \leq 0,25 \mu m$ <i>při rychlosti najetí 0,25 m/min</i> |
| Vychylovací síly | <i>axiálně: $\pm 8 N$</i> <i>radiálně: $\pm 1 N$</i> | | <i>axiálně: $\pm 0,6 N$</i> <i>radiálně: $\pm 0,2 N$</i> |
| Hmotnost | <i>cca 1,1 kg</i> | | |
| Přenos signálu | <i>infračerveným přenosem</i> | | |
| Rychlost nájezdu | $\leq 5 m/min$ | | $\leq 0,25 m/min$ |
| Vychýlení dotykového hrotu | $\leq 5 mm$ při délce hrotu $l = 40 mm$ | | |
| Elektrické napájení | <i>2 baterie</i> | | |

Tab. 4-2 Technická data Heidenhain 2[8]

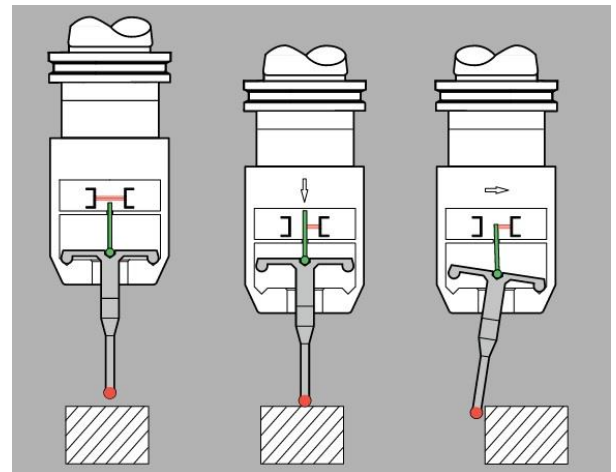
| | TS 220 | TS 230 |
|----------------------------|---|---|
| Přesnost snímání | $\leq \pm 5 \mu m$ | |
| Reprodukovatelnost snímání | $2\sigma \leq 1 \mu m$ při rychlosti najetí 1 m/min $2\sigma \leq 1 \mu m$ při rychlosti najetí 3 m/min $2\sigma \leq 4 \mu m$ při rychlosti najetí 5 m/min | |
| Vychylovací síly | <i>axiálně: $\pm 8 N$</i> <i>radiálně: $\pm 1 N$</i> | |
| Hmotnost | <i>cca 0,7 kg</i> | |
| Přenos signálu | <i>kabelovým přenosem</i> | |
| Rychlost nájezdu | $\leq 5 m/min$ | |
| Vychýlení dotykového hrotu | $\leq 5 mm$ při délce hrotu $l = 40 mm$ | |
| Elektrické napájení | $5 V \pm 5\% / \leq 100 mA$ | $10 až 30V / \leq 100mA$ |
| Elektrické připojení | <i>spirálový kabel 1,5 m</i> <i>s rychloupínacím konektorem</i> | <i>spirálový kabel 1,5 m</i> <i>s M 23 konektorem (kolíky)</i> |

Tab. 4-3 Technická data Heidenhain 3[8]

4.4.2 Blum

Série TC50 a TC53

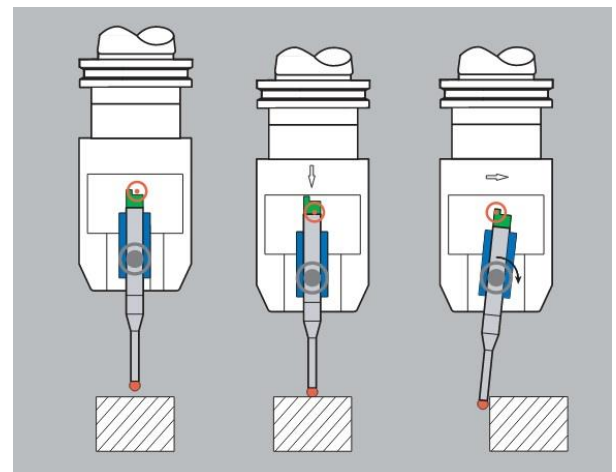
Tyto sondy obsahují rotačně – symetrickou charakteristiku, která umožňuje měření v jakémkoliv směru. Není zapotřebí vhodná orientace vřetena.[10]



Obr. 4-7 Konstrukce sond TC50, TC52[10]

Série TC51

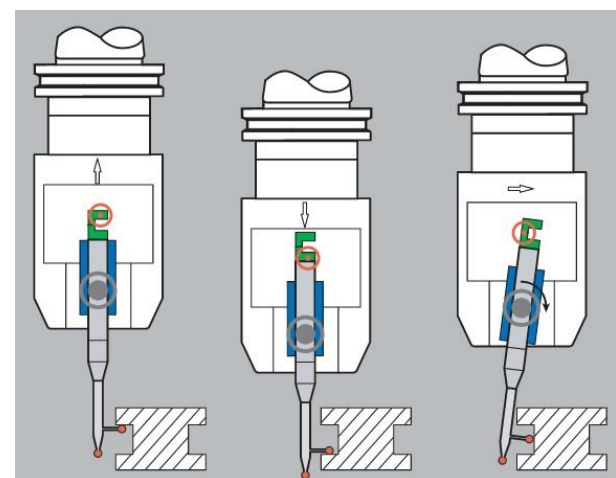
Sonda s největší snímanou rychlostí od firmy Blum. Zároveň se jedná o nejpřesnější produkt, který firma v tomto odvětví nabízí.[10]



Obr. 4-8 Konstrukce sondy TC51[10]

Série TC51-20

Tento druh sondy je též jako TC51 přesnější a na vyšší rychlosti snímání, avšak díky své konstrukci přidává možnost snímání drážek, zápichů či výstupků. Jedná se tedy o takové plochy, které by sonda TC51 nebyla schopna změřit.[10]



Obr. 4-9 Konstrukce sondy TC51-20[10]

| | TC50 | TC51 | TC51-20 | TC52 |
|-------------------------------|----------------------------|------------------------------|------------------------------|----------------------------|
| Směr snímání | $\pm X, \pm Y, -Z$ | $XY, -Z$ | $XY, \pm Z$ | $\pm X, \pm Y, -Z$ |
| Měřicí síla ve směru XY | 2 N | 1,5 N | 1,5 N | 2/3 N |
| Měřicí síla ve směru Z | 7 N | 4 N | 4 N | 5,7 N |
| Spínací body XY | – | 0,5 mm | 0,5 mm | – |
| Spínací bod Z | – | 0,8 mm | 0,8 mm | – |
| Maximální zrychlení | 50 m/s ² | 100 m/s ² | 100 m/s ² | 50 m/s ² |
| Opakovatelná přesnost snímání | 1 μm 2 σ | 0,5 μm 2 σ | 0,5 μm 2 σ | 1 μm 2 σ |
| Max. měřicí rychlost | 3 m/s | 5 m/s | 5 m/s | 3 m/s |
| Hmotnost | 970 g | 870 g | 870 g | 250 g |
| Baterie | 9 V Block | | | 1/2 AA 3,6 V |
| Přenos signálu | infračervený přenos | | | |

Tab. 4-4 Technická data Blum[10]

4.4.3 Renishaw

Firma Renishaw se od ostatních liší jinými druhy přenosových signálů. Sondy značené „OMP“ využívají tzv. modulovaného optického přenosu. Tento přenos je odolnější proti rušení signálu v porovnání s infračerveným přenosem.[10]

Další možností přenosu signálu je rádiovým přenosem. V tomto případě se automaticky přeladují frekvence pro zabezpečení kvalitního signálu.[11]

OMP400

Jedná se o jednu z nejmenších a nejpřesnějších sond, které firma Renishaw nabízí. Její velikost je velká výhodou, jelikož poskytuje možnost měření i v hůře přístupných oblastech.[10]

RMP60

Tato sonda disponuje rádiovým přenosem dat jako jediná z uváděných od firmy Renishaw. Je proto vhodná do provozu, kde jsou využívány sondy tohoto druhu na strojích vedle sebe, jelikož je možné nastavit pro každou sondu jinou vysílací/přijímací frekvenci.[11]

| | OMP400 | RMP60 |
|---------------------------------|-------------------------------|----------------------------|
| Směr snímání | $\pm X, \pm Y, +Z$ | |
| Spínací síla doteku ve směru XY | 1,04 N | 1,4 N |
| Opakovatelnost | 0,25 μm 2 σ | 1 μm 2 σ |
| Hmotnost | 262 g | 901 g |
| Přenos signálu | optický přenos | rádiový přenos |
| Baterie | baterie | |

Tab. 4-5 Technická data Renishaw[10], [11]

V přechozích tabulkách jsou uvedené pojmy „Opakovatelnost“, „Opakovatelná přesnost snímání“ a „Reprodukovatelnost snímání“. Všechny tyto pojmy odpovídají pojmu „Reprodukovatelnost měření“, což znamená „těsnost shody mezi výsledky měření téže měřené veličiny v případě, že jednotlivá měření jsou prováděna při změně některé z následujících podmínek: metoda měření, pozorovatel, měřidlo, místo, pracovní podmínky, časový odstup“ [7].

4.5 Porovnání řídicích systémů

4.5.1 Fanuc i0

Jedná se o nejrozšířenější systém od firmy Fanuc. Tato firma volně neposkytuje informace o svých řídicích systémech na internetu a zdroje na jiných místech jsou také nedohledatelné. Na žádost o poskytnutí potřebných informací zástupci této firmy nereagovali.

4.5.2 Heidenhain iTNC 530

Řídicí systém nabízí ukládání dat o měření téměř u každého cyklu, který je k dispozici. Protokol o měření je ukládán do souboru, kde je zároveň uložený program, ve kterém je cyklus používán. Protokol je možné také rovnou tisknout. Dále je možné se dozvědět informace o měření rovnou z obrazovky stroje. Způsob, jak protokol vypadá je neměnný a obsahuje jak rozměry, které byly měřeny, tak i odchylky od rozměrů, které měřicí dílec měl mít. Pokud to bude programátor požadovat, umí systém automaticky vyhodnotit, jestli je obrobek řádně vyrobený a zastavit chod programu. Naměřené hodnoty, které jsou uvedené v souboru protokolu, se vztahují k tomu nulovému bodu, který je aktivní v okamžiku provádění příslušného cyklu.[12]

V předchozím odstavci je popsán způsob získání dat z funkce měřicího cyklu, který je přednastavený od výrobce řídicího systému. Existují však ještě další způsoby, jak ukládat měřená data. U každého cyklu budou mimo požadovaných dat, které měřicí cyklus chce vyplnit, vypsány ještě hodnoty Q-parametrů do kterých se ukládají jednotné naměřené hodnoty. Popis jednotlivých Q-parametrů bude vysvětlen v jedné z následujících kapitol.

Obecně v Q-parametrech platí:

Q 180 = 1 – Naměřené hodnoty leží v rámci tolerance

Q 181 = 1 – Je nutná oprava obrobku

Q 182 = 1 – Obrobek je zmetek[12]

Hodnota jedna znamená „ano“, nulová hodnota znamená „ne“. Jiných hodnot tyto předešlé tři Q-parametry nenabývají.

Před každým vyvoláním cyklu měření je potřeba nejdříve založit sondu do vřetena.[12]

Vztažná rovina: G55 – Cyklus 0

Cyklus ukládá naměřenou souřadnici do Q-parametrů 115-119. Je potřeba zadat:

- Osa/směr snímání, ve kterém se bude dotyková sonda pohybovat
- Souřadnice bodu, do kterých má sonda jet rychloposuvem[12]

Vztažná rovina polárně: G55 – Cyklus 1

Tento měřicí cyklus stejně jako předchozí cyklus „Vztažná rovina“ ukládá polohu jednoho bodu, avšak tento cyklus měří bod pod úhlem, který svírá požadovaný bod s osou obrábění. Hodnoty Q-parametrů, do kterých jsou ukládána data, jsou stejné jako u předchozího cyklu. Je potřeba zadat:

- Osa snímání
- Úhel snímání, v rozmezí -180° až 180°
- Souřadnice počátečního bodu měření[12]

Měření úhlu: G420 – Cyklus 420

Cyklu měří úhel, který svírá hlavní osa s přímkou na obrobku. Q 150 nabývá hodnoty naměřeného úhlu vztaženého k hlavní ose roviny obrábění. Pro správnou funkci běhu programu je potřeba zadat:

- Poloha prvního bodu měření
- Poloha druhého bodu měření
- Osa měření
- Směr, kterým se bude sonda pohybovat (kladný +, záporný -)
- Výška, ve které se bude měřit
- Bezpečnou výšku, ve které nemůže dojít ke kolizi sondy a obrobku
- Bezpečnou vzdálenost, která se má připočítat k již předdefinované bezpečné vzdálenosti (vzdálenost, z které sonda začíná měřit jednotlivé body)
- Zda má být pohyb sondy v bezpečné výšce mezi jednotlivými body měření
- V jaké podobě vystavit data z měření[12]

Měření díry: G421 – Cyklus 421

Cyklus měří polohu středu a průměr díry. Pokud jsou nadefinované tolerance, systém vyhodnotí, zda je díra správně vyrobena. Tímto cyklem je možné měřit i obloukovou kapsu (je potřeba jen zvolit správné úhlové rozteče). Pro funkci programu je potřeba zadat:

- Poloha středu osy (Q273, Q274)
- Průměr díry (Q262)
- Úhel, ve kterém se má začít měřit v rozsahu -360° až 360°
- Úhlová rozteč mezi dvěma měřicími body v rozsahu -120° až 120°
- Výška, ve které se bude měřit
- Bezpečnou výšku, ve které nemůže dojít ke kolizi sondy a obrobku
- Bezpečnou vzdálenost, která se má připočítat k již předdefinované bezpečné vzdálenosti (vzdálenost, z které sonda začíná měřit jednotlivé body)
- Zda má být pohyb sondy v bezpečné výšce mezi jednotlivými body měření
- Hodnoty průměru, v nichž se má díra pohybovat
- Přípustné odchylky středu osy
- V jaké podobě vystavit data z měření
- Zda při hodnotách mimo zadané tolerance přerušit chod programu
- Počet bodů, kterými se bude díry měřit
- Způsob pojezdu mezi jednotlivými body (po přímce, nebo kruhově)

Čísla Q-parametrů, které zachycují výsledné hodnoty:

Q151 – Aktuální hodnota středu hlavní osy

Q152 – Aktuální hodnota středu vedlejší osy

Q153 – Skutečná hodnota průměru

Q161 – Odchylka středu hlavní osy
Q162 – Odchylka středu vedlejší osy
Q163 – Odchylka průměru[12]

Měření kruhu zvenku: G422 – Cyklus 422

Tento cyklus je velice podobný cyklu „Měření díry“, jen se zde pouze měří vnější rozměr kruhu. Hodnoty Q-parametrů jsou naprosto totožné s hodnotami Q-parametrů z cyklu „Měření díry“.[12]

Měření obdélníku zevnitř: G423 – Cyklus 423

Cyklus měří rozměry vnitřního obdélníku pomocí čtyř bodů s tím, že každý bod je na jedné ze čtyř stran obdélníku. Program potřebuje znát:

- Polohu středu kapsy (Q273, Q274)
- Délky obou stran (Q282, Q283)
- Výšku, ve které se bude měřit
- Bezpečnou výšku, ve které nemůže dojít ke kolizi sondy a obrobku
- Bezpečnou vzdálenost, která se má připočítat k již předdefinované bezpečné vzdálenosti (vzdálenost, z které sonda začíná měřit jednotlivé body)
- Zda má být pohyb sondy v bezpečné výšce mezi jednotlivými body měření
- Toleranční rozměry délek obou stran
- Tolerance polohy středu
- V jaké podobě vystavit data z měření
- Zda při hodnotách mimo zadané tolerance přerušit chod programu

Čísla Q-parametrů, které zachycují výsledné hodnoty:

Q151 – Aktuální hodnota středu hlavní osy
Q152 – Aktuální hodnota středu vedlejší osy
Q154 – Skutečná hodnota délky strany v hlavní ose
Q155 – Skutečná hodnota délky strany ve vedlejší ose
Q161 – Odchylka středu hlavní osy
Q162 – Odchylka středu vedlejší osy
Q164 – Odchylka délky strany v hlavní ose
Q165 – Odchylka délky strany ve vedlejší ose[12]

Měření obdélníku zvenku: G424 – Cyklus 424

Cyklus požaduje zadat stejné parametry jako cyklus „Měření obdélníku zevnitř“, proto není potřeba blíže specifikovat, co vše je potřeba vyplnit. Jediný rozdíl mezi těmito cykly je ten, že se měří vnější rozměry. Hodnoty Q-parametrů jsou u tohoto cyklu stejné, jako v předcházejícím cyklu.

Měření šířky zevnitř: G425 – Cyklus 425

Zde je měřena délka, případně šířka, jakéhokoliv vnitřního rozměru. Je potřeba zadat:

- Výchozí souřadnice, ze kterých sonda začne měřit
- Přesazení mezi prvním bodem měření a druhým bodem
- Osa, ve které se bude měřit
- Výšku, ve které se bude měřit
- Bezpečnou výšku, ve které nemůže dojít ke kolizi sondy a obrobku
- Délku, kterou má drážka mít (Q311)
- Toleranční hodnoty drážky

- V jaké podobě vystavit data z měření
- Zda při hodnotách mimo zadané tolerance přerušit chod programu
- Bezpečnou vzdálenost, která se má připočítat k již předdefinované bezpečné vzdálenosti (vzdálenost, z které sonda začíná měřit jednotlivé body)
- Zda má být pohyb sondy v bezpečné výšce mezi jednotlivými body měření

Čísla Q-parametrů, které zachycují výsledné hodnoty:

Q156 – Skutečná hodnota naměřené délky

Q157 – Skutečná hodnota polohy středové osy

Q166 – Odchylka naměřené délky[12]

Měření výstupku zvenku: G426 – Cyklus 426

Tento cyklus je obdobný jako cyklus „Měření šířky zevnitř“. Rozdíly jsou v tom, že se při tomto cyklu měří vnější rozměr a také, že je potřeba zadat souřadnice obou měřených bodů (není zde volba přesazení). Čísla Q-parametrů jsou shodná s Q-parametry v cyklu „Měření šířky zevnitř“.[12]

Měření souřadnice: G427 – Cyklus 427

Tento cyklus měří jediný bod. Výstupní Q-parametr je v tomto měření pouze jeden a to Q160, jež indikuje naměřenou souřadnici. Pro správnou funkci cyklu je potřeba zadat:

- Souřadnice 1. a 2. osy, kde bude bod měřený
- 3. souřadnici, ve které se má nacházet měřený bod (Q261)
- Bezpečnou vzdálenost, která se má připočítat k již předdefinované bezpečné vzdálenosti (vzdálenost, z které sonda začíná měřit jednotlivé body)
- Bezpečnou výšku, ve které nemůže dojít ke kolizi sondy a obrobku
- Osa, ve které se bude sonda pohybovat
- Směr, ve kterém se bude měřit
- V jaké podobě vystavit data z měření
- Největší a nejmenší rozměry, které může měřená hodnota nabývat
- Zda při hodnotách mimo zadané tolerance přerušit chod programu[12]

Měření roztečné kružnice: G430 – Cyklus 430

Jak už název napovídá, tento cyklus měří velikost roztečné kružnice pomocí třech nebo čtyř děr, které na ní leží. Výstupní hodnoty Q-parametrů nabývají stejných čísel, jako při měření „Měření díry“. Program potřebuje pro správnou funkci:

- Polohu středu roztečné kružnice (Q273, Q274)
- Průměr roztečné kružnice (Q262)
- Úhly, jež svírají tři díry, které leží na roztečné kružnici, s rovinou obrábění
- Výšku, ve které se bude měřit
- Bezpečnou výšku, ve které nemůže dojít ke kolizi sondy a obrobku
- Největší a nejmenší přípustné rozměry roztečné kružnice
- Toleranční hodnoty středu roztečné kružnice
- V jaké podobě vystavit data z měření
- Zda při hodnotách mimo zadané tolerance přerušit chod programu[12]

Měření roviny: G431 – Cyklus 431

Tento cyklus se využívá pro měření úhlu roviny. Pro funkčnost toho cyklu je potřeba, aby body, které je potřeba zadat neležely na přímce. Do programu je potřeba vyplnit:

- Tři souřadnice pro tři rozdílné body
- Bezpečnou vzdálenost, která se má připočítat k již předdefinované bezpečné vzdálenosti (vzdálenost, z které sonda začíná měřit jednotlivé body)
- Bezpečnou výšku, ve které nemůže dojít ke kolizi sondy a obrobku
- V jaké podobě vystavit data z měření

Čísla Q-parametrů, které zachycují výsledné hodnoty:

Q158 – Projekční úhel osy A

Q159 – Projekční úhel osy B

Q170 – Prostorový úhel A

Q171 – Prostorový úhel B

Q172 – Prostorový úhel C

Q173 – Výška dotykového bodu v prvním bodu měření

Q17č – Výška dotykového bodu ve druhém bodu měření

Q175 – Výška dotykového bodu ve třetím bodu měření[12]

4.5.3 Sinumerik 840D sl

Měřicí cykly nabízí tři možnosti jak naložit s výsledky. První možnost je zjištění rozměrů, další varianta je posunutí počátku a poslední možnost je korigování nástroje.[13]

Po každém měření se automaticky zobrazí operátorovi stroje tabulka s výslednými hodnotami. Tabulka o měření porovnává požadované rozměry, které byly použity na měření s naměřenými hodnotami. Pokud jsou naměřené hodnoty mimo tolerance, program postupuje podle předem nastavených parametrů od programátora.[13]

Vzdálenost hrany – Zjištění hrany: Cyklus 978

Tento cyklus měří polohu jednoho bodu. Před měřením je potřeba polohovat sondu k měřenému bodu. Je potřeba zadat:

- Rovina, ve které se bude měřit
- Cíl cyklu
- Směr měření
- Souřadnice měřeného bodu
- Bezpečnou vzdálenost od měřeného bodu (dráha, kterou musí urazit sonda mezi výchozím bodem před měřením a bodem dotyku)
- Toleranční hodnoty[13]

Vzdálenost hrany – Srovnání podle hrany: Cyklus 998

Jelikož obrobek na stole leží v libovolné poloze, lze tímto cyklem změřit úhel, který svírá od souřadného systému. Cyklus měří maximálně úhly do 45°. Před měřením je potřeba polohovat sondu před první měřený bod. Je potřeba znát:

- Rovina, ve které se bude měřit
- Cíl měření
- Způsobem pojezdu sondy mezi jednotlivými měřenými body, buď rovnoběžně s osou, nebo s hranou obrobku
- Směr měření
- Směr, kterým se má posunout sonda pro měření druhého bodu
- Vzdálenost mezi jednotlivými body
- Bezpečnou vzdálenost od měřeného bodu

- Zda se má sonda mezi jednotlivými body pohybovat v bezpečné výšce či nikoliv, pokud ano, tak je potřeba definovat hodnotu bezpečné výšky[13]

Vzdálenost hrany – Drážka: Cyklus 977

Tato varianta měření určuje pomocí dvou bodů střed drážky a její šířku, přičemž je každý bod na jedné straně. Lze také měřit šikmou drážku, v tomto případě je však potřeba zadat úhel, který svírají její boky. Nežli se začne psát program, je nutné pro rozlišení tohoto programu od ostatních zvolit měření „drážka“. Před měřením je potřeba polohovat sondu přibližně do středu drážky na měřicí výšce. Pro funkci programu je potřeba zadat:

- Rovina, ve které se bude měřit
- Cíl měření
- Osa měření
- Požadovaná šířka měřené drážky
- Přípustné toleranční hodnoty drážky
- Zda se má sonda mezi jednotlivými body pohybovat v bezpečné výšce či nikoliv, pokud ano, tak je potřeba definovat hodnotu bezpečné výšky[13]

Vzdálenost hrany – Žebro: Cyklus 977

Tento cyklus je obdobný jako cyklus „Vzdálenost hrany – Drážka“, jen s tím rozdílem, že je měřený vnější rozměr. Jelikož program mají označení cyklus 977, je potřeba při tomto měření zvolit měření „žebra“ na ovládacím panelu.[13]

Díra – Pravoúhlá kapsa: Cyklus 977

Tato varianta poskytuje operátorovi měřit rozměry pravoúhlého vybrání na obrobku. Před začátkem měření je nutno navést sondu do středu měřené kapsy. Jelikož programy mají označení cyklus 977, je potřeba při tomto měření zvolit měření „pravoúhlá kapsa“ na ovládacím panelu. Je potřeba zadat:

- Rovina, ve které se bude měřit
- Cíl měření
- Rozměry kapsy
- Pokud je kapsa natočená, potom jaký úhel svírá s osou
- Druh pojíždění mezi jednotlivými body, buď v bezpečné výšce, nebo v měřicí výšce
- Bezpečnou vzdálenost od měřeného bodu
- Toleranční rozměry, které může měřené vybrání mít[13]

Díra – 1 díra: Cyklus 977

Cyklus měří čtyři body v díře a z těchto bodů vyhodnotí souřadnice středu díry. Jelikož programy mají označení cyklus 977, je potřeba při tomto měření zvolit měření „1 díra“ na ovládacím panelu. Je potřeba umístit sondu přibližně do středu díry a zadat tyto požadované parametry:

- Rovina, ve které se bude měřit
- Cíl měření
- Požadovaná hodnota průměru
- Druh pojíždění mezi jednotlivými body, buď v bezpečné výšce, nebo v měřicí výšce
- Bezpečnou vzdálenost od měřeného bodu
- Toleranční rozměry díry[13]

Díra – Vnitřní kruhový segment: Cyklus 979

Pomocí tohoto cyklu lze měřit vnitřní kruhový segment. Řídicí systém z naměřených hodnot vyhodnotí průměr díry a souřadnice středu. Než se začne psát program, je třeba vybrat měření „vnitřní kruhový segment“. Před měřením je potřeba umístit sondu před první měřicí bod. Programátor musí do programu vepsat:

- Rovina, ve které se bude měřit
- Cíl měření
- Počet bodů, kterými se bude segment měřit
- Průměr díry
- Souřadnice středu segmentu
- Počáteční úhel měření
- Velikost úhlu mezi jednotlivými měřenými body
- Bezpečnou vzdálenost od měřeného bodu
- Toleranční rozměry průměru[13]
-

Čepy – Pravoúhlý čep: Cyklus 977

Cyklus je podobný cyklu „Díra – pravoúhlá kapsa“, s tím rozdílem, že se měří vnější rozměry. Jako druh měření je potřeba vybrat „pravoúhlý čep“.[13]

Čep – 1 kruhový čep: Cyklus 977

Jedná se o obdobu cyklu „Díra – 1 díra“, v tomto případě se však měří vnější rozměry. Před začátkem psaní programu je potřeba navolit „1 kruhový čep“.[13]

Čep – Vnější kruhový segment: Cyklus 979

Cyklus je programován podobně jako cyklus „Díra – Vnitřní kruhový segment“, avšak zde se měří vnější rozměry. Před programováním je potřeba zvolit program „vnější kruhový segment“.[13]

3D – Polohové srovnání podle roviny: Cyklus 998

Tento cyklus měří nakloněnou rovinu pomocí tří bodů. Před měřením je potřeba nastavit polohu sondy nad první měřený bod. Program vyžaduje zadat:

- Měřicí rovinu
- Cíl měření
- Způsob pojíždění sondy mezi jednotlivými body měření
- Vzdálenosti následujících dvou bodů od prvního měřeného bodu
- Úhly naklonění vzhledem k osám, jež vymezují rovinu, ve které se měří
- Bezpečnou vzdálenost od měřeného bodu[13]

3D – Koule: Cyklus 997

Cyklus pomocí čtyř nebo tří změřených bodů určí střed koule. Pokud programátor požaduje měření průměru je to také možné. Než započne měření je potřeba polohovat sondu nad střed koule v bezpečné vzdálenosti. Systém vyžaduje zadat:

- Měřicí rovinu
- Cíl měření
- Způsob, kterým se bude sonda okolo koule pohybovat. Buď po kruhové dráze, nebo rovnoběžně s osami
- Počet měřících bodů
- Zda určit průměr koule
- Žádaný průměr koule

- Pokud je vybráno snímání po kruhové dráze je nutné zapsat do programu úhel počátečního snímání a úhlový krok
- Souřadnice středu koule[13]

3D – 3 koule: Cyklus 997

Tento princip měření je podobný jako v cyklu „3D – Koule“, jen s tím rozdílem, že jsou zde měřené tři koule, místo jedné. Při psaní programu je potřeba definovat souřadnice středů všech třech koulí a na začátku programu vybrat měření tří děr.[13]

System Sinumerik nabízí měření polohy rohu, avšak výstupem z tohoto cyklu není měřicí protokol jako u všech ostatních cyklů. Tento cyklus vypíše polohu rohu na obrazovku. Další nakládání s daty je pouze v tom směru, že systém je schopný do tohoto bodu vložit nulový bod. Tento cyklus nabízí i měřicí systém Heidenhain, avšak není zařazený mezi měřicí cykly, jelikož jeho výstup je obdobný jako u řídicího systému Sinumerik.[13], [8]

5 Návrh možností ukládání naměřených dat

K řešení úkolu je potřeba přístup ke stroji, kde bude možné vyzkoušet navržené řešení problému. Fakulta strojní disponuje pracovištěm ve Vědecko technickém parku, kde je umístěn stroj s řídicím systémem iTNC 530, proto bude následující text zaměřen na zpracování zadání v tomto řídicím systému. Na začátku kapitoly 4.5.2 již bylo částečně pojednáno o možnosti ukládání dat z měřících cyklů pomocí nastavení vestavěného parametru v cyklu. Bližší rozbor v tomto ohledu bude pojednávat kapitola 5.2. Stejně tak bylo již nastíněno, že další možností, jak ukládat změřená data je pomocí Q-parametrů. Tato možnost bude popsána několika způsoby v kapitole 5.3.

Jelikož v každém z následujících příkladů se využívá ukládání dat z iTNC na pevný disk stroje, je možné zvolit cestu, kam se budou ukládané soubory globálně ukládat. Pokud nebude nastavena cesta, tak se soubory automaticky ukládají tam, kde je uložený program, ve kterém se daný měřící cyklus spouští.

5.1 Změna cesty ukládání dat

Ukládání dat bude probíhat pomocí řídicího systému, tyto data budou ukládána na pevný disk stroje, odkud budou poté přepokopovány pomocí přenosného média do počítače pro další zpracování. Tento postup byl zvolen, jelikož se jedná o nejuniverzálnější možnost využitelnou kdekoliv. Lze namítnout, že je možné ukládání dat z řídicího systému přímo do externího počítače, ale k tomu je potřeba speciální propojení počítače se strojem, které však není zastoupeno všude.

Při zapnutí programu se objeví na panelu stroje počáteční okno, které nyní není důležité. Je potřeba zvolit klávesu „Program zadat/editovat“, která je zobrazená na Obr. 5-1.



Obr. 5-1 Program zadat/editovat

Poté je potřeba zvolit tlačítko MOD zobrazené na Obr. 5-2.



Obr. 5-2 MOD

Jako následující krok je potřeba navolit na obrazovce tlačítko, které je na Obr. 5-3.



Obr. 5-3 RS232/RS422 zařízení

Po kliknutí na ikonu „RS232 RS 422 zařízení“ se objeví obrazovka, kam se nyní bude moci zvolit cesta ukládání dat na pevný disk stroje. Tato cesta je zadávána, aby se usnadnilo zapisování cest, které bude osvětleno v podkapitole 5.3.2 a 5.3.3. Na následující obrázku je ukázáno, kam přesně je potřeba zadat cesta pro ukládání dat. Řádek „Tisk“ slouží pro ukládání při provozu stroje. „Test tisku“ je pro ukládání dat při testování programu.[15]

Rozhraní RS 232

Rozhraní RS 422

provoz-MODE: FE1

provoz-MODE: FE1

Baud-Rate

Baud-Rate

FE : 9600

FE : 9600

EXT1 : 9600

EXT1 : 9600

EXT2 : 9600

EXT2 : 9600

LSV-2: 115200

LSV-2: 115200

Prirazení:

Tisk : TNC:\novak\
Test tisku: TNC:\novak\
PGM MGT: Rozšířeno 2
zavisele soubory: Automaticky

Obr. 5-4 Obrazovka pro vyplnění cesty pro ukládání

5.2 Využití protokolů vytvořených cykly, 1. varianta

V kapitole 4.5.2 bylo napsáno, že měřicí cykly jsou schopny automaticky vytvořit měřicí protokol. Což je velice účinné a jednoduché řešení, jak uložit naměřená data, ale má to svá omezení. Prvním omezením je, že protokoly mají předem danou formu, která obsahuje velké množství nepotřebných dat, proto by bylo potřeba je dodatečně upravovat v textovém editoru. Druhý, mnohem závažnější problém nastává ve chvíli, kdy se použije v jednom programu více měření stejného druhu (kupříkladu dvakrát se bude měřit žebro), v takovém případě nastane přepsání již naměřených dat z předešlého měřicího cyklu. Pro zachování všech dat z měření je potřeba, aby se po každém měřicím cyklu uložil textový soubor do jiné složky, než kam je zvolená cesta automatického ukládání. Pokud by bylo požadováno řešit zadaný problém tímto způsobem, bylo by nezbytné vytvořit, například v programu Delphi pomocný program. Tento program by po zapnutí vyžadoval zadání složky, kde jsou naměřená data ve formě textových dokumentů. Ihned na to by je postupně všechny otevřel, přečetl a vybral relevantní data, která by se uložila do nového textového souboru. Příklad, jak by mohl vypadat kód napsaný v Delphi 2009 (verze je důležitá, jelikož v novějších verzích jsou rozdílné knihovny a program by nemusel fungovat) ve zjednodušené formě je napsaný pod tímto textem. Pouze pro představu bude nyní tento program uveden.

program pokus;

```
{$APPTYPE CONSOLE}
```

```
{$R *.res}
```

```
uses
```

```
SysUtils, Classes;
```

```
Var
cesta, l, f, p   : String;
r               : TSearchRec;
List           : TStringList;
i, c           : Integer;
t, w           : Text;
s              : Char;
o              : Boolean;
begin
cesta := 'C:\zcu\5.semestr\STOB\Pokus\Nová složka\';
SetCurrentDir(cesta);
Assign(w,'C:\zcu\5.semestr\STOB\Pokus\data.txt');
ReWrite(w);
List:=TStringList.Create;
try
  if FindFirst('*.txt', faAnyFile, r) = 0 then
    begin
      repeat
        List.Add(r.Name);
        until FindNext(r) <> 0;
        FindClose(r);
      end;
    Except
      WriteLn ('Chyba pri hledani souboru');
    end;
  for i := 0 to List.Count - 1 do
    begin
      Assign(t,cesta + List[i]);
      Reset(t);
      While not Eof(t) do
        begin
          ReadLn(t,l);
          o:=false;
          f:="";
          for c := 1 to length(l) do
            begin
              s:=l[c];
              if s=' ' then
                begin
                  if f='world' then o:=true
                  else f:="";
                end
              else f:=f+l[c];
            end;
          if o then WriteLn(w,l);
        end;
      end;
    end;
  Close(w);
end.[16]
```

Podtržená část kódu zachycuje část programu, který vyhledává textové soubory v zadané složce definované díky proměnné „cesta“. Zbytek programu otevírá postupně jeden soubor za druhým a čte řádky, ze kterých posléze vyhledává zadané slovo, zde „world“ a zapisuje ho do souboru s názvem „data.txt“. Při psaní tohoto programu se vyskytl problém, jelikož řádky, které obsahovaly hledané slovo, se nevypisovaly do konečného textového souboru. Avšak zapisovaly se přímo na obrazovku (změna „if o then WriteLn(w,l);“ za „if o then WriteLn(l);“). Tento problém bylo potřeba vyřešit tím, že se na konci programu zapsalo „Close(w)“, neboli zavření souboru, kam se ukládala načtená data. Proto je tento řádek nezbytný pro správnou funkci programu.

Program, který je zde popsán slouží pouze pro představu, jak by se dalo nakládat s neuspořádanými daty, které vytvoří systém iTNC 530. Pokud bude zvolena tato cesta pro řešení zadaného úkolu, zpracuje se podrobný a uživatelsky přijatelný program.

5.3 Využití Q-parametrů

V předchozím textu již bylo poukázáno na to, že další možností, jak nakládat s naměřenými daty je pomocí Q-parametrů. Jedná se o parametry, které mění svou hodnotu v závislosti na tom, co se do nich ukládá. Předchozí věta zároveň poukazuje na fakt, že pokud bude program obsahovat více měřících operací, je nutné, aby za každým měřícím cyklem byla užitá jedna z funkcí, které budou osvětleny později, jinak by byla data z měření nenávratně ztracena a bylo by nutné měření opakovat. Každý cyklus má nadefinované, kam se budou jednotlivé zadávané, případně naměřené hodnoty ukládat. Jednotlivé Q-parametry jsou popsány v literatuře u měřících cyklů. Ty nejdůležitější však byly vypsány v kapitole 4.5.2.[15]

Během psaní programu je možné vyvolat na obrazovce záložku, která skrývá jednotlivé operace s Q-parametry. Proto při psaní programu v režimu „Program zadat/editovat“ zvolíme klávesu, jež je zobrazená na Obr. 5-5.



Obr. 5-5 Klávesa pro vyvolání funkcí Q-parametrů

Po kliknutí na tuto ikonu se rozšíří panely, mezi kterými lze na obrazovce přepínat a po kliknutí na vyznačený panel se objeví ikony vyobrazené na Obr. 5-6.

| | | | | | | | |
|-----------------|---------------|-------------------------|------|-----------------|--------|---------------|-----------------|
| Základní funkce | Úhlové funkce | Výpočet kružnice LATION | Skok | Zvláštní funkce | Postup | Vzorec obrysu | ŘETĚZCOVÝ VÝRAZ |
|-----------------|---------------|-------------------------|------|-----------------|--------|---------------|-----------------|

Obr. 5-6 Lišta s funkcemi pro Q-parametry

Jelikož matematické operace s Q-parametry jsou nyní irelevantní, je potřeba, aby byla zvolena v této liště záložka „Zvláštní funkce“, kde se skrývají funkce „Print“, „F-Print“ a „TabWrite“, které budou postupně představeny v následujících podkapitolách.

5.3.1 Využití funkce FN 15: PRINT, 2. varianta

Tato funkce slouží pro zapsání dat z měření do textového souboru, který se automaticky vytvoří ve složce, kde je uložený program, nebo tam kde je zvolená globální cesta ukládání dat. V následujícím textu bude vidět, že vytvořený soubor neobsahuje žádné formátování textu, což znamená, že pouze zapisuje hodnoty z měření. Tlačítko pro tuto funkci se objeví v panelu možností pouze tehdy, pokud se bude postupovat podle podkapitoly 5.3. Na Obr. 5-7 je vidět ukázka části kódu pro měření díry. Pod měřící cyklus je vepsaná funkce „Print“, tu je potřeba zapsat tak, že se vybere ve „Zvláštní funkce“ na Obr. 5-6, funkce „FN15 Tisk“

(v anglické verzi „FN15 Print“) a zapíše se do funkce „Q153“. Pokud by zde bylo napsáno pouze „153“ vypsaloby se předem nastavené hlášení, které se liší podle výrobce stroje, což je pro tento text nedůležité.[15]

```
TCH PROBE 421 MERENI DIRY
Q273=+50 ;STRED 1. OSY
Q274=+50 ;STRED 2. OSY
Q262=+25 ;ZADANY PRUMER
Q325=+0 ;START. UHEL
Q247=+90 ;UHLOVA ROZTEC
Q261=-5 ;MERENA VYSKA
Q320=+5 ;BEZPECNOSTNI VZDAL.
Q260=+100 ;BEZPECNA VYSKA
Q301=+1 ;NAJET BEZPEC.VYSKU
Q275=+25.05 ;MAX. ROZMER
Q276=+24.9 ;MIN. ROZMER
Q279=+0.01 ;TOLERANCE 1. STREDU
Q280=+0.01 ;TOLERANCE 2. STREDU
Q281=+0 ;PROTOKOL MERENI
Q309=+0 ;PGM STOP TOLERANCE
Q330=+1 ;NASTROJ
Q423=+4 ;POCET MERICICH BODU
Q365=+1 ;ZPUSOB POHYBU
FN 15: PRINT Q153
```

Obr. 5-7 Ukázka kódu - použití funkce "Print"

Pokud je spuštěn program, proběhne měření a vytvoří se soubor. Jak vypadá výstupní soubor z měření je vidět na Obr. 5-8. V tomto případě se jedná o soubor „%FN15SIM.A“. Název se liší podle toho, pokud je cyklus spuštěn na stroji, nebo v módu programovací stanice „Test programu“, jako v tomto případě. Soubor je ve formátu „.a“, což je textový soubor v ASCII kódování. Mimo iTNC 530 ho lze otevřít jako textový soubor a dále podle toho s ním pracovat.[8]

| Jm. souboru | Typ | Velik | Změněno | Status |
|-------------|-------|-------|------------|--------|
| ↑ . . . | <Dir> | | | |
| ☐ %FN15SIM | A | 10 | 04.03.2014 | ----- |
| 📄 h | H | 298 | 04.03.2014 | S-E-+ |
| ☐ tab | TAB | 5385 | 01.03.2014 | ----- |
| 📄 taba | H | 964 | 01.03.2014 | -----+ |

Obr. 5-8 Vyobrazení uloženého souboru funkcí "Print"

Při otevření souboru, jež byl vytvořen měřicím programem, se zjistí, že text uvnitř vypadá podle Obr. 5-9.

```
Soubor: %FN15SIM.A Rádek: 0 Sloupec: 1 INSERT
#25.01200
[END]
```

Obr. 5-9 Výstup z funkce "Print"

Číslo se bude lišit podle toho, co obrobková sonda naměří. Pokud by byl program spuštěn v módu „Test programu“ byla by výstupní hodnota rovna 0, jelikož testování programu je

pouze proto, aby se zjistilo, zda je program napsaný bez chyb, tudíž není možné, aby se do parametru Q153 uložila nějaká hodnota.

Pokud by bylo potřeba vypsát více Q-parametrů z jednoho měření, je to možné napsat do jedné řádky, ve které může být maximálně 6 Q-parametrů. Ukázka, je na obrázku pod tímto textem.

FN 15: PRINT Q153 /Q143 /Q123 /Q132

Obr. 5-10 Více Q-parametrů v jednom řádku

Mezi jednotlivými Q-parametry lze pojíždět v programu pomocí šipek doprava a doleva. Pokud by bylo potřeba ukončit zadávání lze to udělat tlačítkem, které je vyobrazené na Obr. 5-11.



Obr. 5-11 Tlačítko "End"

Při spuštění toho programu se vytvoří soubor, který bude obsahovat text, podobný tomu na obrázku pod tímto odstavcem.

```
Soubor: %FN15SIM.A          Řádek: 1          Sloupec: 1          INSERT
+43.00300 +324.0432000 +0.340000 +33.666000
[END]
```

Obr. 5-12 Výstup funkce "Print" při více Q-parametrech v řádku

Z předchozího textu v této kapitole je vidět, že výstup z funkce „Print“ neobsahuje nic o tom, jaký cyklus měření probíhal. Proto by bylo potřeba si pamatovat, v jakém pořadí probíhala jednotlivá měření, poté otevřít textový soubor a doplnit jej o požadovaná data.

Pokud by byl program spuštěn vícekrát, případně obsahoval více funkcí „Print“, data z předchozích měření by se nepřemazávala, ale ukládala by se pod již naměřená.

5.3.2 Využití funkce FN 16: F-PRINT, 3. varianta

Funkce „FN 16: F-Print“ požaduje pro funkci zadání cest k dvěma souborům. První soubor obsahuje vzorový text, do kterého se budou vyplňovat data získaná během měřicího cyklu. Druhý soubor je výstupní soubor, čili jedná se o první soubor s vyplněnými daty, které v prvním byly zadány jako proměnné.[15]

V jakékoliv složce se vytvoří nový soubor ve formátu „libovolný_název.a“, v Obr. 5-13 je vidět vytvořený soubor „vzor.a“.

| Jm. souboru | Typ | Velik | Změněno | Status |
|-------------|-----|-------|------------|--------|
| ↑... | | <Dir> | | |
| h | H | 346 | 04.03.2014 | S---+ |
| tab | TAB | 5385 | 01.03.2014 | ----- |
| taba | H | 964 | 01.03.2014 | -----+ |
| vzor | A | 84 | 04.03.2014 | --E-- |

Obr. 5-13 Ukázka vytvoření vzorového souboru

Tento soubor je po otevření prázdný, a proto je ho potřeba vyplnit. Jaké možnosti a co vše se dá vyplňovat do tohoto vzorového souboru, bude ukázáno v následující kapitole, pokud bude

tato varianta řešení zvolená jako nejvhodnější. Pro příklad jak může takový protokol vypadat je pro ukázkou vyplněn textový soubor podle Obr. 5-14.

```
Soubor: Uzor.a           Řádek: 3           Sloupec: 1           INSERT
"Ukazka";
"Pruni mereny rozmer: %9.3LF", Q275;
"Druhy merenz rozmer: %9.3LF", Q274;
[END]
```

Obr. 5-14 Ukázka vyplněného vzorového souboru

Slova v uvozovkách se ve výsledném souboru objeví jen jako text. „%9.3LF“ znamená, že se jedná o proměnné číslo. Řetězec čísel bude dlouhý 9 znaků, s tím, že 3 znaky budou za desetinnou čárkou. Hodnoty Q-parametrů se mění podle toho, jaké hodnoty mají být vypsány. Konec každé řádky musí být ukončen středníkem.

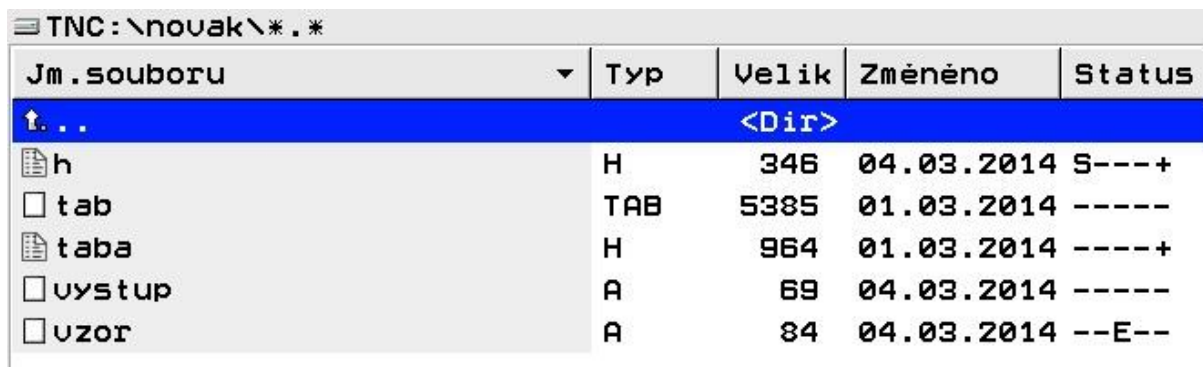
V tento moment je vyplněný vzorový soubor a lze přistoupit k napsání měřicího kódu. Pro porovnání s předchozí kapitolou se znovu bude měřit díra. Část kódu pro toto měření může vypadat jako na Obr. 5-15. Stejně jako v předchozí podkapitole, je potřeba hned za měřicí cyklus zapsat tuto funkci, jinak by mohlo dojít ke ztrátě dat. Funkci „FN 16: F-Print“ lze nalézt pod ikonou „Zvláštní funkce“ na Obr. 5-6.

Funkce na prvním místě vyžaduje zadat cestu, kde se nachází vzorový soubor, do kterého se budou vyplňovat data. Na druhém místě (do tohoto místa se uživatel dostane pomocí šipek) funkce vyžaduje vyplnit, kam se má uložit výstupní soubor společně s názvem a formátem, který má výstupní soubor nabývat.

```
TCH PROBE 421 MERENI DIRY
Q273=+50      ;STRED 1. OSY
Q274=+50      ;STRED 2. OSY
Q262=+25      ;ZADANY PRUMER
Q325=+0       ;START. UHEL
Q247=+90      ;UHLOVA ROZTEC
Q261=-5       ;MERENA VYSKA
Q320=+5       ;BEZPECNOSTNI VZDAL.
Q260=+100     ;BEZPECNA VYSKA
Q301=+1       ;NAJET BEZPEC.VYSKU
Q275=+25.05   ;MAX. ROZMER
Q276=+24.9    ;MIN. ROZMER
Q279=+0.01    ;TOLERANCE 1. STREDU
Q280=+0.01    ;TOLERANCE 2. STREDU
Q281=+0       ;PROTOKOL MERENI
Q309=+0       ;PGM STOP TOLERANCE
Q330=+1       ;NASTROJ
Q423=+4       ;POCET MERICICH BODU
Q365=+1       ;ZPUSOB POHYBU
FN 16: F-PRINT TNC:\novak\uzor.a /
TNC:\novak\vystup.a
```

Obr. 5-15 Ukázka kódu - použití funkce "F-Print"

Po spuštění měřicího programu se vytvoří soubor ve zvolené složce, viz Obr. 5-16.



| Jm. souboru | Typ | Velik | Změněno | Status |
|-------------|-------|-------|------------|--------|
| ↑ .. | <Dir> | | | |
| h | H | 346 | 04.03.2014 | S---+ |
| tab | TAB | 5385 | 01.03.2014 | ----- |
| taba | H | 964 | 01.03.2014 | -----+ |
| vystup | A | 69 | 04.03.2014 | ----- |
| vzor | A | 84 | 04.03.2014 | --E-- |

Obr. 5-16 Ukázka vytvořeného souboru

Při otevření souboru „vystup.a“ se zobrazí výsledný měřicí protokol, ukázka na Obr. 5-17. Je-li program spuštěn v módu „Test programu“, budou tyto hodnoty rovny nule.

```
Soubor: vystup.a           Řádek: 0           Sloupec: 1   INSERT
Ukazka
První měření rozmer:      25.050
Druhý měření rozmer:      50.000
[END]
```

Obr. 5-17 Obsah souboru "vystup.a"

Pokud by programátor měl uložené vzorové soubory pro funkci „FN16: F-Print“ ve složce, kterou nastavil dle postupu v kapitole 5.1, tak by stačilo zadat pouze názvy souborů. Což znamená, že výstupní soubor se také uloží do této složky. Tyto způsoby lze kombinovat, takže lze zadat jeden soubor úplnou cestou a druhý zkráceně. Ukázku, jak by mohla vypadat funkce při zkrácených cestách lze vidět na Obr. 5-18.

FN 16: F-PRINT vzor.a / vystup.a

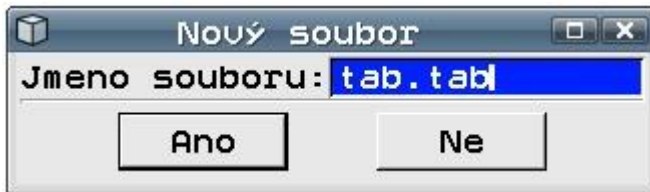
Obr. 5-18 Zjednodušení zadání cesty

Poslední možnost, jak zadat cestu při psaní programu je pomocí tlačítka, které se objeví v panelu, když programátor zapisuje cestu v dolní liště. Tlačítko nese název „vyber okna“. Kliknutím na toto tlačítko se zobrazí okno, ve kterém lze najít cestu, kde se nachází buď vstupní, či výstupní soubor. Toto tlačítko lze použít i při použití funkce „FN26 otevřít tabulku“, které se vyskytuje v následující kapitole.

Z tohoto jednoduchého příkladu lze vidět velkou sílu této funkce oproti předešlým. Jediným řádkem v programu lze vytvořit efektivní protokol z měření, který není potřeba upravovat, jelikož bude mít podobu vzoru. Vzorové soubory lze měnit podle potřeby na výstupu. Při využití ukládání dat do jednoho souboru, budou data z měření vždy ukládána pod již zapsaná data, což znamená, že nedojde k přemazání starých dat.

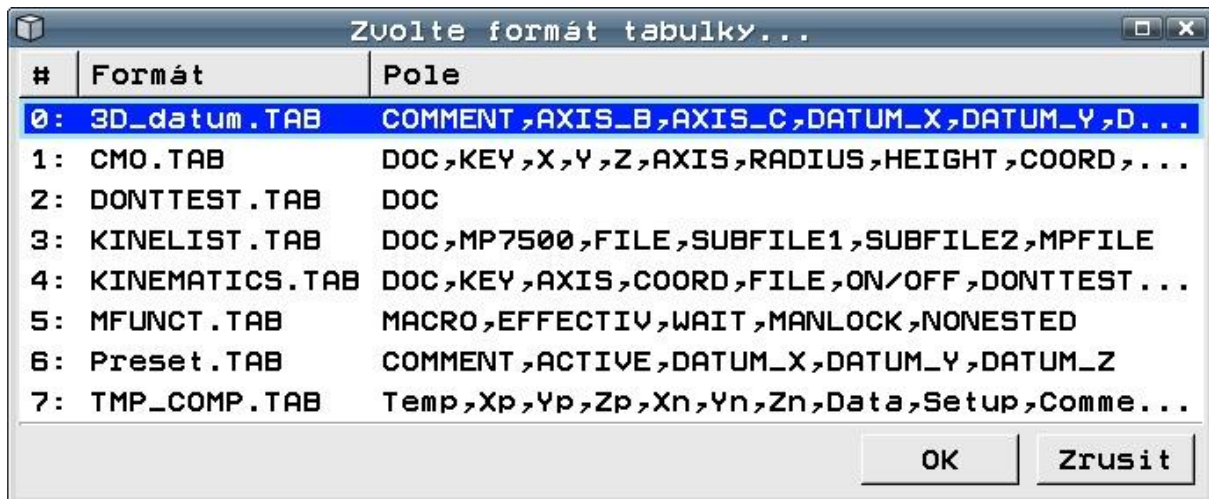
5.3.3 Využití funkce FN 27: TABWRITE, 4. varianta

Poslední z uvedených funkcí operujících s Q-parametry je funkce „FN27: TabWrite“. Tato funkce funguje tak, že zapisuje Q-parametry do předpřipravené tabulky. Tabulku je potřeba vytvořit ve složce ve formátu, který je uvedený na Obr. 5-19. Jméno souboru záleží na uživateli, není potřeba, aby bylo stejné jako na obrázku.[15]



Obr. 5-19 Tvorba nové tabulky

Po potvrzení vytvoření nového souboru systém vypíše okno ve formátu jako je na Obr. 5-20, kde se zvolí 2. typ tabulky.



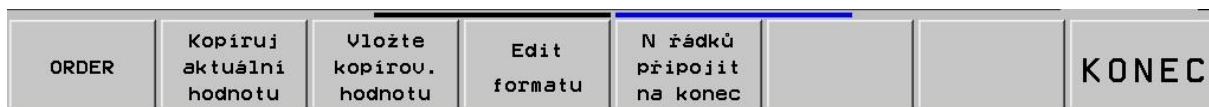
Obr. 5-20 Volba typu tabulky

Pokud se otevře již vytvořená tabulka druhého typu, její vnitřní struktura bude vypadat jako na Obr. 5-21.



Obr. 5-21 Struktura vytvořené tabulky

Na spodní liště se zvolí druhá záložka a vybere se tlačítko „Edit formátu“.



Obr. 5-22 Volba "Edit formátu"

Čímž se změní struktura tabulky. V tuto chvíli lze upravovat, měnit a přidávat sloupce v tabulce, což je vidět na Obr. 5-23.



Obr. 5-23 Vnitřní struktura původní tabulky

Jelikož v budoucnu nebude potřeba sloupec s názvem „doc“, je potřeba ho smazat. A vyplnit prázdné řádky, pro příklad podle Obr. 5-24.


```

Soubor: 78143089$$$$.TDB >>
NR   NAME   TYP  WIDTH DEC  ENGLISH
0    X      C    15    5
1    Y      C    15    5
2    Z      C    15    5
[END]

```

Obr. 5-24 Vnitřní struktura požadované tabulky

Nyní se ukončí editace sloupců a přidají se prázdné řádky do tabulky pomocí klávesy „N řádků připojit na konec“, která je zobrazená na Obr. 5-22.

Po těchto úkonech se ukončí editování tabulky a je potřeba napsat program, jehož měřicí část může vypadat jako Obr. 5-26.



Obr. 5-25 Lišta s funkcemi pro tabulky

K napsání takového programu je potřeba použít „Zvláštních funkcí“ dle Obr. 5-6, jež jsou ve druhé záložce, která je znázorněná na Obr. 5-25. Funkce „FN 26 otevřít tabulku“ je možné napsat hned na začátku programu, jelikož se jedná pouze o to, aby řídicí systém věděl do které tabulky ukládat data. Funkci „FN 27 zápis do tabulky“ je potřeba zapsat pro každý parametr, který se má do tabulky zapsat. Formát zápisu je takový, že první číslo udává číslo řádky, do které se mají data ukládat. Text v uvozovkách udává název sloupce, do kterého se mají data zapisovat a Q-parametr za znaménkem „rovná se“, je hodnota, která se má uložit.

```

TCH PROBE 421 MERENI DIRY
Q273=+50   ;STRED 1. OSY
Q274=+50   ;STRED 2. OSY
Q262=+25   ;ZADANY PRUMER
Q325=+0    ;START. UHEL
Q247=+90   ;UHLOVA ROZTEC
Q261=-5    ;MERENA VYSKA
Q320=+5    ;BEZPECNOSTNI VZDAL.
Q260=+100  ;BEZPECNA VYSKA
Q301=+1    ;NAJET BEZPEC.VYSKU
Q275=+25.05 ;MAX. ROZMER
Q276=+24.9 ;MIN. ROZMER
Q279=+0.01 ;TOLERANCE 1. STREDU
Q280=+0.01 ;TOLERANCE 2. STREDU
Q281=+0    ;PROTOKOL MERENI
Q309=+0    ;PGM STOP TOLERANCE
Q330=+1    ;NASTROJ
Q423=+4    ;POCET MERICICH BODU
Q365=+1    ;ZPUSOB POHYBU
FN 26: TABOPEN TNC:\novak\tab.tab
FN 27: TABWRITE 0 /"X" = Q117
FN 27: TABWRITE 0 /"Y" = Q118
FN 27: TABWRITE 0 /"Z" = Q119
FN 27: TABWRITE 1 /"X" = Q160
FN 27: TABWRITE 1 /"Y" = Q161
FN 27: TABWRITE 1 /"Z" = Q163

```

Obr. 5-26 Ukázka kódu - použití funkce "TabWrite"

Po spuštění programu a otevření tabulky, která se vytvořila na začátku této podkapitoly, se zobrazí podobně vyplněná tabulka jako je na Obr. 5-27.

```
Soubor: tab.tab
NR      X      Y      Z
0      432      4      32131
1      15      12      14
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
```

Obr. 5-27 Výstup z funkce "TabWrite"

Pokud byla zvolena globální cesta tak, jak bylo ukázáno v kapitole 5.1, je možné zapsat cestu k tabulce tak, jak je zobrazeno na Obr. 5-28.

```
FN 26: TABOPEN tab.tab
```

Obr. 5-28 Jednoduché zadání cesty

Výhoda této funkce je v tom, že se přehledně uloží jednotlivá data do sloupců pro pozdější využití, jelikož v řídicím systému iTNC jsou funkce, které jsou schopné vyjmout data z tabulek. Nevýhodou je velký počet řádků, které přibývají s počtem zapsaných hodnot do tabulek. Další nevýhoda je, že název sloupců je omezený délkou textu, proto se nejedná o příliš vhodnou funkci pro splnění zadání této práce, jelikož krátký název sloupce by znamenal používání zkratk, které nejsou příliš názorné.

6 Výběr vhodného řešení

6.1 Porovnání nastíněných řešení

Pro porovnání jednotlivých řešení je potřeba přistupovat zodpovědně, jelikož je tato část velice důležitá. Proto je potřeba, aby byla zvolena kritéria, která se budou používat při řešení a výběru varianty.

6.1.1 Kritéria pro výběr vhodné varianty

1. **Vhodnost k okamžitému tisku.** Tímto kritériem je myšleno to, zda po přesunutí souboru, či souborů, na počítač je možné rovnou tyto data tisknout bez následujících úprav.
2. **Vhodnost přenosu.** Tímto pojmem se myslí to, zda se manipuluje s jedním nebo více soubory, při přesunu z řídicího systému stroje do počítače.
3. **Složitost přípravy před měřením.** Co je potřeba udělat proto, aby bylo možné měřit a získat data.
4. **Obecná aplikovatelnost.** V tomto kritériu je zahrnuto to, jestli je možné využít variantu obecně na strojích s řídicím systémem iTNC530 bez velkých znalostí programování, či ovládání systému.
5. **Délka zápisu v programu.** Délka zápisu je velice důležitá zejména tam, kde obráběcí a měřicí programy píše obsluha na stroji, jelikož délka zápisu funkce znamená zdržení výroby.
6. **Složitost varianty.** Jak je složitá varianta řešení na pochopení a práci s danou variantou.
7. **Jednoduchý přehled.** Zde je myšleno to, zda lze jednoduše v měřicím protokolu zjistit, je-li součást správně vyrobena.
8. **Náročnost převedení dat.** Jak složité je převést data z měření, do vhodného a reprezentativního formátu.

6.1.2 Výběr vhodné varianty

Před začátkem vyhodnocování, je potřeba zvolit váhu jednotlivých kritérií. Pro jednodušší zápis bude 1. kritérium K_1 , 2. kritérium K_2 a tak dále. Byla zvolena tato nerovnost jednotlivých kritérií.

$$K_5 > K_1 > K_4 > K_3 > K_8 > K_7 > K_2 > K_6$$

Nyní je potřeba zvolit váhu důležitosti jednotlivých kritérií, kterou lze vidět v následující tabulce.

| Kritéria | K1 | K2 | K3 | K4 | K5 | K6 | K7 | K8 | \sum bodů | Body v % |
|----------|----|----|----|----|----|----|----|----|-------------|----------|
| K1 | X | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 6 | 21,4 |
| K2 | 0 | X | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 3,6 |
| K3 | 0 | 1 | X | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 4 | 14,3 |
| K4 | 0 | 1 | 1 | X | 0 | 1 | 1 | 1 | 5 | 17,9 |
| K5 | 1 | 1 | 1 | 1 | X | 1 | 1 | 1 | 7 | 25 |
| K6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | X | 0 | 0 | 0 | 0 |
| K7 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | X | 0 | 2 | 7,1 |
| K8 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | X | 3 | 10,7 |
| Σ | X | X | X | X | X | X | X | X | 28 | 100 |

Tab. 6-1 Výpočet váhy pro jednotlivá kritéria

Z Tab. 6-1 lze zjistit váhy jednotlivých kritérií tím, že v posledním sloupci s názvem „Body v %“ se převedou na desetinné hodnoty tak, aby součet hodnot byl roven jedné. Převedení jednotlivých vah na desetinná čísla lze vidět v následující tabulce.

| K1 | K2 | K3 | K4 | K5 | K6 | K7 | K8 |
|-------|-------|-------|-------|------|----|-------|-------|
| 0,214 | 0,036 | 0,143 | 0,179 | 0,25 | 0 | 0,071 | 0,107 |

Tab. 6-2 Váhy kritérií

V následujícím kroku se sestaví tabulka, kde budou v první řádce vypsána jednotlivá kritéria a v prvním sloupci varianty. Poté se do jednotlivých kolonek zapíše počet bodů, jež reprezentují to, jak vyhovují varianty jednotlivým kritériím. Počet bodů je minimálně jeden a maximálně čtyři s tím, že pokud jsou si varianty podobné, tak mohou dostat stejný počet bodů. V následující tabulce je použito zjednodušení zápisu variant a to takto: V1 znamená 1. varianta, V2 znamená 2. varianta a tak dále.

| - | K1 | K2 | K3 | K4 | K5 | K6 | K7 | K8 |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| V1 | 1 | 1 | 4 | 1 | 4 | 1 | 2 | 1 |
| V2 | 2 | 3 | 4 | 3 | 1 | 2 | 4 | 1 |
| V3 | 4 | 3 | 1 | 2 | 3 | 3 | 4 | 3 |
| V4 | 3 | 3 | 2 | 2 | 1 | 2 | 4 | 3 |

Tab. 6-3 Přehled bodového ocenění variant

Volba bodů u jednotlivých variant není zcela náhodná a má své opodstatnění, které bude vysvětlené v následujících odstavcích.

Varianta jedna ihned po měření obsahuje velké množství souborů, které nejsou utříděné. Při přenosu se na některé z nich může opomenout. Jedná se o nejméně složitou variantu

na přípravu před měřením, bohužel nelze v tomto případně využít variantu kdekoliv, jelikož je zapotřebí externího programu, který je nezbytné napsat a podle potřeby upravovat. Není zde potřeba žádného speciálního zápisu v programu. Výsledný protokol neobsahuje jednoznačný popis toho, zda je součást vyrobená v tolerančních mezích, avšak obsahuje změřenou hodnotu a hodnoty, ve kterých se má rozměr obrobku pohybovat.

Varianta číslo dvě obsahuje ihned po měření všechna data v jednom souboru, která však nejsou utříděná. Přenos dat pomocí přenosného média je stejně „náročný“ jako u variant 3 a 4, jelikož se jedná pouze o jeden soubor. Před psaním programu není potřeba nic připravovat, což znamená, že je tato varianta aplikovatelná téměř kdekoliv. Stejně jako 4 varianta je délka zápisu velice náročná, jelikož každý parametr musí být zapsán v jiném řádku. Varianty, které budou následovat, mají možnost pomocí Q-parametru „180“ jednoduše vyjádřit, zda je součást správně vyrobena. Naměřená data je nutné náročně upravovat, aby je bylo možné reprezentativně uvést, jelikož jsou nesetříděná.

Variantu číslo tři je možné okamžitě po měření nechat tisknout, proto se jedná o nejlépe ohodnocenou variantu. Jelikož se jedná pouze o jeden soubor, který vypadá přesně podle toho, jak se nastaví vstup. Je jednoduché data vložit do souboru, který bude obsahovat hlavičku a další požadované údaje na výsledný vzhled protokolu. Jedná se o nejnáročnější variantu na přípravu před měřením, jelikož je potřeba vytvořit velké množství vstupních souborů. Zápis funkce je pouze v jednom řádku a práce s touto variantou není oproti ostatním tak náročná, jelikož vyžaduje pouze zadat cestu ke vstupnímu a výstupnímu souboru.

Čtvrtá varianta má naměřená data uložená pouze v jednom souboru. Avšak tisk ihned po měření není zcela vhodný, jelikož data jsou zapsaná ve sloupcích, které jsou napsané ve zkratkách. Proto je potřeba zásahu člověka, pro úpravu naměřených dat. Před měřením je potřeba připravit vstupní tabulku, což znamená, že není možné tohoto řešení využít kdekoliv bez přípravy. Jedná se o poměrně složitou variantu na pochopení, jelikož je nutné si zapamatovat názvy sloupců a řádek, do kterých se budou měřená data ukládat. Zasazení změřených dat do reprezentativního protokolu je stejně náročné, jako u varianty tři.

Tab. 6-4 znázorňuje, jak se dospělo k výběru nejlepší varianty pro řešení daného úkolu. Hodnoty, které jsou zapsané v tabulce, se vypočetli tak, že se jednotlivé body, které jsou v Tab. 6-3 vynásobili váhou daného kritéria. Jednotlivé body se poté sečetly, a podle počtu bodů se vytvořilo pořadí, které rozhodlo o tom, která varianta se jeví jako nejvhodnější. V tomto případě to tedy znamená, že pro řešení bude použito 3. varianty, čili funkce „F-Print“.

| - | K1 | K2 | K3 | K4 | K5 | K6 | K7 | K8 | Součet bodů | Pořadí |
|------------------|-------|-------|-------|-------|------|----|-------|-------|-------------|--------|
| V1 | 0,214 | 0,036 | 0,572 | 0,179 | 1 | 0 | 0,142 | 0,107 | 2,25 | 3 |
| V2 | 0,428 | 0,108 | 0,572 | 0,537 | 0,25 | 0 | 0,284 | 0,107 | 2,286 | 2 |
| V3 | 0,856 | 0,108 | 0,143 | 0,358 | 0,75 | 0 | 0,284 | 0,321 | 2,82 | 1 |
| V4 | 0,642 | 0,108 | 0,286 | 0,358 | 0,25 | 0 | 0,284 | 0,321 | 2,249 | 4 |
| Váha důležitosti | 0,214 | 0,036 | 0,143 | 0,179 | 0,25 | 0 | 0,071 | 0,107 | - | - |

Tab. 6-4 Výpočet vhodné varianty

6.2 Řešení pomocí funkce „F-Print“

Kapitola 5.3.2 obsahuje nastin obsahu vstupního souboru. V následujících řádcích bude uvedeno, co vše bylo použito pro vytvoření vstupních protokolů, které se vyskytují v příloze č. 2.

„Měření díry“; - řádek obsahující pouze text, bez jakékoliv proměnné, stejně jako jakýkoliv následující řádek musí být ukončený středníkem. Text musí být vypsán v uvozovkách pro zobrazení ve výstupním protokolu.

„Datum: %2d-%2d-%4d“,DAY,MONTH,YEAR4; – tento zápis v řádku bude měnit datum podle toho, jaké je nastavené v řídicím systému. „%2d“ znamená, že se jedná o proměnné číslo o délce dvou znaků, %4d je proměnné číslo o délce čtyř znaků. Slova za čárkou označují jednotlivé parametry, které se budou do proměnných ukládat, v tomto případě jako první parametr bude den, druhý měsíc a třetí rok. Rok (year), lze zapsat i dvěma znaky, tím by se změnil zápis na „Datum: %2d-%2d-%2d“,DAY,MONTH,YEAR2;“. [15]

„Cas: %2d:%2d:%2d“,HOURL,MIN,SEC; - tento řádek obsahuje čas, kdy se zapíše data do výstupního souboru. Popis toho, co znamená zápis „%2d“ je v předchozím odstavci. Rozdíl je pouze v tom, že první parametr bude obsahovat hodinu, druhý parametr se bude měnit s minutou a poslední bude obsahovat sekundy. [15]

„Průměr roztečné kružnice: %9.3LF“, Q262; - obsah je jednoznačný. První část obsahuje text, který se nebude měnit. Druhá část říká, že na místě, kde je napsáno „%9.3LF“ bude uložený parametr Q262. „9.3“ znamená, že se jedná o řetězec znaků dlouhý devět znaků a z toho budou tři znaky za desetinou čárkou. Tyto hodnoty nejsou pevně dané a lze je podle požadavků změnit. [15]

Dále může protokol obsahovat „%S“ což lze využít, pokud by se jednalo o proměnný řetězec znaků (text), případně pokud by bylo požadováno, aby každý výstupní text obsahoval kde je uložený program, ve kterém je zapsaný měřicí cyklus. Jako další je možné nechat vypsát text, pouze pokud bude v určitém jazyce. [15]

Výstup z funkce se mění podle vstupního protokolu. Čili pro každý měřicí cyklus je potřeba vytvořit vstupní protokol. V tomto případě se vytvořily protokoly, které mají pro jednoduchý zápis stejný název, jako je číslo cyklu při zapisování do programu, což usnadní operátorovi práci, jelikož si nemusí hledat, který protokol k jakému cyklu patří. To znamená, že když bude chtít například měřit díru, bude první řádek vypadat následovně „TCH PROBE 421 MERENI DIRY“. V této řádce leží tedy název vstupního protokolu a ten by se ve funkci „F-Print“ vyplnil tak, že by se uvedla cesta k souboru zakončená „421.a“. [15]

Funkce může vypsát výsledný text ve více podobách. První možností je do textového souboru ve formátu „.txt“, nebo „.a“. Další možností je, že výstup bude zapsán ve formátu „.xls“. To znamená, že protokol z měření bude ve formátu pro Microsoft Excel, tento program však není volně dostupný, proto se v předchozím textu používal výhradně textový výstup. Poslední možností, jak zobrazit data je rovnou na obrazovku, takový zápis by vypadal takto: „SCREEN:“. To znamená, že se vstupní soubor zobrazí s vyplněnými daty rovnou na obrazovce. [15]

6.2.1 Ukázka vstupního protokolu

Všechny vstupní protokoly jsou přiložené v příloze č. 2, zde bude představen pouze jeden náhodně vybraný, pro lepší přehled a pochopení předchozího textu.

```
"Mereni obdelniku zvenku";  
"Datum: %2d-%2d-%4d",DAY,MONTH,YEAR4;  
"Cas: %2d:%2d:%2d",HOUR,MIN,SEC;  
"Pozadovana hodnota stredu hlavni osy: %9.3LF", Q273;  
"Aktualni hodnota stredu hlavni osy: %9.3LF", Q151;  
"Pozadovana hodnota stredu vedlejsi osy: %9.3LF", Q274;  
"Aktualni hodnota stredu vedlejsi osy: %9.3LF", Q152;  
"Pozadovana hodnota delky strany v hlavni ose: %9.3LF", Q282;  
"Skutecna hodnota delky strany v hlavni ose: %9.3LF", Q154;  
"Pozadovana hodnota delky strany ve vedlejsi ose: %9.3LF", Q283;  
"Skutecna hodnota delky strany ve vedlejsi ose: %9.3LF", Q155;  
"Odchylka stredu hlavni osy: %9.3LF", Q161;  
"Odchylka stredu vedlejsi osy: %9.3LF", Q162;  
"Odchylka delky strany v hlavni ose: %9.3LF", Q164;  
"Odchylka delky strane ve vedlejsi ose: %9.3LF", Q165;  
"Status rozmeru: %9.0LF", Q180;  
" ";
```

6.2.2 Ukázka výstupního protokolu

Zde je vypsán výstup z měření, kde byl použit jako vstupní protokol z kapitoly 6.2.1.

Mereni obdelniku zvenku

Datum: 24- 3-2014

Cas: 9:57:39

Pozadovana hodnota stredu hlavni osy: 0.000

Aktualni hodnota stredu hlavni osy: -0.008

Pozadovana hodnota stredu vedlejsi osy: 0.000

Aktualni hodnota stredu vedlejsi osy: -0.000

Pozadovana hodnota delky strany v hlavni ose: 75.000

Skutecna hodnota delky strany v hlavni ose: 75.043

Pozadovana hodnota delky strany ve vedlejsi ose: 28.000

Skutecna hodnota delky strany ve vedlejsi ose: 28.030

Odchylka stredu hlavni osy: -0.008

Odchylka stredu vedlejsi osy: -0.000

Odchylka delky strany v hlavni ose: 0.043

Odchylka delky strane ve vedlejsi ose: 0.030

Status rozmeru: 1

V této chvíli by bylo vhodné poukázat na řádek „Status rozmeru“. Ten bude nabývat hodnoty „1“, pokud jsou měřené hodnoty v toleranci. Pokud bude hodnota „0“, znamená to, že rozměr obrobku je mimo zadané toleranční meze. Při měření obdélníku jsou měřené délky stran a poloha středu. Jelikož jakákoliv měřená hodnota může být mimo toleranci, je potřeba při vypsání „Status rozmeru: 0“, aby čtenář výsledného protokolu vyhledal neodpovídající rozměr či rozměry.

Tento celý program, i s výstupním protokolem je uveden v příloze č. 1 společně s náčrtem součásti.

6.3 Vhodný obsah programu s měřícím cyklem

V předchozím textu bylo popsáno, jak se pracuje s funkcí „F-Print“, která zaznamenává naměřené hodnoty. Pokud by byl zvolen název výstupního souboru jeden pro všechny měřené součásti, tak by bylo potřeba, aby se před spuštěním každého programu vymazal již stávající soubor, jinak by se mohla plést data z více měření. Program, který bude obsahovat měřící cykly, může psát programátor mimo stroj, a ten se poté jen přehraje na stroj. Tento program je potřeba ošetřit takovým způsobem, aby byl zastaven ihned po spuštění a obsluha stroje byla upozorněna na vhodnost smazání souboru, do kterého se ukládají naměřená data. Případně vyzvat obsluhu stroje k zálohování naměřených dat. Pokud by byl program psán rovnou operátorem stroje, nebylo by vhodné, aby se vypisoval s dalším řádkem. Bohužel zde je nebezpečí, že operátor nesmaže, nebo nezalohuje data před smazáním. Na to může zapomenout stejně jednoduše, jako by zapomněl napsat řádek na upozornění. Znamená to, že by si měl vzpomenout na to, aby napsal řádek, který mu má připomenout to, na co nemá zapomenout.

V podkapitolách 6.3.1 a 6.3.2 je nástin toho, co by mohl program obsahovat mimo výrobní část, měřící část a zápis funkce „F-Print“. Je potřeba však ještě upozornit na to, že před měřícím cyklem je potřeba vyvolat měřící sondu a že za měřícím cyklem je ihned nezbytné použít funkci „F-Print“.

6.3.1 Upozornění na smazání výstupního protokolu

Pokud je program psán někým mimo výrobní stroj, tak by bylo možné vložit funkci „F-Print“, která by načítala data z předem připraveného výstražného protokolu. Funkce „F-Print“ musí být ihned následována funkcí M0, která zastaví chod programu a dovolí obsluze smazat soubor, do kterého se mají ukládat data. Vstup pro upozornění by mohl vypadat jako na následujícím obrázku.

```
Soubor: Upozorneni.a      Řádek: 5      Sloupec: 1      INSERT
"Pozor";
"Před spuštěním programu je doporučeno,";
"aby byl smazán soubor, do kterého";
"se již zapisovala naměřená data.";
"Pozor";
[END]
```

Obr. 6-1 Vzor upozornění

Zápis do programu takovéhoho výstražného textu rovnou na obrazovku je zobrazený na Obr. 6-2.

```
FN 16: F-PRINT
tnc:\protokoly\upozorneni.a /
SCREEN:
M0
```

Obr. 6-2 Ukázka zápisu upozornění

Po zapnutí programu se ihned zobrazí upozornění uprostřed obrazovky na řídicím panelu stroje, které bude odpovídat tomu na Obr. 6-3.



Obr. 6-3 Tabulka s upozorněním

6.3.2 Souhrnný výsledek z měření

Každý výstupní protokol obsahuje parametr „Q180“. To zajistí, že se dá zkontrolovat, zda měřený rozměr je správně vyrobený. Pokud by výstupní protokol byl vytvořený z několika měření, tak by bylo časově náročnější přechíst všechna měření a rozhodnout, zda jsou všechna v pořádku. V takovém případě by bylo možné upravit program, který by obsahoval měření takovým způsobem, že by na konci celého protokolu bylo zapsáno, zda všechna měření jsou v pořádku, či jestli je některé mimo toleranční meze.

Nejprve se vytvoří podprogram. Ten může vypadat následovně jako na Obr. 6-4. Jedná se o program, který je nazvaný „kontrola“ a má příponu „.h“. Tvorba tohoto podprogramu je z toho důvodu, že bude potřeba vyvolat za každou funkci „F-Print“.

```

0  BEGIN PGM kontrola MM
1  FN 9: IF +Q180 EQU +0 GOTO LBL 50
2  FN 9: IF +Q180 EQU +1 GOTO LBL 51
3  LBL 50
4  Q1999 = 0
5  LBL 0
6  LBL 51
7  LBL 0
8  END PGM kontrola MM

```

Obr. 6-4 Podprogram

Nyní je vhodné vytvořit vstupní protokol, který bude vyvoláván na konci hlavního programu. Jak by mohl vypadat takovýto vstupní protokol umístěný na konci je na Obr. 6-5.

```

Soubor: Ukonceni.a           Řádek: 2           Sloupec: 1           INSERT
"Mereni je zdarile: %9.0LF", Q1999;
" ";
[END]

```

Obr. 6-5 Návrh konečného vyhodnocení měření

Při psaní hlavního programu, což je program obsahující samotné měření a případně i výrobu, je nezbytné, aby hned na počátku bylo napsáno, že nějaký Q-parametr, byl roven jedné. V ukázce je využito „Q1999“, to jaké je to číslo záleží na tom, jak jsou využívány Q-parametry. Nesmí dojít k jeho přemazání jiným způsobem, než jaký zde bude uvedený.

Při uvádění funkce „F-Print“ bylo řečeno, že je nezbytné, aby za každým měřícím cyklem byla zapsána tato funkce. Nyní k tomu přibývá ještě nezbytnost zavolání podprogramu. Ten se zavolá pomocí tlačítka, které je uvedené na Obr. 6-6.

```

PGM
CALL

```

Obr. 6-6 Tlačítko "PGM CALL"

Po zvolení předešlého tlačítka se rozšíří spodní panel a zobrazí se nabídka podle Obr. 6-7.

| | | | | | | | |
|---------|-------------------|--------------|----------------|--|--|--|--|
| Program | Tabulka nul. bodů | Tabulka bodů | ZVOLIT KONTURU | | | | |
|---------|-------------------|--------------|----------------|--|--|--|--|

Obr. 6-7 Lišta "PGM CALL"

V této liště se zvolí možnost „Program“. Kde je potřeba zapsat název souboru buď úplnou cestu, nebo jen název pokud je program a podprogram v jedné složce. Také je možné využít možnosti „VYBER OKNA“, která umožňuje uživateli vybrat soubor, který obsahuje podprogram. Na následujícím obrázku bude zobrazeno, jak by takovýto celý zápis vypadal.

```
TCH PROBE 421 MERENI DIRY
Q273=+0 ;STRED 1. OSY
Q274=+0 ;STRED 2. OSY
Q262=+0 ;ZADANY PRUMER
Q325=+0 ;START. UHEL
Q247=+90 ;UHLOVA ROZTEC
Q261=+0 ;MERENA VYSKA
Q320=+0 ;BEZPECNOSTNI VZDAL.
Q260=+100 ;BEZPECNA VYSKA
Q301=+1 ;NAJET BEZPEC.VYSKU
Q275=+0 ;MAX. ROZMER
Q276=+0 ;MIN. ROZMER
Q279=+0 ;TOLERANCE 1. STREDU
Q280=+0 ;TOLERANCE 2. STREDU
Q281=+1 ;PROTOKOL MERENI
Q309=+0 ;PGM STOP TOLERANCE
Q330=+0 ;NASTROJ
Q423=+4 ;POCET MERICICH BODU
Q365=+1 ;ZPUSOB POHYBU
FN 16: F-PRINT TNC:\Protokoly\421.a
/ TNC:\Vystup.a
CALL PGM kontrola
```

Obr. 6-8 Ukázka zápisu měřícího cyklu s ukládáním dat a podprogramem

Pokud je hlavní program napsaný, tak je potřeba nakonec zapsat funkci „F-Print“, která může vypadat jako na Obr. 6-9. Tato funkce vypíše na konec výstupního protokolu, zde „Vystup.a“, zda jsou měřené hodnoty v pořádku, či nikoliv.

```
FN 16: F-PRINT
TNC:\Protokoly\Ukonceni.a /
TNC:\Vystup.a
```

Obr. 6-9 Poslední funkce "F-Print" v programu

Podprogram má za úkol přepisovat „Q1999“ podle toho, zda měřený parametr je v tolerančních mezích či nikoliv. Proto je na začátku hlavního programu nezbytné nastavit hodnotu jedna, jelikož se předpokládá, že výroba je bezchybná. Pokud by některý měřený rozměr byl mimo toleranční pole, znamenalo by to, že parametr „Q1999“ by se přepsal na nulu a už by nebylo možné ho změnit zpět. To znamená, že by se do vstupního souboru „Ukonceni.a“ uložila hodnota nula. Na konci výstupního protokolu by tedy bylo napsáno, že některá z hodnot nenabývá požadovaného rozměru.

7 Hodnocení

V předchozím textu bylo uvedeno kompletní řešení zadané práce pomocí funkce „F-Print“. Tato funkce je velice efektivní, jelikož její zápis je rychlý a jednoduchý, a při tom je výstup z této funkce velice rozsáhlý a komplexní. Tato komplexnost záleží na předem vytvořených vstupních protokolech, které mohou být vytvářeny mimo pracovní stroj. Výstup z této funkce je jeden jediný soubor, jenž má v programu nastavený název. Proto není potřeba slučování více souborů.

Jelikož samotné měření a zaznamenání dat nebylo shledané jako zcela postačující, navrhly se i možné zlepšení tohoto řešení. A to pomocí upozornění obsluhy na nezbytnost smazání změřených dat z předchozího měření (pouze pokud se volí vždy stejný název výstupního souboru). Druhé zlepšení zjednodušuje práci obsluhy, jelikož výstupní protokol bude obsahovat na konci jediný řádek, kde bude napsáno, zda naměřené hodnoty jsou v tolerančních mezích. Při využití této pomocné funkce je však spotřeba času na vytvoření protokolu o něco málo delší.

Výstup je jen jeden jediný soubor, proto je velice rychlé a jednoduché vložit tato data z měření do jakéhokoliv programu, který by vytvořil reprezentativní formát protokolu z měření.

8 Závěr

Měření obrobkovou sondou postupně získává své místo ve výrobní sféře, jelikož usnadňuje konstrukci přípravků a dovoluje psát inteligentní programy. Pokud jsou tyto programy napsané správně, jsou schopné automaticky rozpoznávat přesnost výroby a podle naměřených hodnot postupovat tak, aby byla výroba co nejpřesnější. Využití této techniky však není schopné nahradit přesné měřicí stroje. Vyjmutý obrobek ze stroje nelze znovu upnout do stroje takovým způsobem, aby mohlo probíhat obrábění pro dosažení větší přesnosti výroby. Z tohoto důvodu se používá měřicí sonda, abychom proměřili obrobek ještě před vyjmutím ze stroje.

První část je zpracována jako rešeršní práce, kde je čtenář uveden do problematiky měření obrobkovou sondou. Na úvodu je řečeno, do které části metrologie měření obrobkovou sondou spadá. Další část uvádí možnosti využití sondy pro měření obrobku, ustavení obrobku na upínacím stole a nastavení vztažného bodu obrobku. Poté jsou uvedeny parametry a základní informace o možnostech a konstrukci sond od rozdílných výrobců. Tato část práce je ukončena přehledem jednotlivých měřících cyklů v systémech iTNC 530 a Sinumerik 840D sl.

Druhá část obsahuje samotné řešení problému pouze v řídicím systému iTNC 530. V úvodní části je nastíněno několik variant ukládání dat z měření. Jednotlivé varianty jsou rozdílné v mnoha ohledech a každá má své výhody a nevýhody, proto bylo potřeba zvolit kritéria, podle kterých se poté vybrala nejvhodnější varianta. Zvolená varianta řešení využívá Q-parametrů, což jsou proměnné parametry v řídicím systému. Funkce „F-Print“ je náročná na přípravu, která se může provést mimo stroj, avšak v tomto případě jsou vstupní protokoly již připravené, a proto odpadá nutnost jejich tvorby. Tato varianta je vhodná zejména díky jednoduchému zápisu v programu a možnosti snadného upravení výsledného protokolu. Dále řešení touto funkcí poskytuje nejjednodušší vložení dat do formátu, který odpovídá požadavkům pro kvalitní reprezentaci naměřených dat.

Smyslem práce bylo navrhnout nejlepší variantu ukládání dat z měření na řídicím systému iTNC 530. Čehož bylo dosaženo pomocí funkce „F-Print“. Problém které toto řešení může mít je v tom, že každý člověk může mít rozdílné požadavky na výstupní protokol, a proto je složité vybrat vhodný obsah vstupního protokolu.

Práce může být podkladem pro řešení dalších prací zaměřených na parametrické programování. Jelikož data, která sonda přečte, se mohou dále zpracovávat a při obrábění mohou být používány pro programy, které si budou sami upravovat potřebné korekce pro obrábění.

Seznam použitých zdrojů

- [1] MÁDL., Jan, Jindřich KAFKA, Martin VRABEC a Rudolf DVOŘÁK. *Technologie obrábění: 1. díl*. Praha: ČVUT, 2000, 79 s. ISBN 80-010-2091-6.
- [2] ZAHRADNÍK, Jiří, Luděk PISKAČ, Václav PFEIFER a Josef FORMÁNEK. *Elektrická výzbroj obráběcích strojů*. 1. vyd. V Plzni: Západočeská univerzita, 2006, 183 s. ISBN 80-704-3494-5.
- [3] FIŠEROVÁ, Věra. *Snímání tvarově složitých součástí*. Plzeň, 2000. 681.332.3 MRF-sel. Písemná práce ke státní doktorské zkoušce. Západočeská univerzita v Plzni.
- [4] HÁNEK, Pavel. Slovník VÚGTK: vztažný bod. *VUGTK: uvodni stranka* [online]. c 2005 - 2014 [cit. 2014-01-06]. Dostupné z: http://www.vugtk.cz/slovník/3553_vztazny-bod
- [5] Dotykové sondy. *Rotační snímače, úhlové snímače, Řízení obráběcích strojů* [online]. c 2012 [cit. 2014-01-06]. Dostupné z: <http://content.heidenhain.de/presentation/elearning/CZ/index/1271254390575/1271254390575.html>
- [6] Měření obrobku. *Rotační snímače, úhlové snímače, Řízení obráběcích strojů* [online]. c 2010 [cit. 2014-01-06]. Dostupné z: <http://content.heidenhain.de/presentation/tastsysteme/cs/index/1264212617853/1264212617742/1264212617675/1264212617766/1264212617717/1264212617717.html#..%2F..%2F..%2F..%2F..%2Findex%2F1264212617853%2F1264212617742%2F1264212617742.html&1264212617742&2&a-1264212617742>
- [7] HÁNEK, Pavel. Slovník VÚGTK: reprodukovatelnost měření. *VUGTK: uvodni stranka* [online]. c 2005 - 2014 [cit. 2014-01-06]. Dostupné z: http://www.vugtk.cz/slovník/4223_reprodukovatelnost-mereni
- [8] HEIDENHAIN S.R.O. *Dotykové sondy: pro obráběcí stroje*. Česká Republika, 2013. Dostupné z: http://www.heidenhain.cz/cs_CZ/dokumentace-informace/dokumentace/prospekty/
- [9] BLUM-NOVOTEST GMBH. *Měřicí sonda TC50/TC51/TC52*. Germany, 2005. Dostupné z: http://www.mbmpraha.cz/stroje/specifikace/TC_CZ.pdf
- [10] RENISHAW S.R.O. *Vysoce přesná optická strojní sonda OMP400*. Brno, 2011. Dostupné z: www.renishaw.cz/omp400
- [11] RENISHAW S.R.O. *RMP60 – rádiová sonda pro obráběcí stroje*. Brno, 2010. Dostupné z: <http://www.renishaw.cz/cs/nova-obrobkova-sonda-rmp60--19257>
- [12] HEIDENHAIN S.R.O. *Příručka uživatele: Programování cyklů iTNC 530*. Germany, 2013. Dostupné z: http://content.heidenhain.de/doku/tnc_guide/html/en/index/1242135142456/1242135142480/1371448829923/1371448829923.html
- [13] SIEMENS. *SINUMERIK 840D sl / 828D: Měřicí cykly*. Německo, 2012. 6FC5398-4BP40-3UA0. Dostupné z: http://www.google.cz/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CCwQFjAA&url=http%3A%2F%2Fcache.automation.siemens.com%2Fdn1_iis%2FTk%2FTk1NjA2MQA_A_64932357_HB%2FBNMsl_0212_cs_cs-CZ.pdf&ei=XTHLUq3UMsnF7AbxnIDoCw&usg=AFQjCNHNh2YeWwYU8itK-hzoFNKnO3PtMQ&sig2=bX48l0Ye-G87KaG-2PUNCg&bvm=bv.58187178,d.ZGU&cad=rja

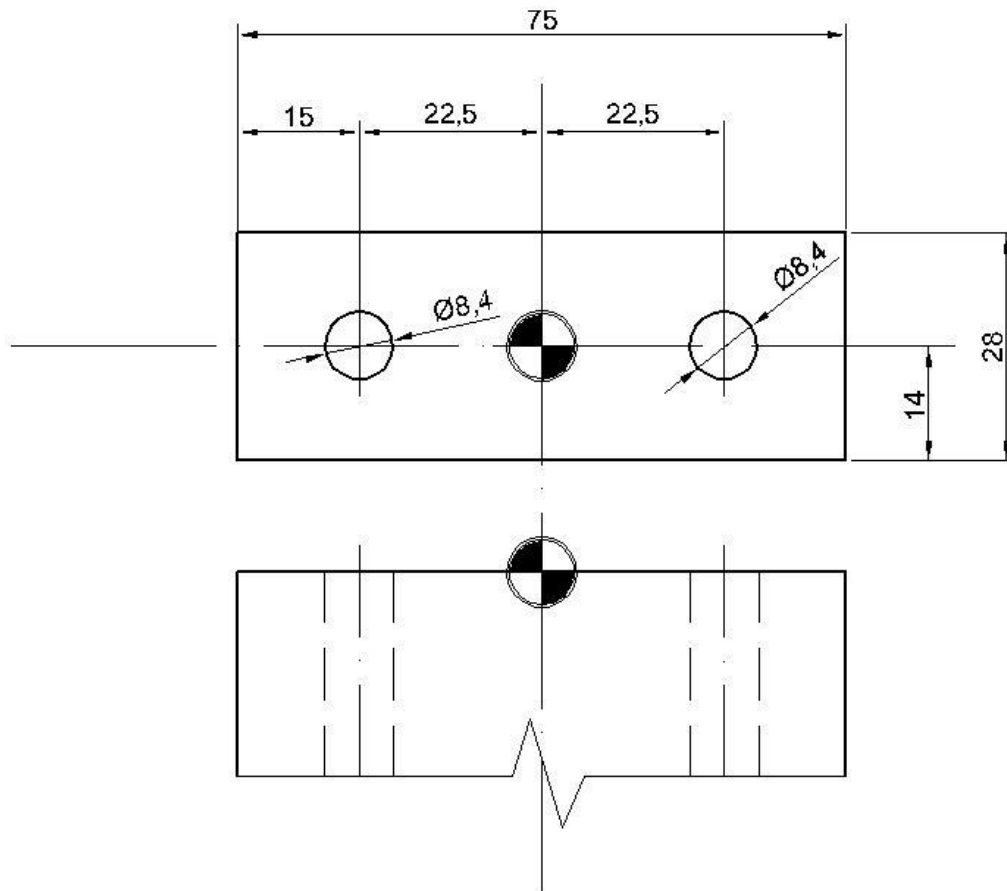
- [14] Infrared Touch Probe For Mechanical Activation. In: *Modern Machine Shop* [online]. 2013 [cit. 2013-12-11]. Dostupné z: <http://www.mmsonline.com/products/infrared-touch-probe-for-mechanical-activation>
- [15] HEIDENHAIN S.R.O. *Průručka uživatele: Popisný dialog HEIDENHAIN iTNC 530*. Germany, 2013. Dostupné z: http://content.heidenhain.de/doku/tnc_guide/html/en/index/1242135142456/1242135142480/1371448829923/1371448829923.html
- [16] Stack Overflow: Delphi - how to get a list of all files of directory. In: *Stack Overflow* [online]. © 2014 [cit. 2014-03-31]. Dostupné z: <http://stackoverflow.com/questions/3027561/delphi-how-to-get-a-list-of-all-files-of-directory>
- [17] STANĚK, Jiří a Jiří NĚMEJC. *Metodika zpracování a úprava diplomových (bakalářských) prací*. 1. vyd. Plzeň: Západočeská univerzita, 2005, 58 s. ISBN 80-704-3363-9.
- [18] ŠOLAR, Zdeněk. *Větrná elektrárna jako obrobek*. Plzeň, 2013. 621.9 MRF. Bakalářská práce. Západočeská univerzita, Fakulta strojní, Katedra technologie obrábění.
- [19] DREXLER, Tomáš. *Návrh frézovacího zařízení pro soustruhy SR upínaného do revolverové hlavy se svislou osou otáčení*. Plzeň, 2013. ISBN 621.914.2 MRF. Diplomová práce. Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta strojní, Katedra konstruování strojů.

Příloha č.1

Ukázka měření

Tato příloha slouží pro ukázkou toho, jak vypadá část měřícího programu a protokol z měření, který vydá řídicí systém iTNC 530 po použití funkce „F-Print“.

Výkres měřené součásti:



Část programu zaměřená na měření:

```
TCH PROBE 424 MERENI UHLU VNEJSI
Q273=+0 ;STRED 1. OSY
Q274=+0 ;STRED 2. OSY
Q282=+75 ;1. DELKA STRANY
Q283=+28 ;2. DELKA STRANY
Q261=-4 ;MERENA VYSKA
Q320=+10 ;BEZPECNOSTNI VZDAL.
Q260=+100 ;BEZPECNA VYSKA
Q301=+1 ;NAJET BEZPEC.VYSKU
Q284=+75.1 ;MAX. DELKA 1.STRANY
Q285=+74.9 ;MIN. DELKA 1. STRANY
Q286=+28.1 ;MAX. DELKA 2.STRANY
Q287=+27.5 ;MIN.DELKA 2. STRANY
Q279=+0 ;TOLERANCE 1. STREDU
Q280=+0 ;TOLERANCE 2. STREDU
Q281=+0 ;PROTOKOL MERENI
Q309=+0 ;PGM STOP TOLERANCE
Q330=+0 ;NASTROJ
FN 16: F-PRINT TNC:\HONZA\DP_Novak\424.a /
TNC:\HONZA\DP_Novak\Vystup.a
TCH PROBE 421 MERENI DIRY
Q273=+22.5 ;STRED 1. OSY
Q274=+0 ;STRED 2. OSY
```



```
Q262=+8.4 ;ZADANY PRUMER
Q325=+0 ;STARTOVNI UHEL
Q247=+90 ;UHLOVA ROZTEC
Q261=-4 ;MERENA VYSKA
Q320=+0 ;BEZPECNOSTNI VZDAL.
Q260=+100 ;BEZPECNA VYSKA
Q301=+1 ;NAJET BEZPEC.VYSKU
Q275=+8.45 ;MAX. ROZMER
Q276=+8.39 ;MIN. ROZMER
Q279=+0.1 ;TOLERANCE 1. STREDU
Q280=+0 ;TOLERANCE 2. STREDU
Q281=+0 ;PROTOKOL MERENI
Q309=+0 ;PGM STOP TOLERANCE
Q330=+0 ;NASTROJ
Q423=+4 ;POCET MERICICH BODU
Q365=+1 ;ZPUSOB POHYBU
FN 16: F-PRINT TNC:\HONZA\DP_Novak\421.a /
TNC:\HONZA\DP_Novak\Vystup.a
TCH PROBE 421 MERENI DIRY
Q273=-22.5 ;STRED 1. OSY
Q274=+0 ;STRED 2. OSY
Q262=+8.4 ;ZADANY PRUMER
Q325=+0 ;STARTOVNI UHEL
Q247=+90 ;UHLOVA ROZTEC
Q261=-4 ;MERENA VYSKA
Q320=+0 ;BEZPECNOSTNI VZDAL.
Q260=+100 ;BEZPECNA VYSKA
Q301=+1 ;NAJET BEZPEC.VYSKU
Q275=+8.45 ;MAX. ROZMER
Q276=+8.39 ;MIN. ROZMER
Q279=+0.2 ;TOLERANCE 1. STREDU
Q280=+0 ;TOLERANCE 2. STREDU
Q281=+0 ;PROTOKOL MERENI
Q309=+0 ;PGM STOP TOLERANCE
Q330=+0 ;NASTROJ
Q423=+4 ;POCET MERICICH BODU
Q365=+1 ;ZPUSOB POHYBU
FN 16: F-PRINT TNC:\HONZA\DP_Novak\421.a /
TNC:\HONZA\DP_Novak\Vystup.a
```

Výsledný protokol z měření:

Měření obdelníku zvenku

Datum: 24- 3-2014

Cas: 9:57:39

| | |
|--|--------|
| Pozadovana hodnota stredu hlavni osy: | 0.000 |
| Aktualni hodnota stredu hlavni osy: | -0.008 |
| Pozadovana hodnota stredu vedlejsi osy: | 0.000 |
| Aktualni hodnota stredu vedlejsi osy: | -0.000 |
| Pozadovana hodnota delky strany v hlavni ose: | 75.000 |
| Skutecna hodnota delky strany v hlavni ose: | 75.043 |
| Pozadovana hodnota delky strany ve vedlejsi ose: | 28.000 |
| Skutecna hodnota delky strany ve vedlejsi ose: | 28.030 |
| Odchylka stredu hlavni osy: | -0.008 |
| Odchylka stredu vedlejsi osy: | -0.000 |
| Odchylka delky strany v hlavni ose: | 0.043 |

Odchylka delky strane ve vedlejsi ose: 0.030
Status rozmeru: 1

Mereni diry

Datum: 24- 3-2014

Cas: 9:57:54

Pozadovana hodnota stredu hlavni osy: 22.500
Aktualni hodnota stredu hlavni osy: 22.487
Pozadovana hodnota stredu vedlejsi osy: 0.000
Aktualni hodnota stredu vedlejsi osy: 0.076
Pozadovana hodnota prumeru: 8.400
Skutecna hodnota prumeru: 8.512
Odchylka stredu hlavni osy: -0.013
Odchylka stredu vedlejsi osy: 0.076
Odchylka prumeru: 0.112
Status rozmeru: 0

Mereni diry

Datum: 24- 3-2014

Cas: 9:58: 9

Pozadovana hodnota stredu hlavni osy: -22.500
Aktualni hodnota stredu hlavni osy: -22.518
Pozadovana hodnota stredu vedlejsi osy: 0.000
Aktualni hodnota stredu vedlejsi osy: -0.070
Pozadovana hodnota prumeru: 8.400
Skutecna hodnota prumeru: 8.512
Odchylka stredu hlavni osy: -0.018
Odchylka stredu vedlejsi osy: -0.070
Odchylka prumeru: 0.112
Status rozmeru: 0

Po přečtení výsledného protokolu je zřejmé, že velikost měřených děr byla špatně naměřena. „Status rozměru“ je roven nule z toho plyne fakt, že odchylky průměru jsou příliš velké.

Příloha č. 2

Vstupní protokoly

"Vztazna rovina";
"Datum: %2d-%2d-%4d", DAY, MONTH, YEAR4;
"Cas: %3d:%2d:%2d", HOUR, MIN, SEC;
"1. souradnice: %9.3LF", Q115;
"2. souradnice: %9.3LF", Q116;
"3. souradnice: %9.3LF", Q117;
"4. souradnice: %9.3LF", Q118;
"5. souradnice: %9.3LF", Q119;
" ";

"Vztazna rovina polarne";
"Datum: %2d-%2d-%4d", DAY, MONTH, YEAR4;
"Cas: %2d:%2d:%2d", HOUR, MIN, SEC;
"1. souradnice: %9.3LF", Q115;
"2. souradnice: %9.3LF", Q116;
"3. souradnice: %9.3LF", Q117;
"4. souradnice: %9.3LF", Q118;
"5. souradnice: %9.3LF", Q119;
" ";

"Mereni uhlu";
"Datum: %2d-%2d-%4d", DAY, MONTH, YEAR4;
"Cas: %2d:%2d:%2d", HOUR, MIN, SEC;
"Namereny uhel vztazeny k hlavni ose roviny obrabeni %9.3LF", Q150;
" ";

"Mereni diry";
"Datum: %2d-%2d-%4d", DAY, MONTH, YEAR4;
"Cas: %2d:%2d:%2d", HOUR, MIN, SEC;
"Pozadovana hodnota stredu hlavni osy: %9.3LF", Q273;
"Aktualni hodnota stredu hlavni osy: %9.3LF", Q151;
"Pozadovana hodnota stredu vedlejsi osy: %9.3LF", Q274;
"Aktualni hodnota stredu vedlejsi osy: %9.3LF", Q152;
"Pozadovana hodnota prumeru: %9.3LF", Q262;
"Skutecna hodnota prumeru: %9.3LF", Q153;
"Odchylka stredu hlavni osy: %9.3LF", Q161;
"Odchylka stredu vedlejsi osy: %9.3LF", Q162;
"Odchylka prumeru: %9.3LF", Q163;
"Status rozmeru: %9.0LF", Q180;
" ";

"Mereni kruhu zvenku";
"Datum: %2d-%2d-%4d",DAY,MONTH,YEAR4;
"Cas: %2d:%2d:%2d",HOUR,MIN,SEC;
"Pozadovana hodnota stredu hlavni osy: %9.3LF", Q273;
"Aktualni hodnota stredu hlavni osy: %9.3LF", Q151;
"Pozadovana hodnota stredu vedlejsi osy: %9.3LF", Q274;
"Aktualni hodnota stredu vedllejsi osy: %9.3LF", Q152;
"Pozadanova hodnota prumeru: %9.3LF", Q262;
"Skutecna hodnota prumeru: %9.3LF", Q153;
"Odchylka stredu hlavni osy: %9.3LF", Q161;
"Odchylka stredu vedlejsi osy: %9.3LF", Q162;
"Odchylka prumeru: %9.3LF", Q163;
"Status rozmeru: %9.0LF", Q180;
" ";

"Mereni obdelniku zevnitř";
"Datum: %2d-%2d-%4d",DAY,MONTH,YEAR4;
"Cas: %2d:%2d:%2d",HOUR,MIN,SEC;
"Pozadovana hodnota stredu hlavni osy: %9.3LF", Q273;
"Aktualni hodnota stredu hlavni osy: %9.3LF", Q151;
"Pozadovana hodnota stredu vedlejsi osy: %9.3LF", Q274;
"Aktualni hodnota stredu vedlejsi osy: %9.3LF", Q152;
"Pozadovana hodnota delky strany v hlavni ose: %9.3LF", Q282;
"Skutecna hodnota delky strany v hlavni ose: %9.3LF", Q154;
"Pozadovana hodnota delky strany ve vedlejsi ose: %9.3LF", Q283;
"Skutecna hodnota delky strany ve vedlejsi ose: %9.3LF", Q155;
"Odchylka stredu hlavni osy: %9.3LF", Q161;
"Odchylka stredu vedlejsi osy: %9.3LF", Q162;
"Odchylka delky strany v hlavni ose: %9.3LF", Q164;
"Odchylka delky strany ve vedlejsi ose: %9.3LF", Q165;
"Status rozmeru: %9.0LF", Q180;
" ";

"Mereni obdelniku zvenku";
"Datum: %2d-%2d-%4d",DAY,MONTH,YEAR4;
"Cas: %2d:%2d:%2d",HOUR,MIN,SEC;
"Pozadovana hodnota stredu hlavni osy: %9.3LF", Q273;
"Aktualni hodnota stredu hlavni osy: %9.3LF", Q151;
"Pozadovana hodnota stredu vedlejsi osy: %9.3LF", Q274;
"Aktualni hodnota stredu vedlejsi osy: %9.3LF", Q152;
"Pozadovana hodnota delky strany v hlavni ose: %9.3LF", Q282;
"Skutecna hodnota delky strany v hlavni ose: %9.3LF", Q154;
"Pozadovana hodnota delky strany ve vedlejsi ose: %9.3LF", Q283;
"Skutecna hodnota delky strany ve vedlejsi ose: %9.3LF", Q155;
"Odchylka stredu hlavni osy: %9.3LF", Q161;
"Odchylka stredu vedlejsi osy: %9.3LF", Q162;
"Odchylka delky strany v hlavni ose: %9.3LF", Q164;
"Odchylka delky strane ve vedlejsi ose: %9.3LF", Q165;
"Status rozmeru: %9.0LF", Q180;
" ";

"Mereni sirky zevnitř";
"Datum: %2d-%2d-%4d", DAY, MONTH, YEAR4;
"Cas: %2d:%2d:%2d", HOUR, MIN, SEC;
"Pozadovana hodnota merene delky: %9.3LF", Q311;
"Skutecna hodnota namerene delky: %9.3LF", Q156;
"Skutecna hodnota polohy stredove osy: %9.3LF", Q157;
"Odchylka namerene delky: %9.3LF", Q166;
"Status rozmeru: %9.0LF", Q180;
" ";

"Mereni vystupku zvenku";
"Datum: %2d-%2d-%4d", DAY, MONTH, YEAR4;
"Cas: %2d:%2d:%2d", HOUR, MIN, SEC;
"Pozadovana hodnota merene delky: %9.3LF", Q311;
"Skutecna hodnota namerene delky: %9.3LF", Q156;
"Skutecna hodnota polohy stredove osy: %9.3LF", Q157;
"Odchylka namerene delky: %9.3LF", Q166;
"Status rozmeru: %9.0LF", Q180;
" ";

"Mereni souradnice";
"Datum: %2d-%2d-%4d", DAY, MONTH, YEAR4;
"Cas: %2d:%2d:%2d", HOUR, MIN, SEC;
"Pozadovana hodnota souradnice: %9.3LF", Q261;
"Namerena hodnota souradnice: %9.3LF", Q160;
"Status rozmeru: %9.0LF", Q180;
" ";

"Mereni roztecne kruznice";
"Datum: %2d-%2d-%4d", DAY, MONTH, YEAR4;
"Cas: %2d:%2d:%2d", HOUR, MIN, SEC;
"Pozadovana hodnota stredu hlavni osy: %9.3LF", Q273;
"Aktualni hodnota stredu hlavni osy: %9.3LF", Q151;
"Pozadovana hdontoa stredu vedlejsi osy: %9.3LF", Q274;
"Aktualni hodnota stredu vedlejsi osy: %9.3LF", Q152;
"Pozadovana hodnota prumeru roztecne kruznice: %9.3LF", Q262;
"Skutecna hodnota prumeru roztecne kruznice: %9.3LF", Q153;
"Ochylka stredu hlavni osy: %9.3LF", Q161;
"Odchylka stredu vedlejsi osy: %9.3LF", Q162;
"Odchylka prumeru roztecne kruznice: %9.3LF", Q163;
"Status rozmeru: %9.0LF", Q180;
" ";

```
"Mereni roviny";  
"Datum: %2d-%2d-%4d", DAY, MONTH, YEAR4;  
"Cas: %2d:%2d:%2d", HOUR, MIN, SEC;  
"Projekcni uhel osy A: %9.3LF", Q158;  
"Projekcni uhel osy B: %9.3LF", Q159;  
"Prostorovy uhel A: %9.3LF", Q170;  
"Prostorovy uhel B: %9.3LF", Q171;  
"Prostorovy uhel C: %9.3LF", Q172;  
"Namerena hodnota v ose dotykove sondy 1. bodu: %9.3LF", Q173;  
"Namerena hodnota v ose dotykove sondy 2. bodu: %9.3LF", Q174;  
"Namerena hodnota v ose dotykove sondy 3. bodu: %9.3LF", Q175;  
" ";
```