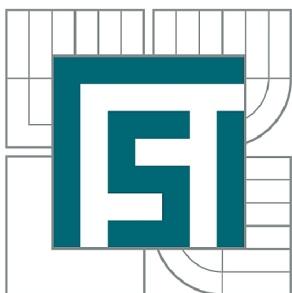


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV MECHANIKY TĚLES, MECHATRONIKY A
BIOMECHANIKY

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF SOLID MECHANICS, MECHATRONICS AND
BIOMECHANICS

VYTVOŘENÍ PROGRAMU PRO ZÁTĚŽOVÉ ZKOUŠKY EL.MOTORŮ-SBĚR DAT ZE SYSTÉMŮ TEPLOTNÍCH SENZORŮ (RS232,USB,PCI DAQ) A VÝKONOVÉHO ANALYZÁTORU (GPIB) V LABVIEW

SOFTWARE FOR LOAD TESTS OF EL.MOTORS-DATA ACQUISITION FROM TEMP.SENSORS
SYSTEMS (RS232,USB,PCI DAQ) AND POWER ANALYZER (GPIB) IN LABVIEW.

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. RADEK ČÍPEK

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. MARTIN NESVADBA

BRNO 2011

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav mechaniky těles, mechatroniky a biomechaniky
Akademický rok: 2010/2011

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Bc. Radek Čípek

který/která studuje v **magisterském navazujícím studijním programu**

obor: **Mechatronika (3906T001)**

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

VYTVORENÍ PROGRAMU PRO ZÁTĚŽOVÉ ZKOUŠKY EL.MOTORŮ-sběr dat ze systémů teplotních senzorů (RS232,USB,PCI DAQ) a výkonového analyzátoru (GPIB) v LabView

v anglickém jazyce:

SOFTWARE FOR LOAD TESTS OF EL.MOTORS-data acquisiton from temp.sensors systems (RS232,USB,PCI DAQ) and power analyzer (GPIB) in LabView.

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Vytvoření programu pro sběr dat ze tří volitelných systémů teplotních senzorů (sběrnice RS232, USB a PCI DAQ), momentové hřídele a výkonového analyzátoru (GPIB) v programu LabView. Implementace výsledků do software pro automatický periodický zápis získaných dat (LabView -> Excel)

Cíle diplomové práce:

Vytvořit fungující program pro sběr dat z několika nezávislých zdrojů s automatickým záznamem takto získaných dat.

Seznam odborné literatury:
<http://www.ni.com/support/>

Vedoucí diplomové práce: Ing. Martin Nesvadba

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2010/2011.

V Brně, dne 18.11.2010

L.S.

prof. Ing. Jindřich Petruška, CSc.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá vytvořením programu pro sběr dat ze tří volitelných systémů teplotních senzorů (sběrnice RS232, USB a PCI DAQ), momentové hřídele a výkonového analyzátoru (GPIB) v programu LabVIEW. Implementace výsledků do software pomocí periodického automatického zápisu získaných dat (LabVIEW → Excel).

Klíčová slova

LabVIEW, motor, test, měření, sběr dat

Abstract

This thesis deals with the creation of a program for collecting data from three optional systems of temperature sensors (RS232, USB and PCI DAQ), torque shaft and a power analyzer (GPIB) in LabVIEW. The implementation of the results to Excel by the automatic periodical writing of the gained data (LabVIEW → Excel).

Key words

LabVIEW, motor, test, measure, data acquisition

Prohlášení o autorství

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci vypracoval samostatně a uvedl jsem všechny použité zdroje a literaturu.

V Brně dne 24.5.2011

Radek Čípek

Poděkování

Na tomto místě bych chtěl poděkovat vedoucímu mé diplomové práce ing. Martinu Nesvadbovi za podporu, připomínky a rady a ostatním, kteří mě podporovali při tvorbě programu a psaní této diplomové práce.

Bibliografická citace

ČÍPEK, R. *VYTVOŘENÍ PROGRAMU PRO ZÁTĚŽOVÉ ZKOUŠKY EL.MOTORŮ-sběr dat ze systémů teplotních senzorů (RS232,USB,PCI DAQ) a výkonového analyzátoru (GPIB) v LabView*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2011. 63 s.
Vedoucí diplomové práce Ing. Martin Nesvadba.

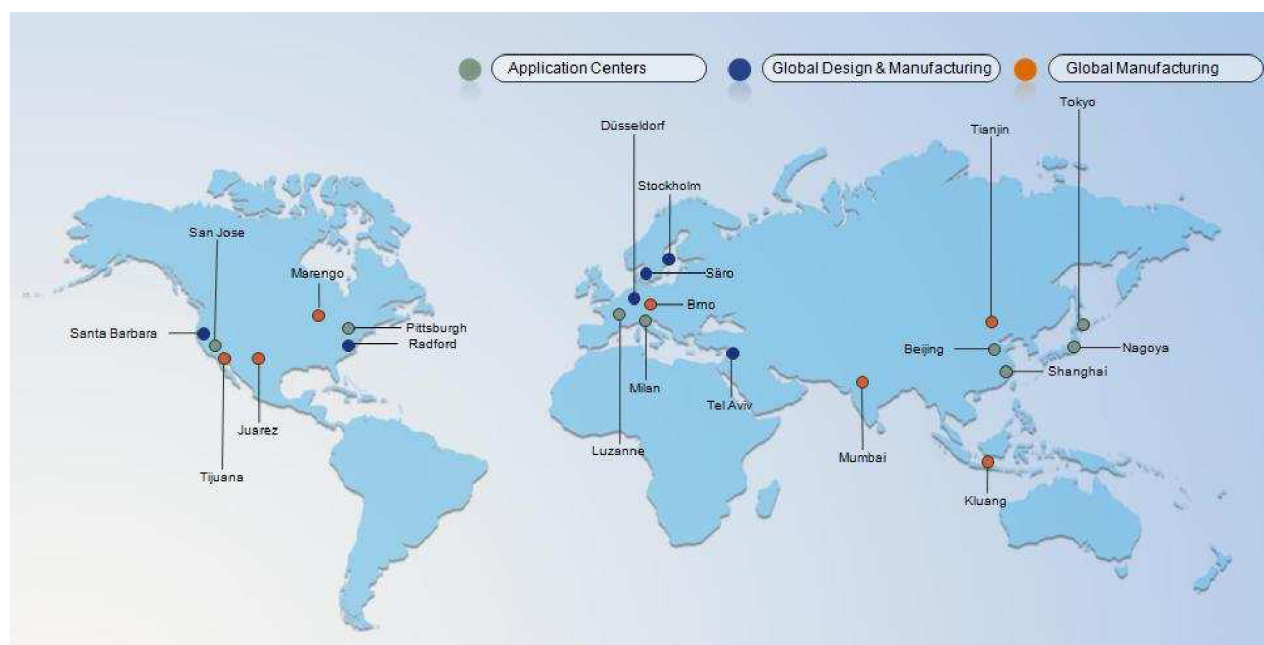
Obsah

1. ÚVOD.....	6
2. FORMULACE PROBLÉMU A STANOVENÍ CÍLŮ.....	7
3. SPOLEČNOST DANAHER	8
4. TYPY PROVÁDĚNÝCH ZKOUŠEK	9
5. HARDWARE A SOFTWARE.....	15
5.1 HARDWARE	15
5.2 SOFTWARE.....	23
6. NÁVRH ČÁSTI PROGRAMU MĚŘENÍ	25
6.1 NASTAVENÍ A INICIALIZACE PŘÍSTROJŮ	26
6.2 WHILE SMYČKA PRO SBĚR DAT	37
6.2.1 Měření odporů vinutí motoru pomocí AOIP OM21	37
6.2.2 Měření z Yokogawy WT 1600	40
6.2.3 Měření z frekvenčního měniče Danaher AC Super Drive.....	42
6.2.4 Měření teploty	43
6.2.4.1 Agilent 34970A	43
6.2.4.2 NI USB-9213	44
6.2.4.3 CA 1000 - CB-68T	46
7. NÁVRH ČÁSTI PROGRAMU UKLÁDÁNÍ DAT	48
8. MĚŘENÍ.....	53
9. ZÁVĚR.....	56
10. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	57
11. SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	58
12. SEZNAM OBRÁZKŮ.....	61
13. PŘÍLOHY	63

1. Úvod

Téma této diplomové práce vyšlo z požadavků společnosti Danaher zabývající se výrobou od různých měřících a kalibrovacích zařízení přes výrobu mechanických ručních nástrojů až po výrobu elektrických motorů, kontrolních mechanismů a mechanických komponent jako například lineární ložiska. Zadané téma je od brněnské pobočky této společnosti firmy Kollmorgen s.r.o., která se zabývá výrobou, vývojem a prodejem elektrických motorů. Součástí vývoje je i testování a měření těchto elektrických motorů podle stanovených norem a výsledky měření je zapotřebí nějakým způsobem ukládat a dále zpracovávat například do grafů. Jelikož bylo nepraktické odečítat všechny hodnoty z přístrojů a ručně je přepisovat do tabulek, bylo zapotřebí toto nějakým způsobem zautomatizovat. Vytvořit program v nějakém prostředí, který by data z těchto přístrojů sám sbíral a v požadovaném čase i sám ukládal. Protože uvedená společnost měla zakoupenou licenci na program LabVIEW, bylo navrženo, že tento program vznikne v tomto grafickém programovacím prostředí.

Společnost Kollmorgen s.r.o. má podobné testovací pracoviště ještě ve švédském Stockholmu a americkém Radfordu. Pokud se tento program osvědčí na brněnském pracovišti, bude jej možné použít i v ostatních dvou lokalitách.



Obrázek 1: Rozmístění společnosti Danaher ve světě [2]

2. Formulace problému a stanovení cílů

Problematika této diplomové práce se týká testování a měření elektrických motorů vyvíjených a vyráběných firmou Kollmorgen s.r.o. Jedná se jak o synchronní tak i asynchronní motory, přičemž asynchronní motory jsou určeny výhradně pro použití v nízkonapěťových trakčních aplikacích, jako je např. vysokozdvizný vozík. Testování se provádí na několika zatěžovacích pracovištích (k dispozici celkem 5). Každé zatěžovací pracoviště (dynamometr) má testovací stolicí pro upevnění testovaného motoru. Napájení motorů při zkouškách probíhá ve většině případů z frekvenčního měniče. Ten může být napájen jak střídavým napětím ze sítě (např. 3x400V nebo 1x230V), tak i stejnosměrným napětím (24-80V), to záleží na aplikaci. Synchronní motory, které jsou používány v průmyslových aplikacích, jsou napájeny vždy frekvenčním měničem napájeným střídavým napětím. Oproti tomu u asynchronních motorů není vždy vhodné použití napájení měniče střídavým napětím (např. u již zmíněných vysokozdvizných vozíků, kde je pro napájení měniče použita baterie). Zde lze proto použít napájení měniče stejnosměrným napětím přímo do jeho meziobvodu. Asynchronní motory lze také napájet i napřímo ze sítě (autotransformátor).

Jak již bylo zmíněno, cílem této diplomové práce je vytvořit program, který bude schopen získávat data z měřících přístrojů, blíže popsanych v kapitole 4. Hardware a software, a zároveň je ukládat do tabulky programu Microsoft Excel, aby je bylo možné dále zpracovávat a dělat z nich grafy. Základní požadavky na jeho funkci jsou následující. Při jeho spuštění by měl uživatel nejprve dostat na výběr, pomocí kterých přístrojů chce měřit teplotu, protože se bude používat vždy jen jeden zdroj a na výběr budou tři přístroje. Ostatní přístroje nemají alternativní zdroje dat. Poté se musí nějakým způsobem navolit, jaký test se bude provádět, protože u všech testů se nebudou ukládat všechny hodnoty a naměřené hodnoty se musí uložit do správné záložky v tabulce v Excelu. Pro účely měření teploty by se mělo dát vybrat kolik J termočlánků je použito a případně i možnost zapsání nějaké poznámky ke každému. Má zde být také funkce pro měření odporu jednotlivých vinutí motoru. V neposlední řadě se musí také dát nastavit doba, po jaké se mají naměřená data automaticky ukládat. Například při měření teploty při oteplovacích zkouškách stačí snímat hodnoty cca jednou za půl hodiny.

3. Společnost Danaher

Strategické oblasti, kterým se věnuje společnost Danaher:

Životní prostředí: Hach Lange, Gilbarco Veeder

Testování a měření: Fluke Corporation, Fluke Networks, Tektronix

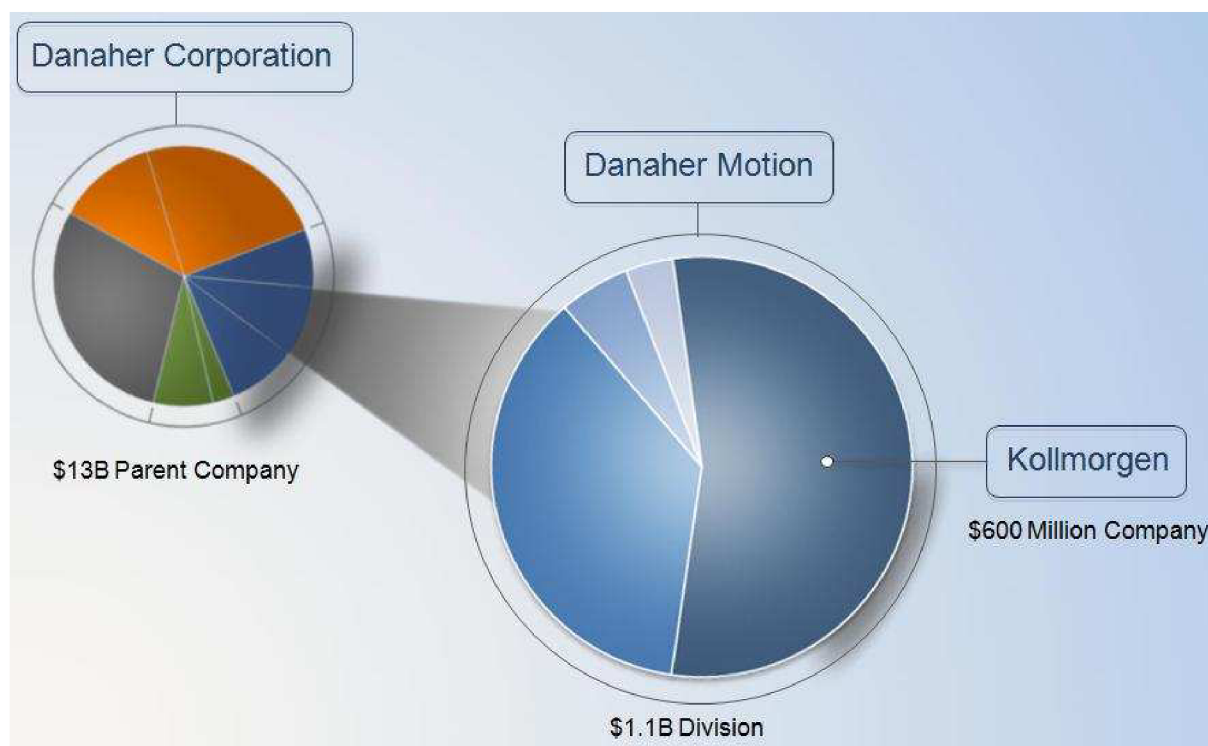
Dentální: KaVo

Biologický výzkum a diagnostika: Radiometer, Leica Microsystems a Leica Biosystems

Pohony: Kollmorgen

Identifikace produktu: Videojet

Kollmorgen (přejmenován z Danaher Motion) poskytuje inovační řešení kombinující flexibilitu, preciznost, výkonnost a spolehlivost pro různorodé aplikace jako jsou robotika, invalidní vozíky, vysokozdvížné vozíky, elektrická vozidla a balicí stroje.

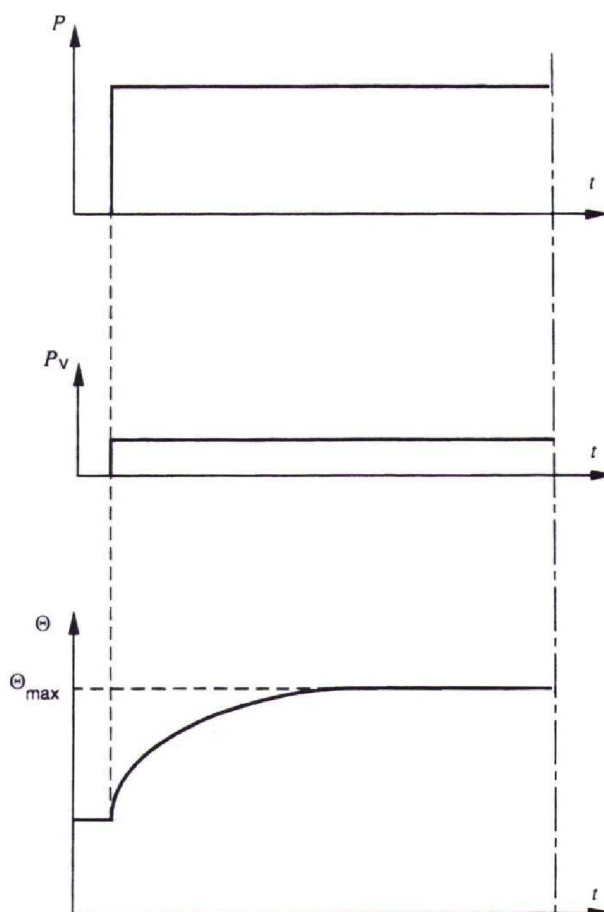


Obrázek 2: Kollmorgen v rámci společnosti Danaher [2]

4. Typy prováděných zkoušek

Na zkoušených motorech se provádí několik typů zátěžových zkoušek. Jedním z nich jsou oteplovací zkoušky, jejichž průběh je daný normou ČSN EN 60034-1 [3]. Tato norma stanovuje, jakým způsobem se má zatěžovat motor pro konkrétní typ zkoušky, přičemž definuje deset typů zatěžování S1 až S10, které se liší dobou nebo hodnotou zatížení, zda motor i elektricky brzdí, zda se i rozbíhá, nebo zda se mění jeho otáčky. Firma Kollmorgen s.r.o. provádí následující čtyři typy těchto měření:

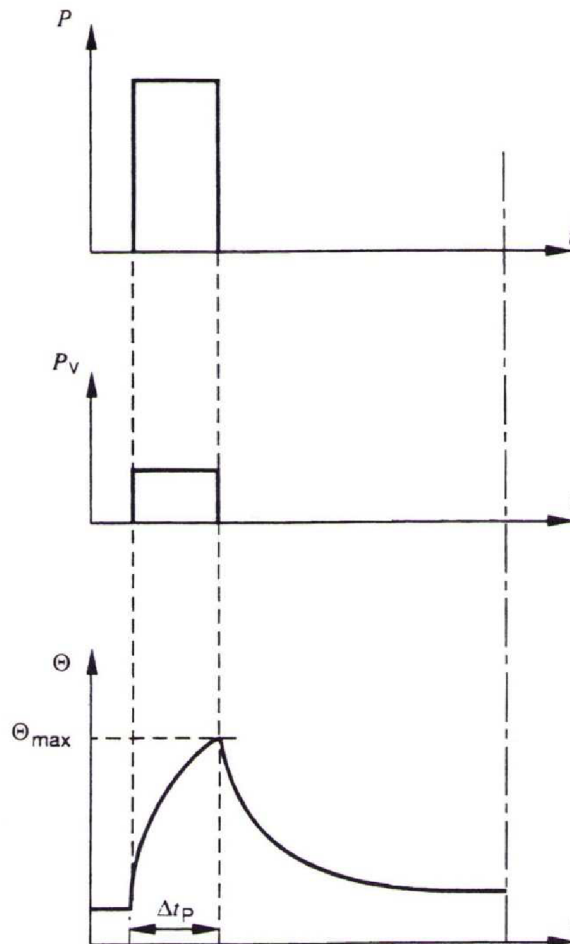
Zatížení S1 - Trvalé zatížení: jedná se o provoz při konstantním zatížení, přičemž doba měření musí být tak dlouhá, aby došlo k ustálení teploty vinutí motoru. Testované motory jsou v teplotní třídě F (max. 155°C), tedy obvyklá hodnota ve vinutí je po ustálení přibližně 140°C, kdy se v testu po ustálení pokračuje po dobu 30 až 60 minut, jak ukazuje obrázek 3.



Obrázek 3: Průběh zkoušky S1

Kde P je zatížení, P_v jsou elektrické ztráty, Θ je teplota, Θ_{max} je maximální dosažená teplota a t je doba.

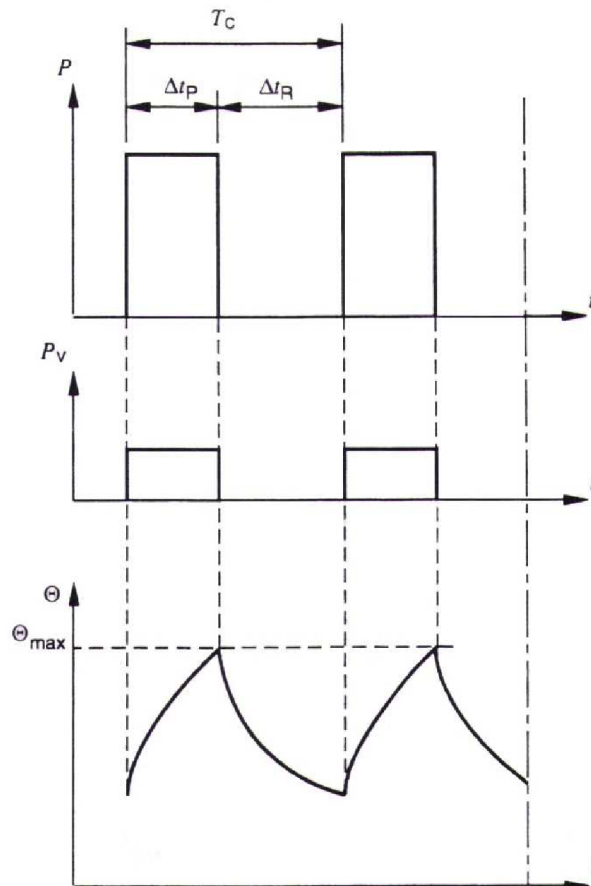
Zatížení S2 - Krátkodobý chod: jedná se o provoz při konstantním zatížení po určité stanovenou dobu, která je typicky 60 minut, a která je kratší než doba potřebná k ustálení teploty motoru, a po které následuje odpojení a klid motoru na dobu dostatečně dlouhou, aby došlo k opětovnému ustálení teploty motoru na teplotě chladiva, jak ukazuje obrázek 4.



Obrázek 4: Průběh zkoušky S2

Kde P je zatížení, P_v jsou elektrické ztráty, Θ je teplota, Θ_{max} je maximální dosažená teplota, t je doba a Δt_p je doba chodu při konstantním zatížení.

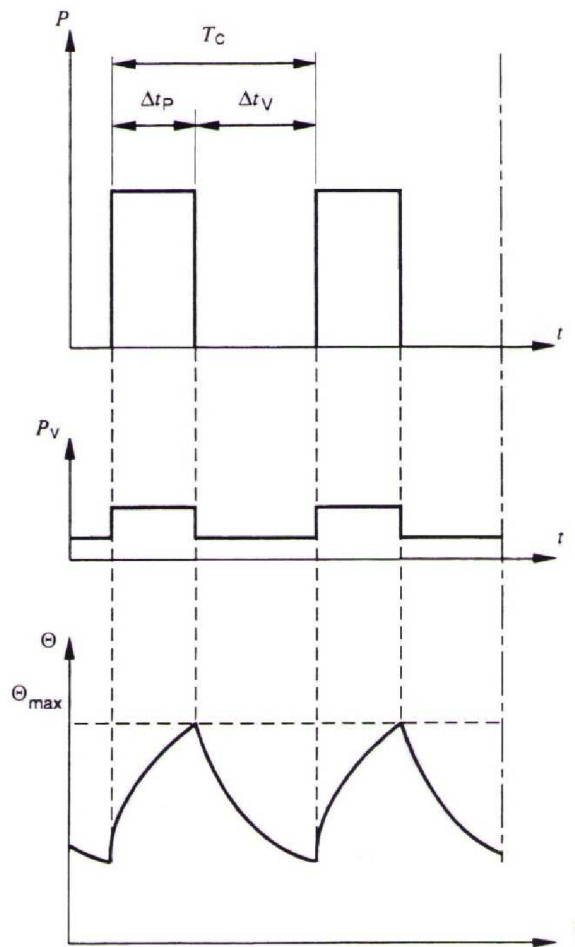
Zatížení S3 - Přerušovaný chod: Jde o sled stejných pracovních cyklů, z nichž každý obsahuje dobu provozu např. 1,5 minuty a následně dobu odpojení a klidu 8,5 minuty. Tedy zatěžovatel, což je v procentech vyjádřený podíl doby provozu a doby trvání pracovního cyklu, je 15%. Přičemž cyklus je takový, že rozběhový proud podstatně neovlivňuje oteplení. Průběh cyklu znázorňuje obrázek 5.



Obrázek 5: Průběh zkoušky S3

Kde P je zatížení, P_V jsou elektrické ztráty, Θ je teplota, Θ_{max} je maximální dosažená teplota, t je doba, T_C je doba jednoho zatěžovacího cyklu, Δt_P je doba chodu při konstantním zatížení a Δt_R doba odpojení a klidu.

Zatížení S6 - Přerušované zatížení: Jedná se o sled stejných pracovních cyklů, z nichž každý zahrnuje dobu provozu při konstantním zatížení a dobu provozu při chodu naprázdno. V tomto cyklu není doba odpojení a klidu. Průběh cyklu znázorňuje obrázek 6.



Obrázek 6: Průběh zkoušky S6

Kde P je zatížení, P_v jsou elektrické ztráty, Θ je teplota, Θ_{max} je maximální dosažená teplota, t je doba, T_c je doba jednoho zatěžovacího cyklu, Δt_p je doba chodu při konstantním zatížení a Δt_v doba chodu naprázdno.

Ostatní zkoušky definuje dokument Product testing for General Induction Motor [5] společnosti Kollmorgen..

Dalším typem zkoušky je zkouška naprázdno při teplotě vinutí odpovídající pokojové teplotě. Přípustný rozsah teplot ve zkušebně je v rozmezí 15 až 25 °C. Tato zkouška se provádí postupným zvyšováním napětí, kdy zaznamenáváme data po krocích (např. po třech voltech až po hodnotu kdy dosáhneme max. přípustného proudu pro daný testovaný motor). Pro každou napěťovou úroveň bychom měli mít nejlépe dva zaznamenané kroky. Zaznamenávaná data jsou rychlost motoru, jeho napětí, proud, výkon ve všech třech fázích a

celkový výkon. Tento test se musí provést co nejrychleji (popřípadě test na nezbytně nutnou dobu přerušit), aby se motor co nejméně ohřál.

Běžnější provedení zkoušky naprázdno je při teplotě vinutí 100°C (jedná se o teplotu termočlánku umístěného v tomto vinutí, jeho přípustný rozsah je 90 až 110°C). Celá tato zkouška má stejný průběh jako zkouška naprázdno při pokojové teplotě s tím rozdílem, že se musí v průběhu měření kontrolovat, jestli je teplota vinutí v žádaném rozmezí 90 až 110°C.

Další zkouška je zkouška se zablokovaným rotorem při pokojové teplotě. Přípustné rozmezí teplot ve zkušební laboratoři je opět 15 až 25°C. Průběh je následující, musí se bezpečně zablokovat rotor motoru tak, aby nedocházelo k jeho protáčení. Poté se na motor přivede napětí, které pro něj znamená 70 až 100% maximálního proudu. Maximální proud v tomto stavu však nesmí být přiváděn déle jak deset vteřin. V rozmezí od maximálního proudu do nuly by mělo být postupným snižováním napětí (tedy i proudu) provedeno zaznamenání hodnot minimálně pětkrát, přičemž veličiny se snímají stejně jako u zkoušky naprázdno. Tento test by se měl opět provést co nejrychleji, aby se motor oteplil co nejméně.

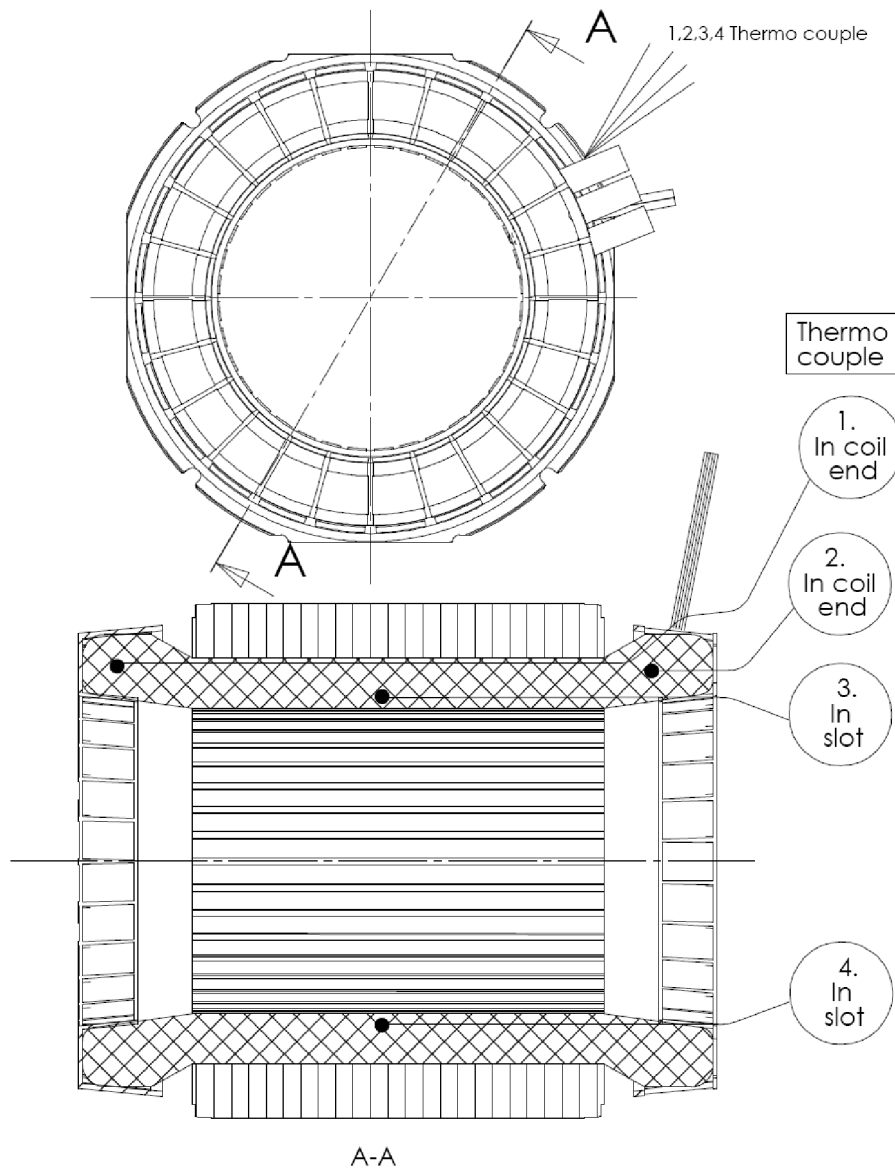
Také zkouška se zablokovaným rotorem se běžněji provádí při teplotě vinutí 100°C, dovolený rozsah teplot měřený termočlánky ve vinutí je 90 až 110°C. Samotný test by měl začít při teplotě 90°C, přičemž při testu se při zablokovaném rotoru motor oteplí. Průběh testu je jinak stejný jako při testu se zablokovaným rotorem při pokojové teplotě.

Další zkouškou je test při konstantním napětí a s proměnným točivým momentem při rozsahu teploty vinutí 90 až 110°C. Na hřídel motoru se připojí zátěž. Velikost zátěže odpovídá max. proudu testovaného motoru a následně se po krocích zátěž snižuje (např. po 20Nm) a pro každý tento krok se zaznamenávají hodnoty. Měli bychom zaznamenat alespoň 10 zátěžových bodů.

Posledním měřením je test při konstantním krouticím momentu a nastavovaném napětí. Rozsah teplot měřených termočlánky ve vinutí motoru je opět 90 až 110°C. Vezme se hodnota krouticího momentu při nejlepší účinnosti z předcházející zkoušky a tato hodnota zatížení v Nm se nastaví na motoru. Poté se opět pokračuje v měření po jednotlivých napětíových krocích (např. po 4V) a zaznamenáme hodnoty pro každý tento krok.

Rozmístění termočlánků ve vinutí motoru je znázorněno na obrázku 7. Termočlánky jsou vsunuty přímo do vinutí. Po jednom jsou umístěny na každé straně konce vinutí a po

jednom ve středu nahoře a dole. Další termočlánek je umístěn na povrchu motoru a další měří teplotu okolí. Ten je umístěn nejméně v metrové vzdálenosti od motoru a musí být umístěn tak, aby nebyl ovlivňován prouděním vzduchu například z ventilátorů nebo od počítače, což by jej mohlo oteplít.

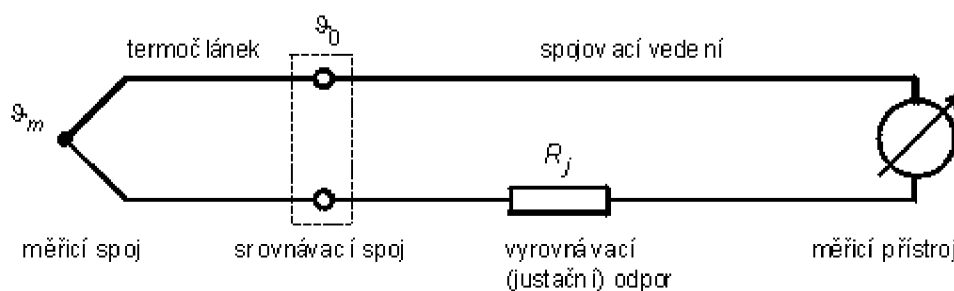


Obrázek 7: Rozmístění termočláneků ve vinutí statoru [4]

5. Hardware a software

5.1 Hardware

Měřicí přístroje jsou dány následující. Jedná se o tři přístroje k měření teploty pomocí termočlánků typu J. Termočlánky jsou čidla pro měření teploty založená na principu termoelektrického jevu. Termočlánek je sestavený ze dvou různých kovů, přičemž teplotu měří mezi dvěma spoji tohoto materiálu. Schéma zapojení můžeme vidět na obrázku 8.



Obrázek 8: Schéma zapojení termočlánku [6]

Hodnota vytvořeného termoelektrického napětí je přímo úměrná rozdílu teplot mezi těmito dvěma spoji, přičemž studený konec musí mít nějakou referenční známou teplotu, od které se zjistí teplota na horkém konci. Měřená teplota tedy není absolutní. V praxi se místo studeného konce používá tzv. kompenzace studeného konce (cold junction compensation CJC). Tato kompenzace lze realizovat několika způsoby. Například přímo zadáním referenční hodnoty nebo využitím zabudované kompenzace v přístroji (teplota se měří např. termistorem nebo diodou). V případě našeho typu J jsou materiály železo a měď-nikl. Teplotní rozsah J termočlánku je přibližně -200°C až 750°C . Druhý používaný typ K je z materiálů nikl-chrom a nikl-hliník, jehož teplotní rozsah je přibližně -200°C až 1200°C . Požadované vlastnosti termočlánku jsou závislé na jeho materiálu a konstrukci. Nejvyšší povolená teplota je dána bodem tání a chemickou odolností materiálů, vodiče musí být izolovány a kryty materiálem s dobrou tepelnou vodivostí.

První zařízení je od společnosti National Instrument a to skříň pro příslušenství CA 1000 se zabudovanou kartou CB-68T. Tato skříň komunikuje s počítačem přes rozhraní GPIB (General Purpose Interface Bus, je to rozhraní pro měřicí a zkušební přístroje, umožňuje uskutečnit přenos dat mezi dvěma a více přístroji). Toto zařízení používali ve firmě

Kollmorgen doposud, ale z důvodu ne zcela přesného měření, kdy zařízení někdy hlásilo jinou teplotu lišící se několika stupni celsia při stejných podmínkách, se jej rozhodli zcela nahradit dalšími dvěma přístroji. Ve vytvářeném programu se však bude počítat s možností měřit i tímto zařízením.



Obrázek 9: skříň CA 1000 s kartou CB-68T

Některé vlastnosti CB-68T: 68 pinová svorkovnice pro montáž do CA1000

14 analogových vstupních kanálů

dva 26ti pinové konektory pro digitální vstupy a výstupy

senzor pro CJC (cold-junction compensation)

Další přístroj, který pro tento účel nakoupili, je také od společnosti National Instrument a to NI USB-9213. Tento měřicí přístroj komunikuje s počítačem pomocí rozhraní USB. Skládá se z nosiče NI USB-9162 a vlastního měřícího zařízení NI 9213.

Některé vlastnosti: až 60 kanálů na zařízení

až 500 vzorků za vteřinu na jeden kanál

K získávání hodnot napětí, proudů a výkonů slouží digitální wattmetr Yokogawa WT 1600 připojený také přes GPIB. Napětí měří přímo, k získání hodnot proudů jsou použity proudové sondy. Je k němu připojena také momentová hřídel, díky čemuž měří i rychlost a krouticí moment.



Obrázek 12: Yokogawa WT 1600

Některé vlastnosti: frekvenční rozsah DC 0,5 Hz až 1 MHz

Přesnost: $\pm 0.1\%$

rozsah vstupního proudu 10 mA až 5 A nebo 1 A až 50 A

rozsah vstupního napětí 1,5 V až 1000V

až 6 vstupních prvků do jednoho přístroje

Pomocí GPIB se připojuje také mikroohm metr AIOP OM 21, pomocí něhož se měří odpor na fázích motoru.



Obrázek 13: AOIP OM 21

Některé vlastnosti: měření od nízkých hodnot až do 20 k Ω

vysoká přesnost 0,3% RDG

rozlišení 0,1 $\mu\Omega$

Pro získávání informací z výkonového měniče Danaher AC SuperDrive motor controller napájecího měřený elektrický motor slouží rozhraní CAN. Ten je k počítači připojen přes USB rozhraní pro CAN Kvaser Leaf Ligth HS. CAN, což je zkratka pro Controller Area Network, je sériová datová sběrnice, která byla původně vyvinuta pro automobilový průmysl s cílem omezení stále rostající se kabeláže (CAN komunikace probíhá na dvou vodičích) a zvýšením spolehlivosti. Později se rozšířila do oboru průmyslové automatizace. Žádosti o přenosy na této sběrnici jsou zpracovávány podle jim přidělené priority. Rychlost až 1 Mb/s. My budeme pro toto rozhraní používat komunikační protokol CANopen s mechanismem přenosu zpráv SDO (Service Data Objects). Jedná se o potvrzovaný přenos dat libovolné délky s přímým přístupem k položkám adresáře objektů. To znamená, že hodnoty námi požadovaných parametrů jsou dostupné v adresáři objektů, který obsahuje mimo jiné i část obecné specifikace zařízení. Všechny parametry (objekty) v tomto adresáři jsou definovány svým indexem a subindexem a svojí délkou (princip této komunikace je lépe popsán např. v [7]). Pomocí těchto indexů a subindexů budeme získávat

parametry z frekvenčního měniče Danaher AC Super Drive (v textu též někdy užita zkratka ACS).



Obrázek 14: Kvaser Leaf Ligth HS

Některé vlastnosti Kvaser Leaf Ligth HS:

USB rozhraní pro CAN

Přenos CAN zpráv s přesností 100 μ s

Nízká spotřeba proudu 70 mA



Obrázek 15: Frekvenční měnič Danaher AC Super Drive

Průmyslový počítač Axiomtek eBOX639-822-FL, pro který byl program vyvíjen. Má dva PCI sloty, ve kterých jsou vloženy dvě PCI karty a to NI PCI GPIB IEEE 488.2 a NI PCI 4351.

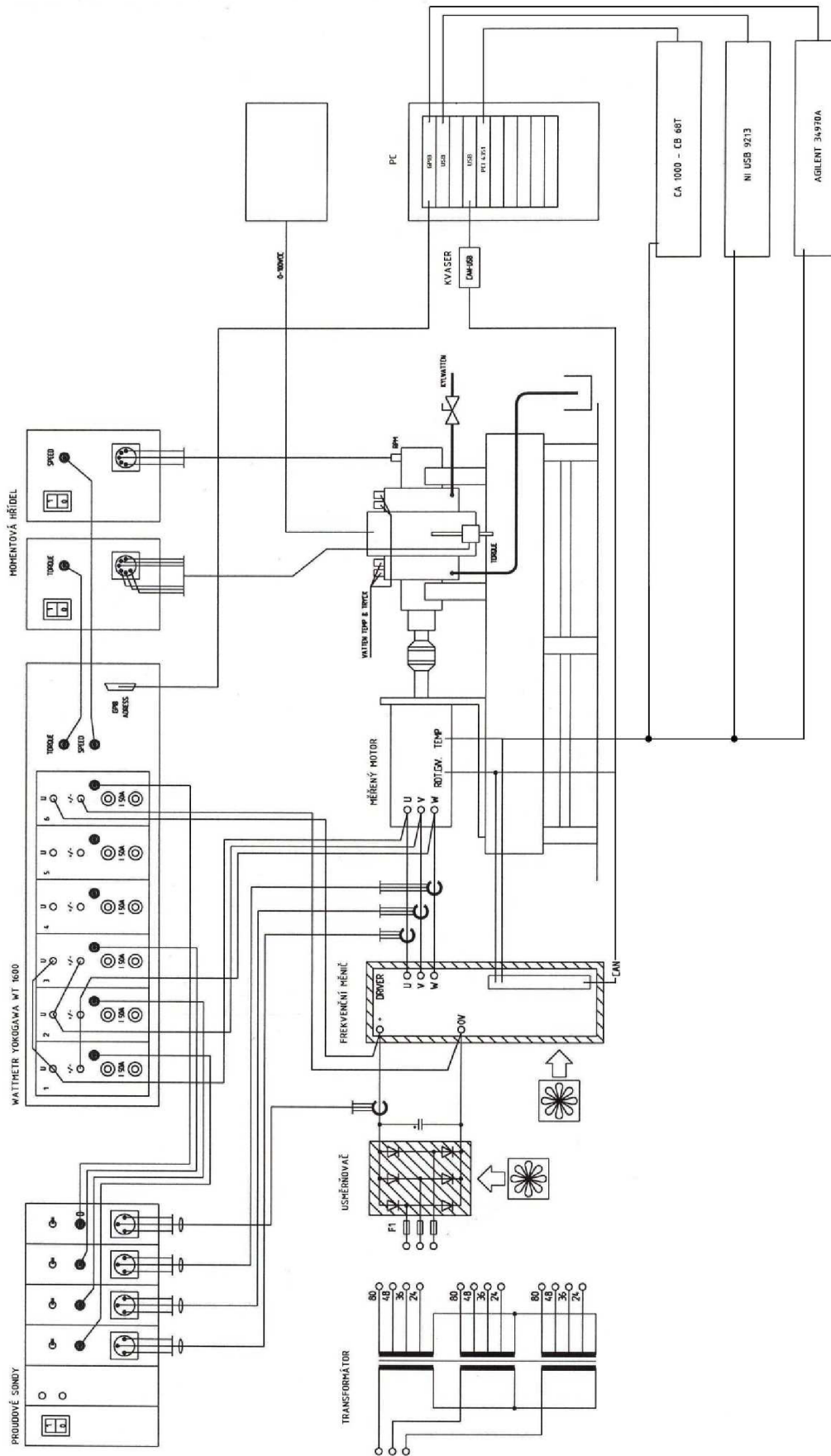


Obrázek 16: Průmyslový počítač Axiomtek eBOX639-822-FL

Některé jeho vlastnosti:

- procesor Intel Pentium 1,8 GHz/400M/2M
- operační paměť 1 GB
- operační systém Windows 7
- bez ventilátoru
- napájecí napětí 16V až 28V DC
- 3 x vstup RS 232
- 6 x vstup USB
- 2 x PCI slot

Schéma propojení výše zmiňovaných a popsaných přístrojů je znázorněno na obrázku 17.



Obrázek 17: Schéma propojení

5.2 Software

Software pro tento program byl zvolen, jak již bylo zmíněno v úvodu, LabVIEW od firmy National Instruments. Je to grafické programovací a vývojové prostředí vhodné k programování systémů pro měření, kontrolních systémů a jiného testování. Toto prostředí jde propojit s velkým množstvím hardwarových zařízení, pro které má firma NI bohatou podporu na svých webových stránkách. Nabízí také mnoho vestavěných knihoven pro pokročilou analýzu a vizualizaci dat. Vytvářené programy v tomto prostředí jsou virtuální instrumenty, tzv. VI. Tato virtuální instrumentace umožňuje nahradit hardwarové prostředky prostředky virtuálními. Na front panelu aplikace VI si tedy můžeme vytvořit jakoby čelní panel nějakého reálného přístroje s různými ovladači a indikátory a v bloku diagramů naprogramujeme samotný program. Toto řešení umožňuje rychlý návrh nové aplikace a také rychlé provedení změny v již vytvořené aplikaci, což by u skutečného přístroje znamenalo výměnu skutečných součástí, což by mohlo být nejen časově ale i finančně náročné. Programování se provádí, na rozdíl od klasického programování, kde se píšou řádky s textem, intuitivně pomocí grafických ikon, které se navzájem propojují virtuálními vodiči. Díky tomuto grafickému rozhraní můžeme například sledovat datový tok programem.

Společnost Kollmorgen měla zakoupenou licenci na verzi LabVIEW 6.1, a tak jsem program začal tvořit v této verzi. Ze stránek technické podpory National Instruments [12] je zapotřebí po zaregistrování se stáhnout několik ovladačů pro výše popisované přístroje. Nejdříve je to ovladač pro PCI kartu NI PCI-4351 a nainstalovat jej. Poté jsou to ovladače pro jednotlivá konkrétní zařízení, a to pro HP-34970A, Yokogawa WT 1600 a AIOP OM21. Dále je potřeba stáhnout ovladač ze stránek společnosti Kvaser, výrobce příslušenství pro CAN komunikaci, pro Kvaser Leaf Ligth HS. Pro zařízení měřící teplotu NI USB 9213 je zapotřebí stáhnout balík ovladačů zaměřený na ovladače pro přístroje na sběr dat NI DAQmx. A zde nastal první problém. Jelikož verze LabVIEW 6.1 je již z roku 2002 a tudíž není nejnovější, nejsou již pro ni vytvářeny ovladače a podpory pro novější zařízení, jaké je NI USB 9213, a tyto ovladače verzi 6.1 nepodporují. Hledáním na stránkách NI jsem zjistil, že nejstarší verzí LabVIEW, kterou tyto ovladače ještě podporují, je verze 7.1.1. Přičemž je potřeba mít verzi 7.1 a posléze si z technické podpory NI stáhnout rozšíření na verzi 7.1.1. Po konzultaci s vedoucím práce jsem zjistil, že společnost Kollmorgen vlastní i licenci na verzi 7.1, a tak jsem přešel na tuto novější verzi. Posléze bylo ještě rozhodnuto, že si společnost bude

pořizovat ještě licenci na verzi LabVIEW 8.5, a tak jsem poté přešel na tuto verzi a finální program byl dotvořen a doladován v této verzi.

V průběhu návrhu programu, který probíhal na počítači vybaveném operačním systémem Windows XP, došlo k dalšímu rozhodnutí ze strany společnosti Kollmorgen s.r.o., a to použití průmyslového počítače Axiomtek eBOX639-822-F s operačním systémem Windows 7. Tento počítač měl být použit přímo na zkušebně pro účely měření a já jsem jej dostal k dispozici, abych na něm mohl měřicí program vytvářet. Při instalaci potřebného softwaru na tento počítač jsem zjistil jeden nedostatek systému Windows 7 pro vytvářený program, který ale nebyl zásadní. Jde o to, že společnost National instrument se rozhodla nadále nepodporovat řadu ovladačů, mimo jiné i pro PCI-4351, pro operační systémy Windows Vista a 7. Nebude tedy nadále možné v tomto počítači měřit teplotu pomocí skříně pro příslušenství CA 1000 se zabudovanou kartou CB-68T, protože toto zařízení komunikuje pomocí již zmíněné PCI karty. Zásadní problém to není z toho důvodu, protože toto zařízení, jak již bylo uvedeno v kapitole 4.1 Hardware, se již nadále nebude k měření teploty využívat z důvodu nevyhovující přesnosti měření. Volba výběru tohoto zařízení k měření se v programu nadále nabízí z důvodu možnosti použití programu na počítači s fungující PCI kartou, není s ním však nadále počítáno jako s hlavním zdrojem dat.

Při rozjíždění komunikací s jednotlivými přístroji pomáhá také program Measurement & Automation Explorer (MAX), který je součástí instalace ovladačů přístrojů pro získávání dat NI-DAQxm. Pomocí tohoto programu můžeme kontrolovat připojená a nainstalovaná zařízení, se kterými je momentálně LabVIEW schopno komunikovat, a testovat jejich správnou funkčnost. Také se pomocí tohoto prostředí nastavuje National Instruments hardware a software (je zde přehled nainstalovaného softwaru od National Instruments, můžeme jej odsud spouštět a aktualizovat). Například při měření teploty přístrojem NI USB 9213 zde můžeme nastavit, jaké typy termočlánků budeme používat, nebo u nastavování skříně pro příslušenství CA 1000 nastavíme, že v ní máme zabudovanou kartu CB-68T. Tento program ale umožňuje také vytvářet virtuální přístroje, pokud nemáme k dispozici skutečný přístroj. Toto umožňuje otestovat programy pro některé přístroje bez jejich skutečné přítomnosti. Další funkcí v tomto programu je vytváření tzv. tasků neboli úloh. Aby se nemuselo nastavování jednotlivých přístrojů provádět před každým měřením, vytváříme pro tento přístroj tento task. V tasku je nastavené např. kolik bude použito měřících kanálů a individuální nastavení pro každý kanál. Při tvoření programu pak již nebudeme muset celé toto nastavení vytvářet znovu, pouze si zavoláme tento task, ve kterém je vše uloženo.

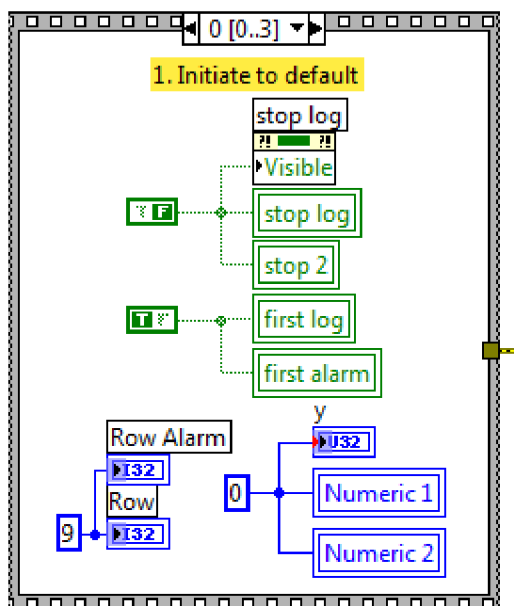
6. Návrh části programu měření

Začátkem tvoření programu v LabVIEW je založení tzv. projektu, ve kterém se dále vytváří a ukládají námi vytvářená VI, subVI, tasky pro jednotlivá zařízení, dají se zde vytvářet globální proměnné, na které lze odkazovat z více VI a subVI (SubVI je VI, které je vloženo do jiného VI. Mohou to být například části programu, které spolu souvisejí, a v rámci šetření místa na obrazovce je vložíme do nového VI, nyní subVI. Tomuto subVI se ještě vytvoří konektor, který mu umožňuje propojení virtuálními dráty s dalšími ikonami v základním VI (toto bude lépe popsáno dále v textu)), mohou se zde vytvořit odkazy na manuály k souvisejícím částem projektu nebo je zde možnost vytvoření exe souboru z tohoto projektu, což je výhodné, má-li se vytvořený program spouštět např. na počítači bez nainstalovaného LabVIEW. Vytvořením exe souboru vznikne soubor, ve kterém jsou uloženy všechny VI a subVI, tasky a potřebné knihovny. Přepsáním koncovky tohoto souboru .exe na např. .zip získáme archivační soubor ze kterého po rozbalení získáme zpět obsah projektu (jednotlivá VI, subVI). Pokud ovšem nechceme, aby měl uživatel možnost nahlédnout do tohoto obsahu a např. blokových diagramů jednotlivých VI, je zde možnost vytvoření exe souboru, ze kterého se to již zjistit nedá. Vytvoření projektu sebou nese několik výhod. Při programování je vidět, co všechno do programu patří (VI, subVI, tasky...). Vzniká tím menší šance např. na pomíchání částí vytvářeného programu s jinými nesouvisejícími soubory. Výhoda je také možnost mít v tomto projektu uložený celý task, tedy nastavení pro konkrétní měřicí přístroj. Ve verzi bez možnosti vytvoření projektu totiž i při vytvoření tasku přímo z LabVIEW vznikne pouze odkaz na tento task vytvořený v programu Measurement & Automation Explorer. Pokud se vytvářený program používá pouze na jednom počítači, nemusí toto až tolik vadit. Pokud se ale program přenesse na jiný počítač, nastane tato situace. V programu je uložený odkaz na task v programu MAX, jenže v tomto počítači tento task není uložen a tak se musí vytvořit znovu. Pokud máme ale vytvořený projekt, tento task se spolu s programem přenesse do jiného počítače a toto nemusíme řešit.

Jelikož jsem ovšem já začínal program vytvářet ve verzi LabVIEW 6.1, která vytvoření projektu ještě neumožňovala, byl tak program nejprve tvořen bez této výhody z jednotlivých VI a subVI a předělán na projekt až po získání verze LV 8.5, což je samozřejmě možné.

6.1 Nastavení a inicializace přístrojů

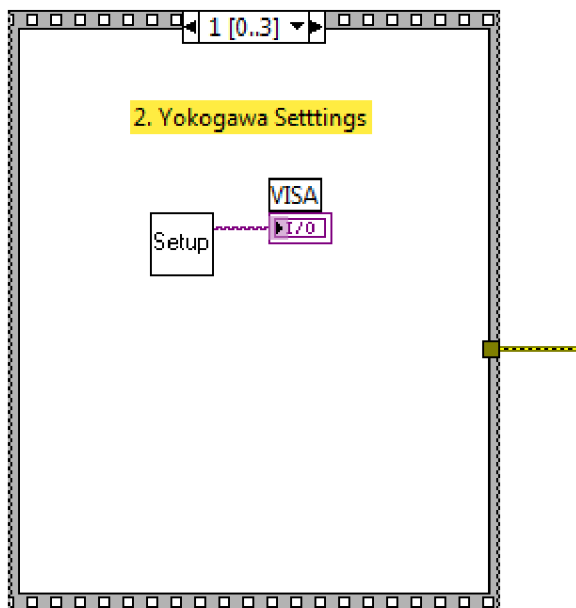
Než se začne provádět realizace samotného zjišťování dat z přístrojů, musíme nejprve těmto přístrojům dát vědět, jaké má být jejich námi požadované nastavení, tedy například jaké veličiny po nich budeme požadovat, v jakých jednotkách je má měřit a v jakém rozsahu. Toto nastavení postačuje provést jen jednou za dobu chodu programu, a proto se provede jen na začátku. Program proto začíná skládanou sekvenční strukturou obsahující 4 po sobě se spouštějící části (frames), které obsahují nastavení těchto parametrů. Některé se provedou automaticky samy, jiné vyžadují zásah uživatele po naskočení dialogového okna pro nastavení například požadovaného přístroje.



Obrázek 18: Frame 1

První frame, znázorněný na obrázku 18, slouží spíše pro nastavení požadovaného chodu programu. Protože ukládání naměřených dat bude probíhat do předem připravené tabulky v programu Microsoft Excel, budou dány buňky, do kterých se mají data ukládat. Tato tabulka je výstup z tohoto měření, slouží v podstatě jako protokol o měření. Jsou v ní tedy informace nejen o měřených veličinách, ale i jiné, jako např. typ motoru a jiné. Na prvních řádcích tedy budou tyto informace a naměřená data se budou ukládat až od řádku číslo 9. Podobně při ukládání případných alarmů při překročení stanovené teploty. Dále je potřeba zneviditelnit tlačítko STOP LOG na obrazovce pro zastavení nahrávání pomocí funkce Property Node s vlastností visible (zobrazí se až po zadání příkazu k nahrávání dat) a nastavení její booleanské proměnné na false. Stejně tak pro lokální proměnnou stop 2. Pokud

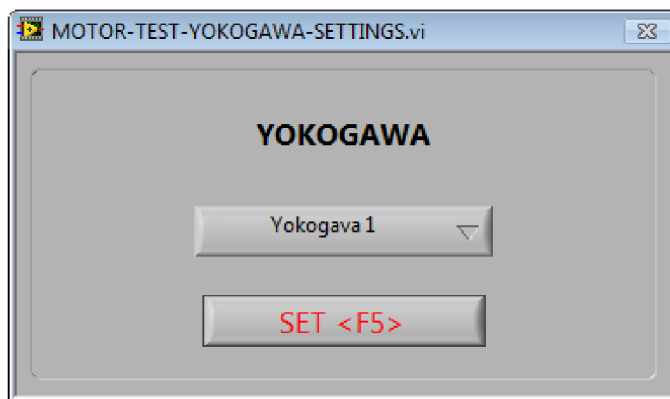
bychom to tam nedali a program spustili dvakrát po sobě, lokální proměnná stop 2, která se řídí stop tlačítkem měřící smyčky a zastavuje měřící smyčku, by si pamatovala hodnotu true a smyčku pro záznam dat by hned ukončila. Do proměnných first log a first alarm načteme hodnotu true, což nám pomůže později při ukládání dat. Dále zde nastavujeme hodnotu nula pro tři numerické proměnné Numeric 1, Numeric 2 a y pro potřebu dalšího vývoje programu, který bude vysvětlen později.



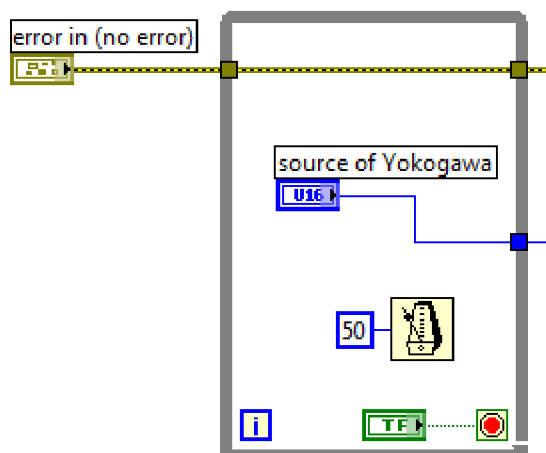
Obrázek 19: Frame 2

Ve druhém framu probíhá nastavení a inicializace wattmetru Yokogawa WT 1600. Zde by nebyl potřeba žádný zásah uživatele a vše by se nastavilo samo, ale v průběhu vytváření programu bylo rozhodnuto firmou Kollmorgen s.r.o., že mají v plánu v budoucnu dokoupit ještě jeden přístroj Yokogawa a bylo by dobré na to v tomto programu pamatovat. Proto, když dojde na spuštění tohoto framu, tak se spustí subVI s názvem MOTOR-TEST-YOKOGAWA-SETTINGS.vi, kde uživatel dostane na výběr, ze kterého přístroje Yokogawa chce brát data. Tento výběr je realizován smyčkou while, která probíhá stále dokola, dokud na vstup podmínky pro její ukončení není přivedena hodnota true ze stop tlačítka, v programu nazvaného SET <F5> (je možné místo myši použít klávesnici a k potvrzení volby zmáčknout klávesu F5). Tu zmáčkneme po výběru zdroje Yokogawy po vyrolování nabídky. Ve smyčce while je také vloženo zpoždění, které dovolí spustit smyčku až po proběhnutí určitého násobku milisekund, v našem případě je to 50. Toto opatření je z následujícího důvodu. Program LabVIEW uděluje smyčce while takovou vlastnost, že její obsah probíhá co

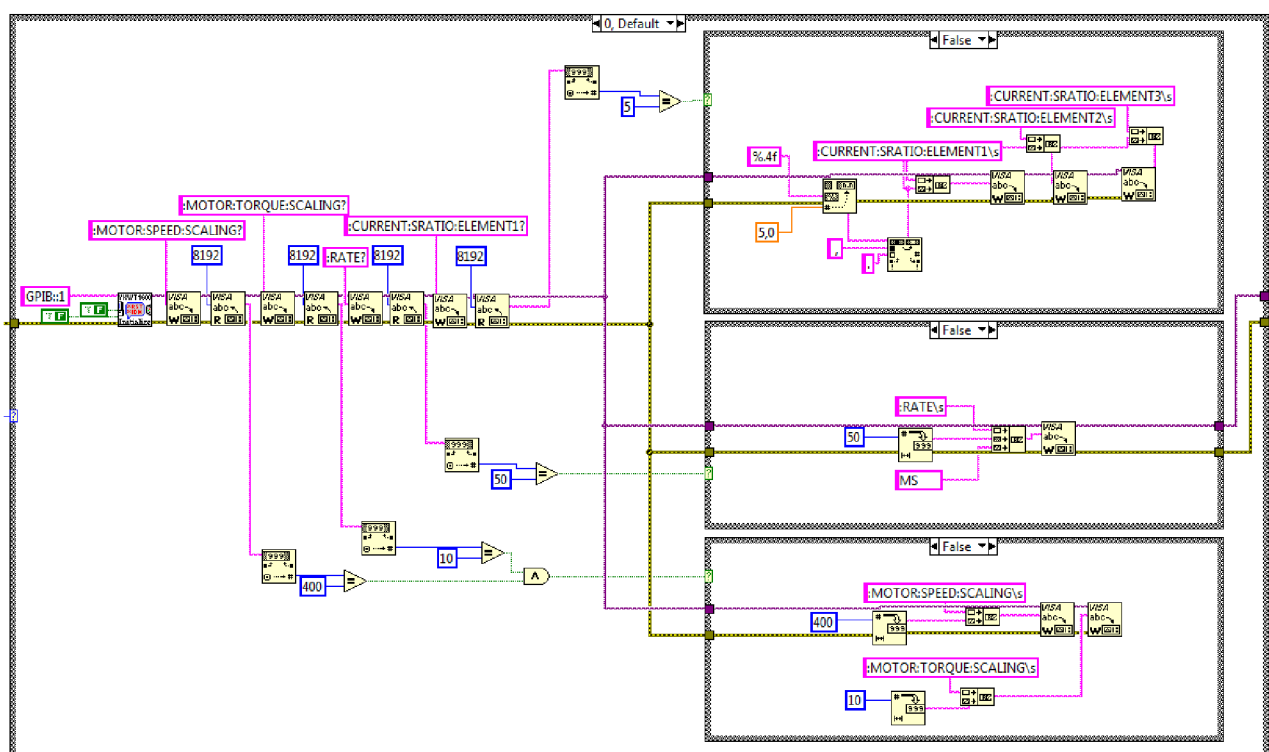
nejrychleji, lépe řečeno tak rychle, jak to zvládne procesor počítače, což zbytečně zatěžuje procesor, a tímto opatřením se to omezí. Po vybrání tohoto přístroje dojde na řadu jeho požadované nastavení. Zařízení Yokogawa WT 1600 může komunikovat prostřednictvím VISA (Virtual Instrument Software Architecture), což je standardní rozhraní pro programování přístrojů. Pomocí VISA lze řídit jak GPIB rozhraní, tak sériové, USB, ethernet, PXI nebo VXI. VISA usnadňuje práci, není třeba se učit komunikační protokol pro každé konkrétní zařízení, konkrétní zařízení má svoji knihovnu těchto high level VISA ovladačů skládajících se z univerzálních low level funkcí. Při komunikaci pomocí VISA je potřeba znát tyto pojmy: Zdroj (Resource), což je zařízení, se kterým se bude komunikovat. Pro komunikaci se zařízením se musí otevřít tzv. VISA session, což je něco jako komunikační kanál. Po navázání tohoto session obdržíme tzv., VISA session number, což je jedinečné číslo pro tento přístroj, které se pak používá při použití každé související VISA funkce. Také se používá ještě tzv. popis nástroje (Instrument descriptor), což je přesný název zdroje (Resource), který obsahuje typ použitého rozhraní (v našem případě GPIB, adresu zařízení (v našem případě 1, celý instrument descriptor má podle dané gramatiky tedy tvar GPIB::1).



Obrázek 20: Dialogové okno subVI MOTOR-TEST-YOKOGAWA-SETTINGS.vi



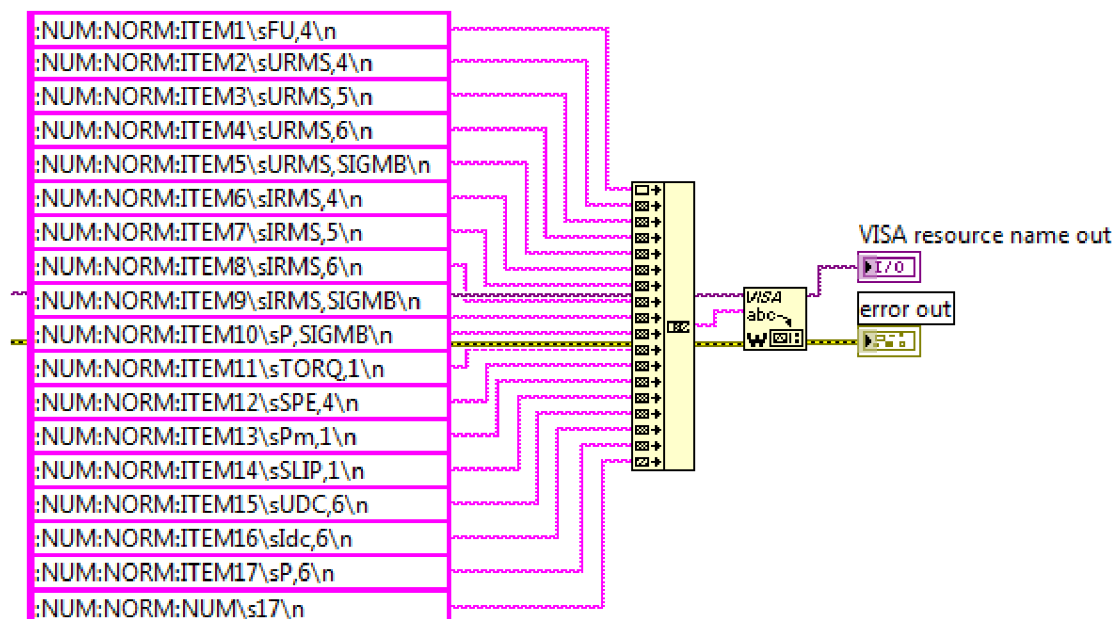
Obrázek 21: První část blokového diagramu subVI MOTOR-TEST-YOKOGAWA-SETTINGS.vi



Obrázek 22: Druhá část blokového diagramu subVI MOTOR-TEST-YOKOGAWA-SETTINGS.vi

Vraťme se k zajištění požadovaného nastavení zařízení Yokogawa WT 1600. Nejprve tedy musíme navázat spojení (session), tzv. inicializovat. K tomu slouží funkce Inicialize, do níž přivedeme řetězec (string, je to řetězec znaků, které můžou být buď zobrazovatelné, tedy textové zprávy, nebo nezobrazovatelné, tedy řídicí znaky. Nejvíce se používá tabulka znaků ASCII) s Instrument deskriptorem a dvě booleanské proměnné false (nepravda) pro reset přístroje a dotaz na jeho identifikaci. Poté se postupně Yokogawy pomocí příkazu VISA write

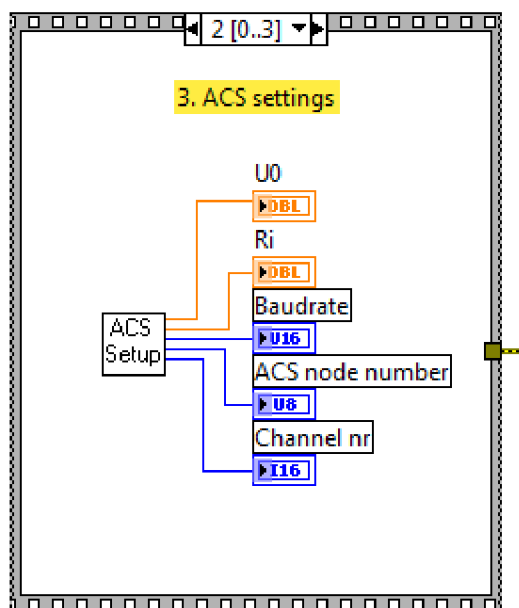
zeptáme na jeho aktuální nastavení a pomocí příkazu VISA read si jej načteme zpět. K měření rychlosti a krouticího momentu se používá momentové hřídele, kterých může být více typů a podle toho jaký máme typ, tak musíme na Yokogawě nastavit odpovídající měřítko. Nejprve tedy zjistíme nastavení měřítka pro rychlost (:MOTOR:SPEED:SCALING?) a krouticí moment (:MOTOR:TORQUE:SCALING?). Pokud tyto přečtené hodnoty z wattmetru odpovídají námi požadovaným hodnotám pro naši momentovou hřídel, nebude se již nadále s tímto nastavením nic dělat, pokud ovšem jedna z těchto hodnot bude jiná, v case struktuře se vyhodnotí stav jako false (nepravda) a toto nastavení se provede následujícím způsobem. Nejprve se požadovaná čísla měřítka převedou na řetězec string, poté se funkcí Concatenate strings přidají za řetězec, ve kterém je příkaz pro toto nastavení, a pomocí funkce VISA write se tento příkaz pošle do Yokogawy. Další nastavovanou veličinou je rychlost aktualizace. Námi požadovaná je 50ms. Opět tedy vyšleme příkaz pro zjištění této hodnoty (:RATE?). Pokud přečtená hodnota odpovídá námi požadovaným 50 ms, case struktura nastavující tuto rychlost se vyhodnotí jako true (pravda). Pokud ne, opět se, jako v případě u nastavování poměru u rychlosti nebo krouticího momentu, sestaví příkaz na nastavení 50 ms a pošle se do zařízení. To stejné jako u měření rychlosti a momentové hřídele platí i při měření proudů. Je potřeba nastavit Yokogawu pro konkrétní typy proudových sond. Proto pošleme dotaz na nastavený koeficient (:CURRENT:SRATIO:ELEMENT1?) a výsledek porovnáme s požadovaným. Pokud se neliší, je to v pořádku a case struktura provede case false, tedy nic nenastaví. Pokud se liší, příslušná case struktura provede case true, tedy provede se nastavení Yokogawy pro všechny tři proudové sondy stejným způsobem sestavení a odeslání příkazu, jako u nastavení rychlosti, krouticího momentu nebo rychlosti aktualizace.



Obrázek 23: Třetí část blokového diagramu subVI MOTOR-TEST-YOKOGAWA-SETTINGS.vi

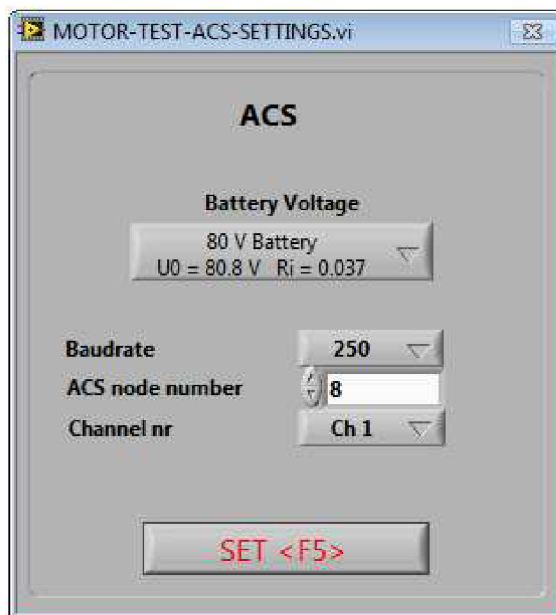
Po nastavení přístroje Yokogawa se složí seznam příkazů v řetězcích string, jak ukazuje obrázek 23. Tyto příkazy se opět pomocí funkce Concatenate string vloží do jednoho, pro přístroj srozumitelného příkazu. Tyto příkazy jsou vytvořené podle uživatelského manuálu zařízení Yokogawy WT1600 Digital Power Meter Communication Interface User's Manual [9] a posílají informaci, které hodnoty budeme chtít později z přístroje číst a jsou to následující: frekvence, napětí na všech třech fázích motoru, průměrné napětí na fázích, proud ve všech třech fázích motoru, průměrný proud ve všech fázích, vstupní výkon, krouticí moment, rychlost, výstupní výkon a skluz, napětí baterie, proud baterie a výkon baterie (Jedná se o baterii napájecí frekvenční měnič. Wattmetr Yokogawa toto umožňuje měřit, ale zatím to není fyzicky realizováno. Napájení frekvenčního měniče se při zkouškách ve firmě Kollmorgen prakticky nerealizuje, a proto je to na tuto možnost v programu jen připraveno, ale zatím to nemá co měřit). Předchozí příkaz do ní zapíšeme a vytvoříme terminál, tzv. indikátor (terminál je taková brána, přes kterou prochází data mezi čelní plochou a blokovým diagramem, ale na čelním panelu nemusí být zobrazena, pokud to není potřeba. Indikátor je zobrazovací prvek, ke kterému je možno vytvořit tzv. lokální proměnnou, což je odkaz na tento indikátor.), pro toto spojení, který pomocí konektoru vyvedeme ven ze subVI. Na tento indikátor budeme v průběhu programu odkazovat pomocí lokálních proměnných v momentech, kdy to budeme potřebovat (používání funkcí VISA read a write pro toto

zařízení). SubVI MOTOR-TEST-YOKOGAWA-SETTINGS.vi se uzavře a druhý frame se ukončí.



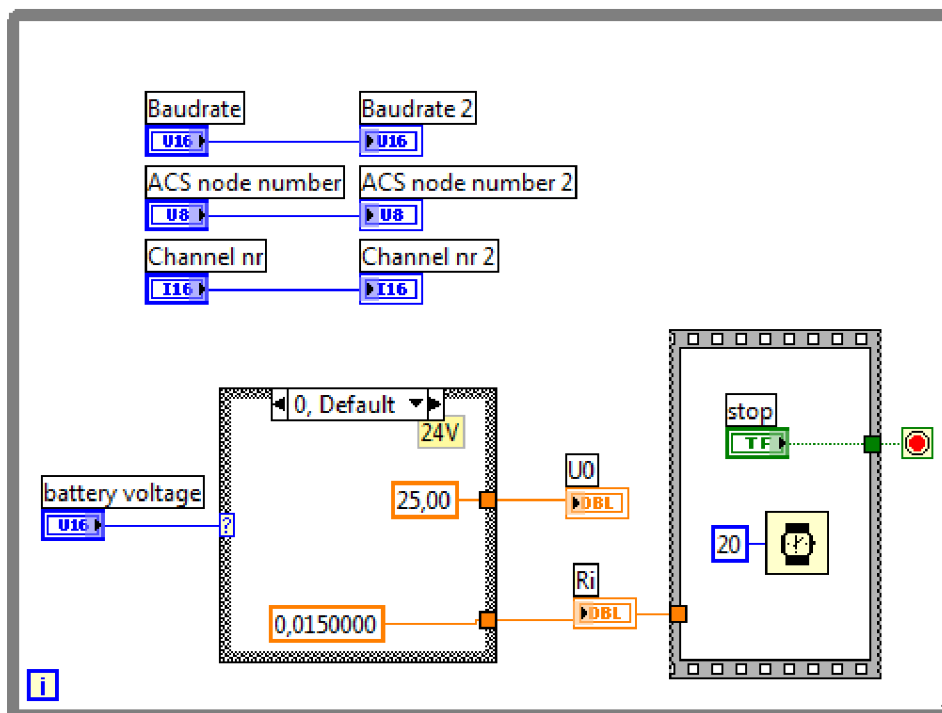
Obrázek 24: Frame 3

Následuje třetí frame. V něm se provádí nastavení komunikace CAN s frekvenčním měničem, která je realizována pomocí zařízení Kvaser Leaf Ligth HS. Zde se opět zavolá ke spuštění další subVI s názvem MOTOR-TEST-ACS-SETTINGS.vi. Spuštěním tohoto subVI se uživateli otevře okno s několika možnostmi nastavení, znázorněné na obrázku 25. Toto okno by nebylo potřeba a stejně jako v případě Yokogawy by se vše mohlo nastavit pokaždé stejně bez nutnosti zásahu uživatele, ale firma Kollmorgen nepoužívá k napájení motorů jediný frekvenční měnič a nepoužívá jedině zařízení Kvaser pro komunikaci, a tudíž je potřeba pokaždé nastavit přenosovou rychlost, číslo kanálu, po kterém bude probíhat komunikace a číslo uzlu frekvenčního měniče AC Superdrive, neboli node number. Toto číslo uzlu záleží na několika faktorech. Jeden frekvenční měnič v sobě může mít uložených více uzlů neboli jistých nastavení třeba pro konkrétní typy motorů. Například jedná-li se o momentové, nebo rychlostní řízení.

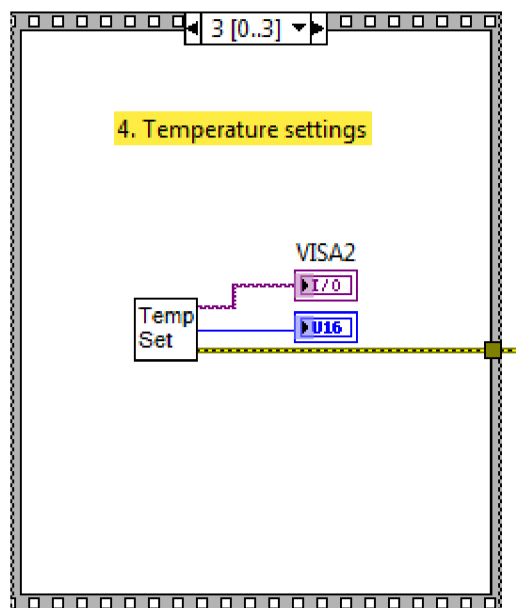


Obrázek 25: Dialogové okno subVI MOTOR-TEST-ACS-SETTINGS.vi

Při testování asynchronních motorů napájených frekvenčním měničem ACS Super Drive je potřeba nastavit, jakou baterií je napájen frekvenční měnič, tedy s jakým jmenovitým napětím a vnitřním odporem. Při testování v laboratoři Kollmorgen, s.r.o. se ovšem nepoužívá baterií, ale měnič je napájen usměrněným stejnosměrným napětím. Blokový diagram tohoto subVI je znázorněn na obrázku 26. Zde je vidět, že se nejprve po zvolení typu baterie spustí daný frame case struktury (proběhne jen ta, jejíž číslo vejde do podmínky struktury). Tím se vyberou konkrétní hodnoty jmenovitého napětí a vnitřního odporu baterie a načtou se do indikátorů za case strukturou. Načtou se také vybrané hodnoty přenosové rychlosti, čísla uzlu měniče ACS a číslo kanálu. Poté se tlačítkem stop, opět pojmenovaném SET<F5>, zastaví while smyčka, ve které je toto umístěno, a ukončí se toto subVI. Všech pět zmiňovaných indikátorů má každý svůj konektor, díky kterému mohou vystupovat tyto navolené hodnoty také do hlavního VI MOTOR-TEST.vi.

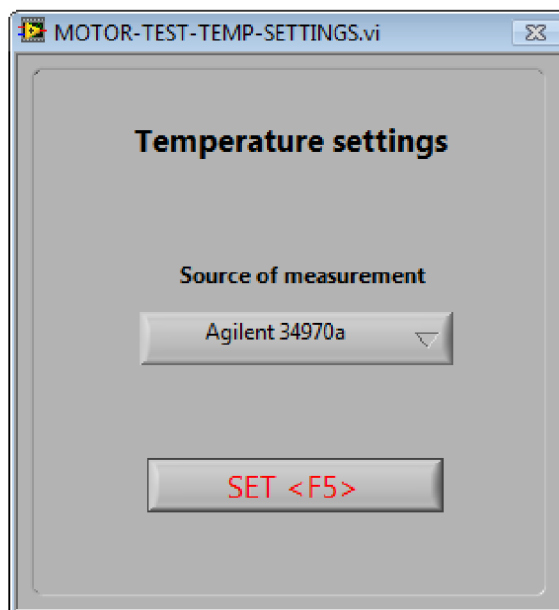


Obrázek 26: Blokový diagram subVI MOTOR-TEST-ACS-SETTINGS.vi



Obrázek 27: Frame 4

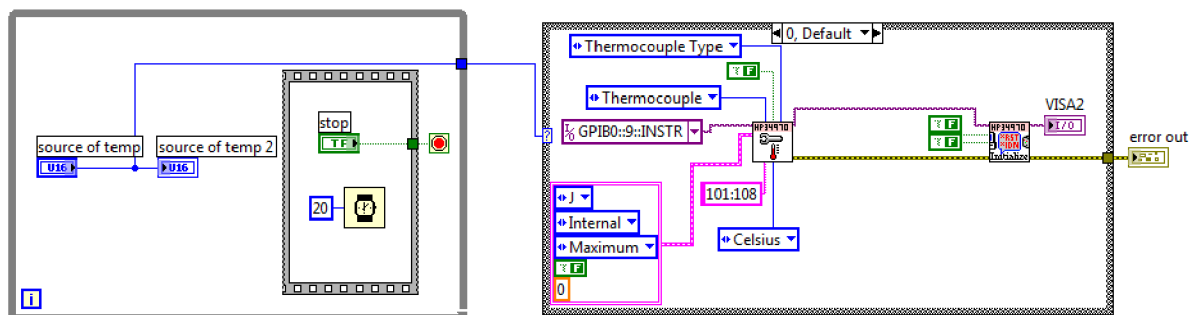
Poslední čtvrtý frame sekvenční struktury se týká nastavení zdroje teploty. Je potřeba vybrat jeden ze tří přístrojů, blíže popsanych v kapitole Hardware a software, jako zdroj teploty. Při spuštění tohoto framu se spustí subVI s názvem MOTOR-TEMP-TEST-SETTINGS.vi. Uživateli naběhne okno znázorněné na obrázku 28.



Obrázek 28: Dialogové okno subVI MOTOR-TEMP-TEST-SETTINGS.vi

Zde si uživatel po vyrolování možností vybere požadovaný zdroj a kliknutím na tlačítko SET <F5> nebo zmáčknutím klávesy F5 dojde k nastavení zdroje a uzavření okna. Blokový diagram toho subVI je na obrázku 29. Jeho složení je podobné jako u nastavení CAN komunikace. Poté, co uživatel vybere zdrojový přístroj, se index tohoto přístroje (0 – Agilent 34970a, 1 – NI USB 9213, 2 – NI CA1000 CB-68T) zapíše do indikátoru. Po kliknutí na stop tlačítko se while cyklus ukončí a hodnota indexu přístroje může pokračovat a vstoupit do case struktury. Tato case struktura je tu z jediného důvodu, a tím je přístroj Agilent, který komunikuje přes GPIB. A jak již zde bylo popsáno, tato komunikace přes GPIB potřebuje inicializovat a přístroj nastavit na požadované parametry. Pokud tedy uživatel vybere jako zdroj jeden z přístrojů NI USB 9213 nebo NI CA1000 CB-68T, neudělá tato struktura nic, pouze vytvoří prázdnou chybovou hlášku (tzv. error, což je cluster skládající se z několika datových typů. Obsahuje řetězec (string) s popisem případné vzniklé chyby, booleanskou konstantu, která nabývá hodnoty true/pravda nebo false/nepravda podle toho, zda došlo k chybě nebo ne, a číselnou konstantu, která nese číslo chyby). Pokud ale uživatel vybere přístroj Agilent, v case struktuře se provede následující nastavení pomocí funkce HP 34970 Conf Temperature.vi (tato funkce se sice jmenuje HP, ale společnost Agilent patří pod společnost Hewlett-Packard a od roku 1999 vyrábí přístroje, které nejsou spojeny s počítači a ukládáním a zpracováváním obrazu, pod značkou Agilent) z knihovny stažené z webových stránek National Instruments. Tato funkce je naprogramována tak, že se podle údajů do jejích vstupů sestaví příkaz, který se pomocí VISA write pošle do měřicího zařízení. Program se nejprve spojí s přístrojem pomocí instrument descriptoru GPIB::9::INSTR. Poté se přístroji

řekne, že bude měřit pomocí termočlánků, a to typu J, kompenzace CJC bude vnitřní, měřit se bude ve stupních Celsia a to osm kanálů 101 až 108. Dále proběhne funkce inicializace, ke které přivedeme dvě booleanské proměnné false (to proto, aby neprobíhala identifikace zařízení a hlavně aby se neprovedlo resetování zařízení a abychom tím pádem neztratili nastavení tohoto přístroje provedené v předchozím kroku. Ze subVI inicializace vychází informace o komunikačním kanálu pro pozdější příkazy VISA write a read v tomto programu a informace o proběhlých chybách v clusteru error. SubVI má také svůj konektor, přes který se přenáší hodnota indexu přístroje a (error) do hlavního VI.



Obrázek 29: Blokový diagram subVI MOTOR-TEMP-TEST-SETTINGS.vi

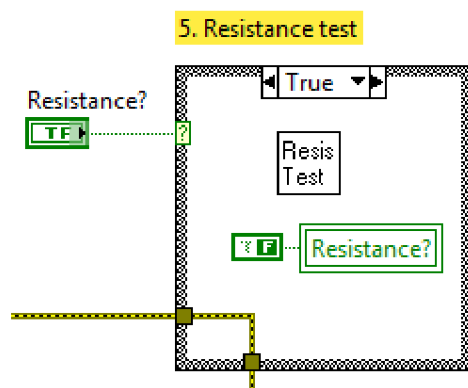
Tento vycházející error vyjde ze skládané sekvenční struktury a poté se rozděluje a jde do dvou smyček, čímž umožní jejich spuštění. Je to tak uděláno právě proto, aby se dvě smyčky (jedna pro měření a druhá pro ukládání dat) spustily až po ukončení výše popsaného úvodního nastavení. Program je rozdělen na dvě smyčky z toho důvodu, aby bylo umožněno zobrazování aktuální teploty i během zaznamenávání dat. Jednotlivé kroky jsou totiž provázány již zmiňovaným vláknem erroru, který zároveň i určuje, jaké bude pořadí prováděných akcí. Čtení hodnot probíhá v časové smyčce, která dostává u procesoru ještě vyšší prioritu, než smyčka while. Pokud bude například měření probíhat na počítači s operačním systémem Windows a tento systém se začne aktualizovat, proces aktualizace by dostal vyšší prioritu u procesoru a měření by bylo v pořadí. U ukládání nepotřebujeme takovou prioritu a tak stačí smyčka while, jelikož budeme ukládat například jenom jednou, nebo u oteplovacích zkoušek třeba jednou za hodinu a nepotřebujeme nepřetržité ukládání, což by se dalo realizovat například pomocí fronty.

6.2 While smyčka pro sběr dat

Smyčka pro měření se spustí, jakmile do ní vstoupí chybový datový tok (error) vycházející z úvodní sekvenční struktury. Tato smyčka obsahuje několik struktur navzájem propojených errorem, což určuje jejich postupné spouštění. Každá tato struktura souvisí s měřením některé veličiny nějakým přístrojem, přímo tedy měří, nebo určuje, zda se má něco měřit.

6.2.1 Měření odporů vinutí motoru pomocí AOIP OM21

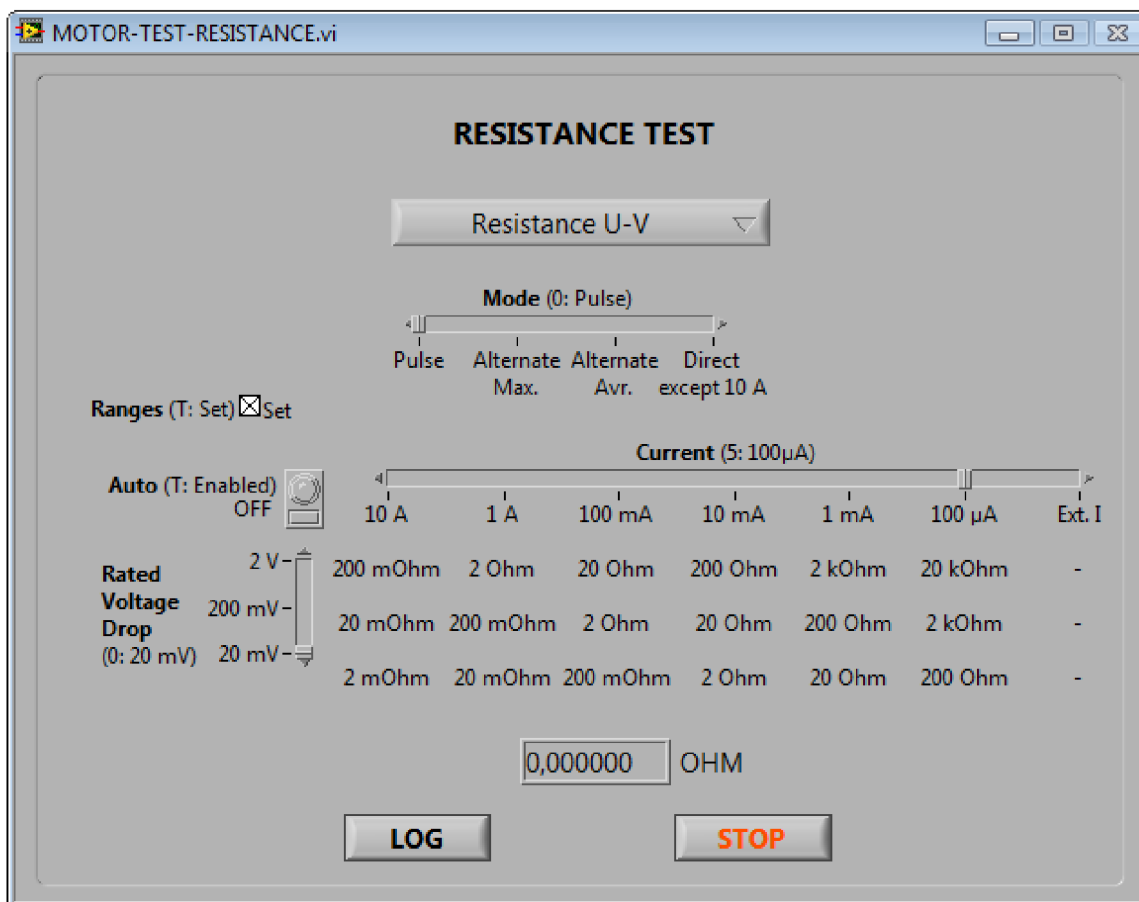
Po spuštění této smyčky se nejprve spustí case struktura pro měření vinutí odporů znázorněná na obrázku 30. Vykonání této struktury závisí na kliknutí na tlačítko RESISTANCE TEST umístěném na hlavním panelu programu. Pokud se na něj neklikne, do podmínky case struktury vstupuje booleanská konstanta false a nic se nevykoná, pokud se však na zmíněné tlačítko klikne, vstoupí do podmínky hodnota true, spustí se subVI MOTOR-TEST-RESISTANCE.vi a do tlačítka se pomocí lokální proměnné se zapisovací funkcí pošle hodnota false, aby se při dalším běhu smyčky subVI znovu nespouštělo, pokud to uživatel opět nebude vyžadovat. Test měření se tedy automaticky nespouští jako ostatní měření, ale je závislé na zásahu uživatele, který jej může spustit kdykoli při běhu programu.



Obrázek 30: Case struktura pro měření odporu

Po zavolání a spuštění tohoto subVI se objeví dialogové okno, ve kterém zadáme jméno excel souboru, do kterého budeme chtít ukládat naměřené hodnoty odporů a poté se můžeme věnovat hlavnímu panelu tohoto subVI, znázorněném na obrázku 31. Při měření asynchronních trakčních motorů se z důvodu jejich nízkého odporu vinutí používá měření proudem 10A. Nastavíme si proto požadovaný měřicí proud a předpokládaný rozsah měřeného odporu. Postupně se měří všechny tři fáze motoru, přičemž se musí předělávat

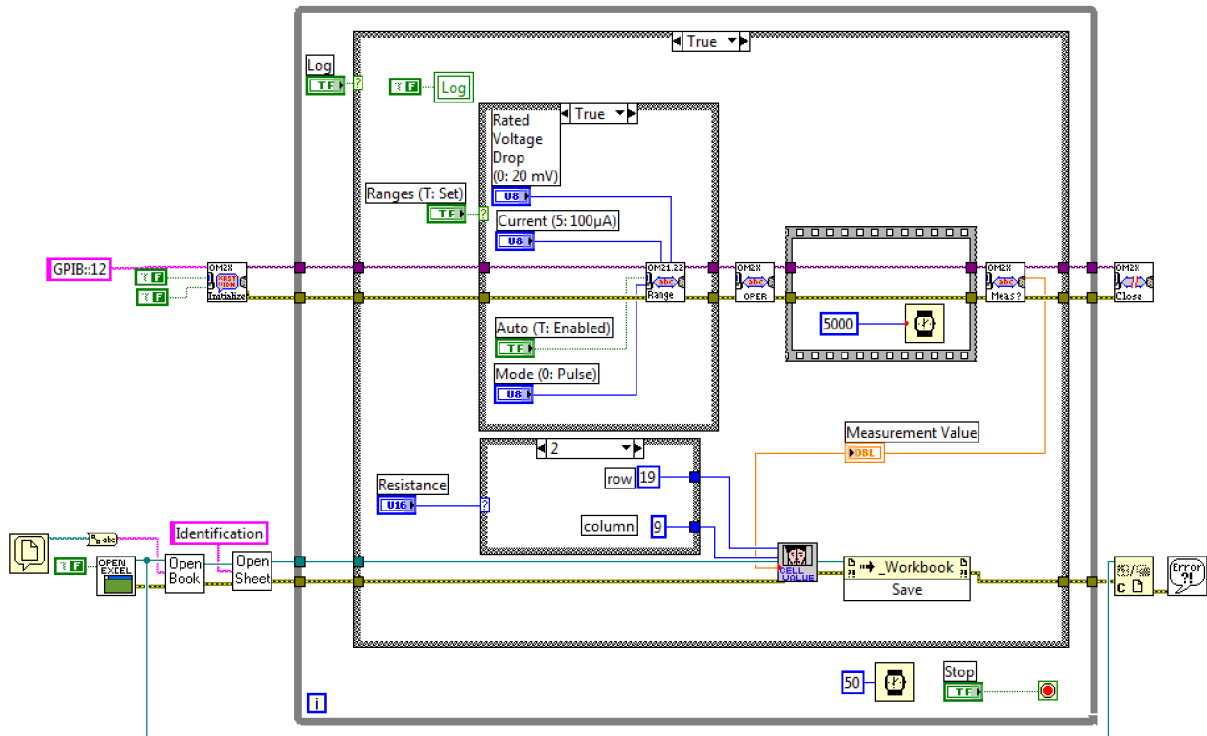
měřicí kabely na svorkách motoru. Uživatel si poté vybere, na které fázi chce právě změřit odpor a zobrazí se mu hodnota odporu, kliknutím na tlačítko LOG může tuto hodnotu zaznamenat do na začátku vybraného souboru a poté změřit další fáze, nebo kliknutím na tlačítko STOP měření odporů ukončit.



Obrázek 31: Front panel subVI MOTOR-TEST-RESISTANCE.vi

Blokový diagram tohoto subVI je znázorněn na obrázku 32. Obsahuje while smyčku, před jejímž spuštěním je potřeba provést několik věcí. Protože přístroj AIOP OM21 komunikuje s počítačem prostřednictvím rozhraní GPIB, musíme nejprve inicializovat tuto komunikaci a vytvořit komunikační kanál VISA session. K tomuto slouží funkce Inicialize z knihovny funkcí k tomuto přístroji. Na vstup mu přivedeme adresu zařízení (instrument descriptor) GPIB::12 a dvě konstanty false pro dotaz na identifikaci zařízení a jeho reset (zařízení budeme ještě nastavovat). Kromě inicializace komunikace GPIB ještě před spuštěním smyčky while načteme a otevřeme soubor, do kterého se budou hodnoty ukládat. Nejprve funkce File Dialog vyvolá dialogové okno, ve kterém uživatel vybere soubor k načtení a tato funkce vytvoří cestu k tomuto souboru. Zároveň se pomocí funkce Open Excel and Make Visible otevře program Microsoft Excel. Přivedením hodnoty false na její vstup nastavíme, aby

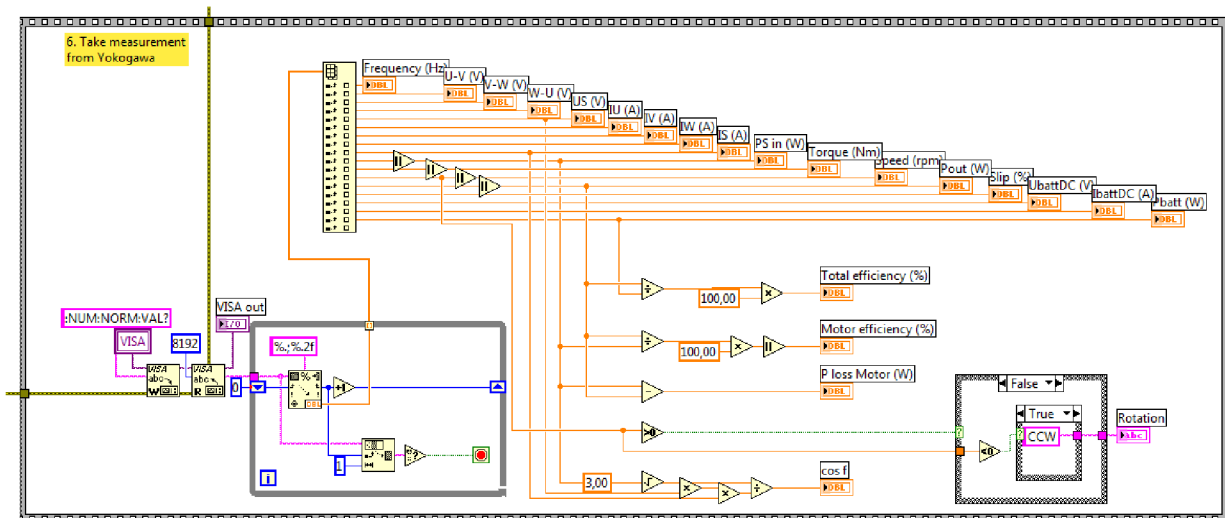
otevření nebylo viditelné. Jinak bychom na obrazovce mohli vidět, jak se soubor otevře a přibývají v něm čísla. Výstup z této funkce Excel._Application a vytvořená cesta převedená pomocí funkce Path to String na řetězec se přivedou na vstup další funkci Open Specific Workbook, která otevře soubor podle přivedené cesty a vytvoří jakési referenční číslo (Excel._Workbook), které v tomto programu bude odkazovat na tento otevřený soubor. Další následující funkce ještě otevře konkrétní záložku v otevřeném Excel souboru. Jméno záložky se přivede na vstup této funkce jako konstanta strig. V tomto případě je to záložka Identification, kde jsou různé informace o zkoušeném motoru. Po vykonání těchto záležitostí se spustí while smyčka, ve které je case struktura, časové zpoždění a dva indikátory tlačítek z front panelu pro zastavení smyčky STOP a pro uložení hodnot LOG. Pokud uživatel na front panelu klikne na tlačítko LOG, v case struktuře se provede, pokud je to na front panelu zadáno jako požadované, pomocí funkce AIOM21.22 Set Range nastavení přístroje na požadovaný rozsah měřicího napětí a proudu. Toto se v této funkci provádí sestavením správného příkazu a posláním do přístroje funkcí VISA write. Poté se spustí funkce AIOM2X Oper, která spouští měření přístroje. Po pětivteřinovém čekání realizovaným časovým zpožděním ve flat struktuře se přečte výsledek funkcí AIOM2X Read Meas a zobrazí na front panelu pomocí indikátoru. Protože měříme odpory tří různých fází a budeme je chtít ukládat pokaždé na jiné místo v Excel tabulce, je zde case struktura, která vybere správný řádek a sloupec podle toho, jaká fáze je vybrána v rolovacím menu na front panelu. Naměřená hodnota se pomocí funkce Set Cell Value zapíše do požadovaného řádku a sloupce a funkce Invoke Node ji uloží. Zmáčknutím tlačítka STOP na front panelu se ukončí while smyčka. Funkce AIOM2X Close ukončí komunikaci s přístrojem AIOM. Close reference ukončí referenci na Excel aplikaci a Simple Error Handler nahlásí, pokud během ukládání došlo k nějaké chybě. Tím se toto subVI ukončí a program běží dál.



Obrázek 32: Blokový diagram subVI MOTOR-TEST.RESISTANCE.vi

6.2.2 Měření z Yokogawy WT 1600

Poté se spustí flat struktura pro čtení dat z wattmetru Yokogawa znázorněná na obrázku 33. V ní nejprve pomocí funkce VISA write pošleme do přístroje dotaz :NUM:NORM:VAL?, pomocí konstanty string, na námi požadované hodnoty.



Obrázek 33: Čtení dat z wattmetru Yokogawa WT 1600

Zde také poprvé použijeme již zmiňovaných lokálních proměnných. Na vstup VISA write funkce VISA resource name vytvoříme lokální proměnnou s názvem VISA, která odkazuje na již dříve vytvořenou hodnotu v sekvenční struktuře při inicializaci komunikace s přístrojem Yokogawa. Funkci VISA write následuje funkce VISA read, která má na vstupu mimo jiné i číselnou konstantu vyjadřující počet bajtů, které se mají přečíst a na výstupu textový řetězec string. Tato funkce přečte najednou celý textový řetězec poslaný z Yokogawy, který musíme převést z podoby textového řetězce na jednotlivá čísla. K tomu slouží funkce Scan From String, která převádí znakový řetězec na číselný datový typ. Tato funkce je vložena do smyčky while a s využitím posuvného registru přečteme postupně všechna data z textového řetězce. Funkce String Subset v této smyčce také postupně prochází vstupní řetězec pomocí posuvného registru a za ní se pomocí funkce Empty String/Path? Vyhodnocuje, zda je subřetězec vycházející z funkce String Subset prázdný. Jakmile jsou načtena všechna data, subřetězec je vyhodnocen jako prázdný a while smyčka se ukončí. Poté z ní vyjde 1D pole s načtenými hodnotami, které se díky funkcí Index Array roztřídí do jednotlivých indikátorů. Z některých hodnot vezmeme jejich absolutní hodnotu, jelikož ať se bude motor otáčet na jednu nebo na druhou stranu, nás bude zajímat vždy jen jejich hodnota. Z těchto naměřených hodnot zde ještě budeme počítat následující hodnoty ze známých vztahů. Účinník $\cos f$, který získáme ze vztahu:

$$\cos f = \frac{P_s}{\sqrt{3}U_s I_s} \quad (1)$$

kde P_s je činný výkon, U_s je sdružené napětí a I_s sdružený proud. Dále ztrátový výkon P_{loss} získáme z rovnice:

$$P_{loss} = P_{in} - P_{out} \quad (2)$$

tedy odečtením výstupního výkonu z motoru od příkonu. A nakonec vypočítáme účinnost motoru η podílem výstupního výkonu z motoru P_{out} a příkonu P_{in} a vynásobením 100 získáme hodnotu v procentech, tedy z rovnice:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} * 100 \quad (3)$$

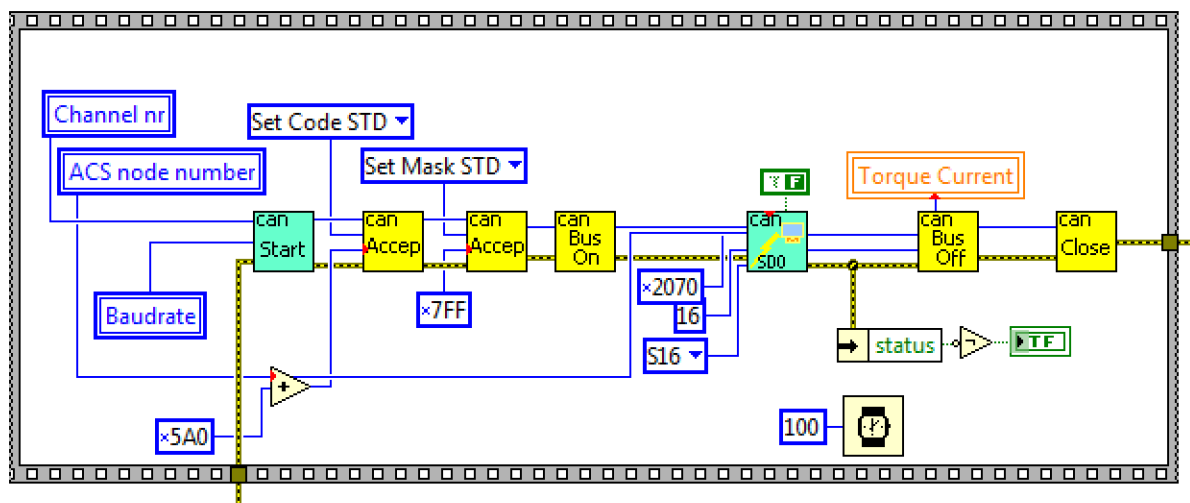
Pro případné pozdější připojení baterie zde ještě dáme výpočet celkové účinnosti při napájení frekvenčního měniče baterií vydělením výstupního výkonu z motoru P_{out} výkonem baterie P_{batt} :

$$\eta_{batt} = \frac{P_{out}}{P_{batt}} * 100 \quad (4)$$

Porovnáním aktuální rychlosti, jestli je větší, menší nebo rovno nulové, ještě získáme aktuální směr otáčení.

6.2.3 Měření z frekvenčního měniče Danaher AC Super Drive

Po ukončení předchozí sekvence přichází další na řadu čtení dat z frekvenčního měniče. Většina hodnot z tohoto měniče je během měření konstantní nebo je nepotřebujeme vidět aktuální, proto je to zde nastaveno tak, že data se načtou jednou při spuštění a dále se obnovuje pouze hodnota aktuálního točivého momentu. V případě potřeby je na front panelu hlavního programu tlačítko, které zajistí znovunačtení všech těchto dat. K tomu, aby načítání probíhalo, jak teď bylo popsáno, slouží lokální proměnné, které nastavují case strukturu obsahující tento obsah a o kterých bylo zmíněno již na úplném začátku tvoření programu v úvodní skládané sekvenční struktuře. Do proměnné Numeric 1 byla nahrána hodnota 0. Tudiž nyní může proběhnout první načtení a zároveň se do Numeric 1 nahraje funkcí Increment hodnota 1 a čtení se nebude dále provádět. V případě potřeby uživatel znovu načíst hodnoty se v case struktuře spuštěné pomocí tlačítka LOAD DATA FROM ACS do proměnné opět nahraje hodnota 0. Jak již bylo zmíněno, jedinou hodnotu, kterou budeme načítat pravidelně, je hodnota aktuálního proudu a na ní si také popíšeme, jak probíhá načítání z frekvenčního měniče. Nejprve funkce CanStart, která má na vstupu číslo kanálu a přenosovou rychlost, zavolá potřebnou knihovnu a otevře zvolený CAN kanál a nastaví parametry přenosu. Poté funkce CanAccept nastaví hardware, aby umožňoval přijímat zprávy a funkcí CanBusOn pošle kanál na sběrnici. Poté můžeme pomocí funkce CanSDO přečíst z dostupného adresáře objektů pomocí indexu a subindexu požadovaný parametr. Z chybového vlákna poté zjistíme, zda nenastala nějaká chyba, a pokud je vše v pořádku, rozsvítí se na front panelu u ukazatele hodnoty zelená kontrolka. Pomocí funkce CanBusOff odebereme kanál ze sběrnice a CanClose uzavře zvolený CAN kanál. Když načítáme všechny hodnoty naráz, funkce CanSDO pro jednotlivé parametry jsou poskládány za sebou mezi CanBusOn a CanBusOff.



Obrázek 34: Čtení dat z frekvenčního měniče Danaher ACS SuperDrive

Z frekvenčního měniče získáváme tyto hodnoty: aktuální proud, aktuální napětí, nominální napětí, počet pulzů na otáčku pro měření rychlosti, počet pólů motoru, nominální magnetizační proud, konstanty potřebné pro řízení motoru P Gain, I Gain, L Sigma, Nominal Slip Gain a Motor Temperature At Nominal Slip Gain. Dále maximální proud a maximální brzdný proud, teplotní koeficient, Nominal Base Speed (rychlost, při které motor začíná ztrácet moment) a DC Voltage At Base Speed (napětí na baterii v procentech při Nominal Base Speed), ACS ID (nastavení měniče podle typu řízení) a dále některé informace o softwaru a hardwaru použitého měniče.

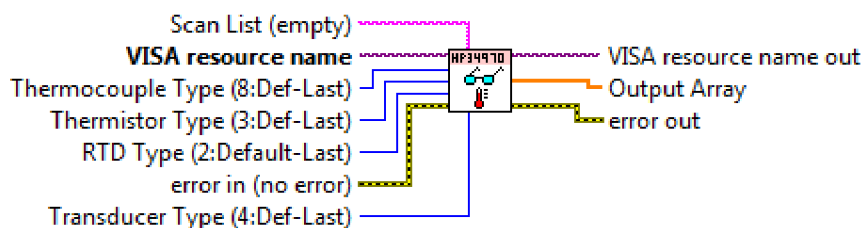
6.2.4 Měření teploty

Jako další přichází na řadu měření teploty. Zde se načte z lokální proměnné index, který udává, ze kterého zařízení se bude měřit, což bylo vybráno při spuštění programu, a podle něj se provede příslušný frame z case struktury pro tento přístroj.

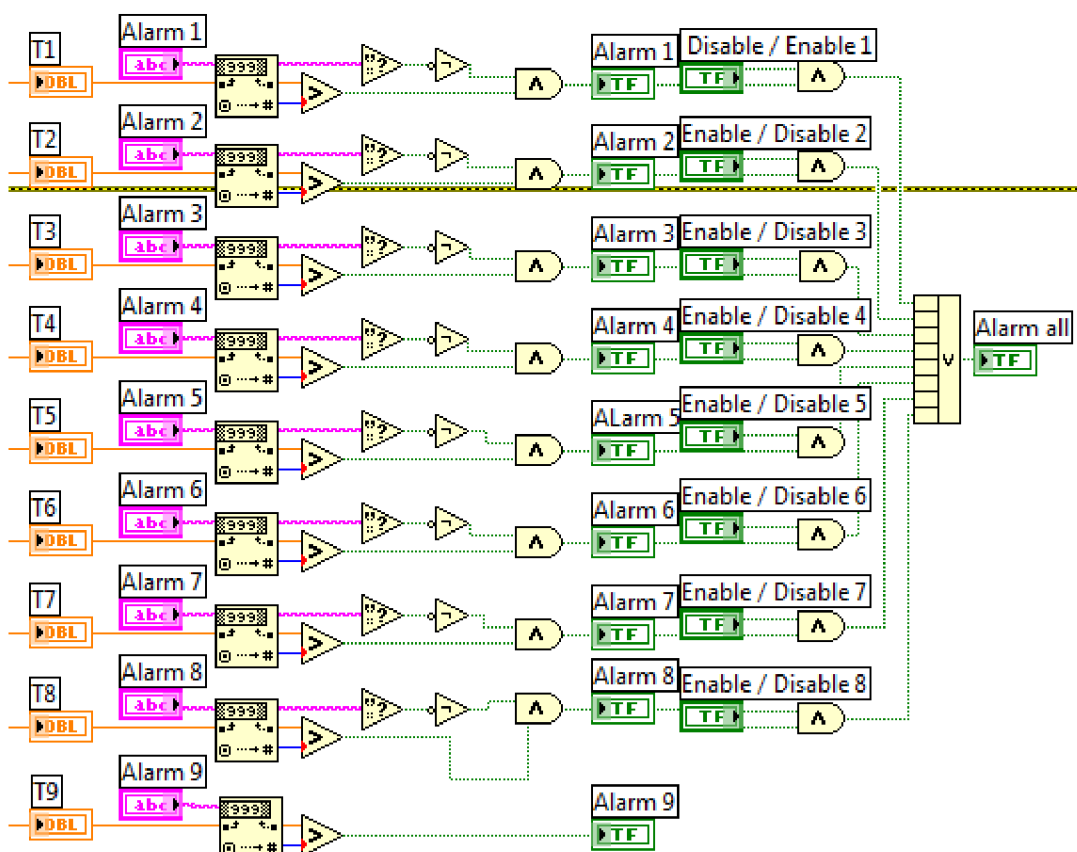
6.2.4.1 Agilent 34970A

První z nabízených možností je přístroj Agilent. Tento přístroj, pokud je vybrán, tak je jeho komunikace nainicializovaná již před spuštěním časovací měřicí smyčky, a tak nyní již stačí jen data číst. Toto se provede pomocí funkce HP34970A EZ Temperature. Touto funkcí získáme 1D pole dat, které pomocí další funkce Index Array rozložíme na jednotlivé hodnoty, které vyjdou z case struktury do indikátorů zobrazujících hodnotu na obrazovce front panelu. Odtud je měření všemi přístroji totožné a je vidět na obrázku 36. Zobrazovaná hodnota se porovná se zadanou hodnotou do řetězce string převedené do formátu čísla pomocí Decimal

String To Number a pokud tam byla nějaká hodnota zadána a je menší než naměřená hodnota, rozsvítí se červená kontrolka na obrazovce u konkrétní teploty. Dále je zde nastavení, které z jednotlivých alarmů může spustit i tzv. high level alarm (proměnná Alarm all). Při jeho spuštění dojde k okamžitému uložení dat a následuje ukládání po jedné minutě až do ukončení tohoto alarmu.



Obrázek 35: HP34970A EZ Temperature

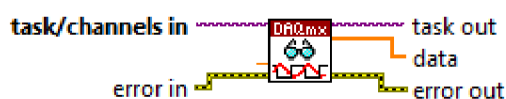


Obrázek 36: Alarmy teplot

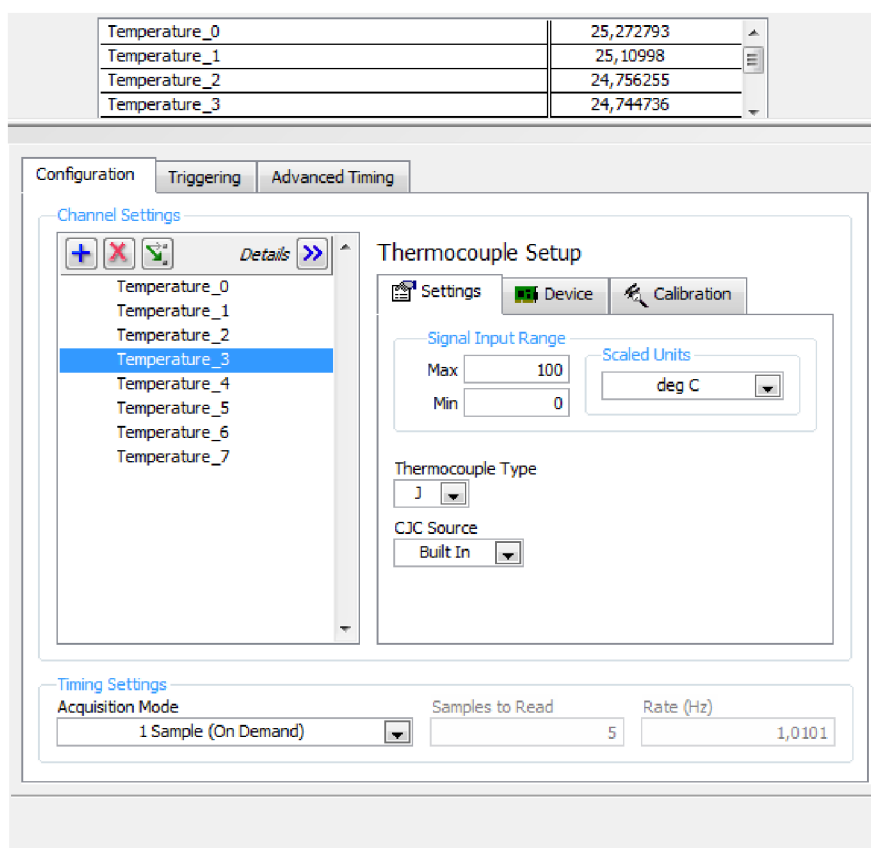
6.2.4.2 NI USB-9213

Další na výběr je zařízení NI USB-9213. Ke čtení dat z přístroje využijeme funkci DAQmx read. V této funkci musíme nastavit, co má zařízení číst. Bude to analogový signál z více kanálů a budeme požadovat z každého kanálu vždy jeden vzorek. Z DAQmx read

vychází, stejně jako u přístroje Agilent, 1-D pole naměřených dat a pomocí Index Array opět vyčteme jednotlivé hodnoty. Zde také využijeme již zmiňované vytvoření tasku, který napojíme na vstup této funkci. Task vytvoříme v projektu pomocí DAQ asistentu, který nás postupně dovede až k jeho zdárnému vytvoření. Nejprve musíme nadefinovat, co se bude dít. Tedy že budeme chtít získávat analogový signál, a bude to teplota pomocí termočlánků. Poté se nám nabídnou dostupná zařízení, která jsou k tomuto měření k dispozici. My vybereme naše zařízení USB- 9213 a zvolíme počet kanálů a ze kterých kanálů budeme chtít měřit. Nakonec každému kanálu nadefinujeme, jaký typ termočlánku k němu bude připojen, jakou bude používat kompenzaci studeného konce a časování měření.



Obrázek 37: DAQmx read



Obrázek 38: DAQ asistent

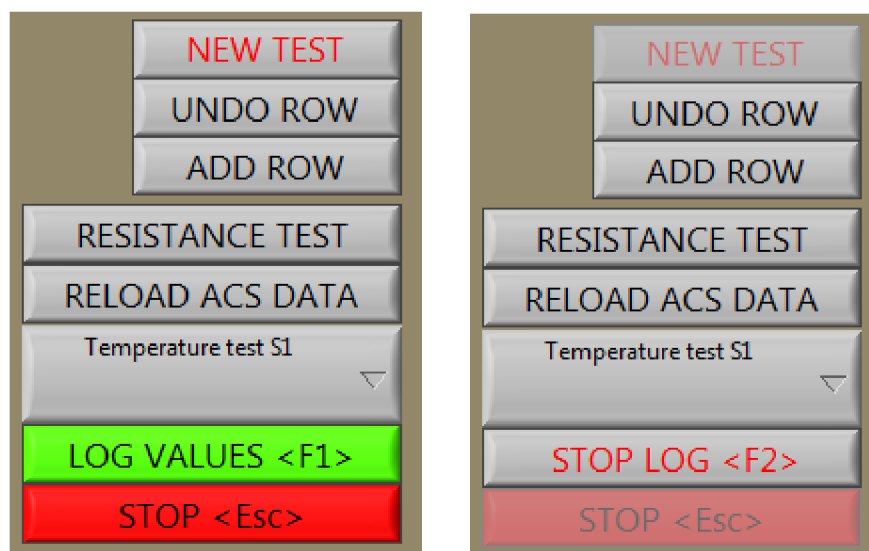
kompenzace studeného konce. Tyto tasky spojíme dohromady oddělené čárkami do jednoho řetězce string pomocí Concatenate string a přivedeme na vstup AI Sample Channels.

Po proběhnutí celé smyčky se vše opakuje do té doby, dokud uživatel neklikne na tlačítko STOP <Esc>. Poté se časová smyčka ukončí a dojde na ukončování referencí a kanálů vytvořených v průběhu programu. Nejprve se pomocí YKWT1600 Close ukončí komunikace s wattmetrem Yokogawa. Poté se v závislosti na tom, jakým přístrojem probíhalo měření teploty, ukončí komunikace s tímto přístrojem. Pokud se měřilo přístrojem Agilent přes GPIB, ukončí se komunikace pomocí HP34970A Close. Pokud se měřilo pomocí NI USB-9213, DAQmx Stop Task nejprve zastaví vytvořený task a poté DAQmx Clear Task tento task vymaže. V případě zařízení CA1000 s kartou CB-68T není potřeba dělat nic. Úplně nakonec vstoupí datový tok erroru procházející smyčkou do funkce Simple Error Handler, která vytvoří hlášku o proběhlých chybách během měření.

7. Návrh části programu ukládání dat

Ukládání dat má několik požadavků, které závisí mimo jiné na tom, jaká zkouška se právě bude provádět. Pokud se budou provádět oteplovací zkoušky, je požadavek, aby načítání hodnot probíhalo opakovaně v předem stanovených intervalech, například 20 minut nebo půl hodiny, a ukládání se ukončí, až jej ukončí uživatel. Naproti tomu u ostatních zkoušek, jako je například zkouška se zablokovaným rotorem, kdy se motor nenechá jen běžet, ale postupně se mu snižuje napětí, musí být ukládání nastaveno tak, aby neprobíhalo automaticky, ale až si uživatel nastaví potřebné hodnoty napětí na motoru. Musí se tedy uložit aktuální hodnoty a k ukládání dalších hodnot počkat na další zásah uživatele. Další věc, na kterou se musí pamatovat, je ukládání dat z frekvenčního měniče Danaher ACS Super Drive. Stejně jako u měření těchto hodnot, které proběhne při spuštění programu a dále se již nenačítají, i jejich uložení musí proběhnout jen na začátku ukládání jednoho testu a dále je již nepřepisovat.

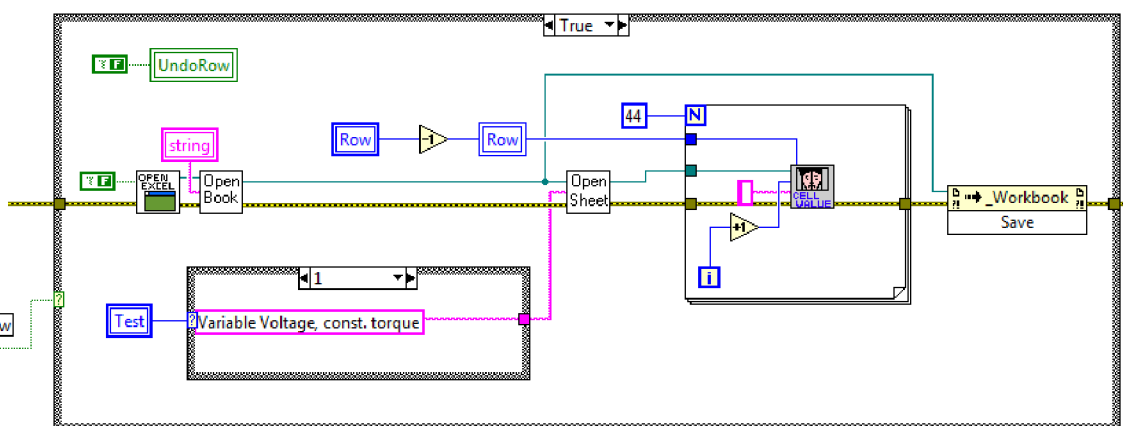
Smyčka pro ukládání dat se stejně jako smyčka pro měření spustí, jakmile do ní vstoupí cluster error jdoucí z úvodní skládané struktury. V této smyčce je několik case struktur, jejichž postupné provádění zajišťuje jimi procházející errorový cluster. Spouštění těchto struktur zajišťují tlačítka umístěná na front panelu hlavního programu ovládaná uživatelem.



Obrázek 40: Tlačítka na front panelu po spuštění a během ukládání dat

Průběh smyčky je následující. Nejprve je na řadě case struktura, kterou ovládá tlačítko s názvem NEW TEST znázorněné na výřezu front panelu na obrázku 40. Použije se, pokud

například uživatel potřebuje spustit více testů po sobě. Tím se zajistí tyto věci. Do proměnné Row, což je číslo řádku, do kterého se budou zapisovat data, se načte počáteční hodnota 9 a do proměnné Numeric 2 se načte nula. Toto slouží k tomu, aby se při příštím spuštění ukládání uložili opět i hodnoty z frekvenčního měniče. K čemu proměnná Numeric 2 slouží, bude popsáno dále. Další case strukturu ovládá tlačítko ADD ROW. Jak už jeho název říká, pouze přidá jeden volný řádek do tabulky pomocí Incrementu. Polední strukturu, která ještě neobsahuje samotné ukládání dat, spouští tlačítko UNDO ROW. Tato struktura (znázorněná na obrázku 41) odebere z tabulky naměřených dat jeden poslední již načtený řádek. Proveďte to následujícím způsobem. Nejprve funkce Open Excel and Make Visible otevře Excel a vytvoří na něj referenci na výstupu Excel._Application a pokud na její vstup Visible Boolean přivedeme konstantu true, Excel bude viditelný na obrazovce, v opačném případě nebude. Vytvořenou referenci přivedeme do Open Specific Workbook, která otevře Excel soubor, do kterého se právě ukládají data. Dále tuto referenci přivedeme do Open Specific Worksheet_String, což nám otevře záložku testu v Excelu, který jsme nastavili před jeho spuštěním na front panelu hlavního programu. Poté pomocí funkce Set Cell Value vložené do smyčky for zapíšeme postupně do všech buněk prázdný řetězec string, tedy vymažeme, co v nich již je napsáno, a funkce Invoke Node uloží do ní jdoucí referenci, tedy celý soubor Excel.



Obrázek 41: Blokovaný diagram case struktury Undo Row

Poslední case struktura ve while smyčce pro ukládání se již týká ukládání dat. Podmínkou pro spuštění framu true s ukládáním, je porovnávání dvou hodnot a to tlačítka LOG VALUES, které musí mít pro spuštění hodnotu true, a tlačítka STOP LOG, které musí mít hodnotu FALSE. Pokud je tato podmínka splněna, frame true se spustí a stane se následující. Rolovací tlačítko na front panelu s výběrem typu testu, tlačítko NEW TEST a

Stop <Esc> se pomocí funkce Property Node s funkcí Disabled nefunkční. To proto, aby uživatel nemohl během zápisu dat měnit záložku v Excelu, do které se má zapisovat, a aby mohl spustit nový test nebo zastavit program až po zastavení zápisu. Dále zde řešíme, jak spouštět a časovat ukládání. Pokud bychom jen do smyčky vložili nějaké časové zpoždění, toto zpoždění by zpomalovalo celou smyčku. Pokud tedy budeme požadovat nahrávání například jednou za dvacet minut u oteplovacích zkoušek, až uživatel uzná za vhodné test ukončit, musel by po kliknutí na tlačítko k zastavení nahrávání dalších dvacet minut, což by bylo nepraktické. Musíme proto vymyslet nějaký způsob, aby smyčka mohla probíhat pořád dokola a nahrávání proběhlo jen po splnění určité podmínky, jako třeba porovnávání doby od času spuštění nahrávání, nebo počet iterací nebo něco podobného. Nakonec jsem k tomuto účelu využil možnosti vytvoření shift registru ve while smyčce, do jehož hodnoty můžeme na počátku nadefinovat počáteční hodnotu, v našem případě nulu. Využijeme toho, že hodnota, která vejde do shift registru na konci jedné iterace smyčky, vyjde na začátku následující iterace opět do ní. Dokud se nespustí ukládání, registrem bude pořád procházet hodnota nula. Jakmile se spustí nahrávání, nastupuje podmínka, aby se počet iterací provedl, až když se bude rovnat počtu požadovaným. To znamená, že víme, že jsme nastavili časové zpoždění smyčky na 50 milisekund, a víme tedy, že jedna iterace trvá tuto dobu. Vezmeme hodnotu v minutách, kterou zadá uživatel, a vynásobíme ji konstantou (jedna minuta má 60 tisíc milisekund, když je vydělíme 50, což je doba jedné iterace, získáme požadovaný počet iterací). Ještě musíme zajistit, aby se zápis provedl ihned po kliknutí na tlačítko LOG VALUES, při nulté iteraci, a ne až při žádané. To zajišťuje hodnota s booleanskou konstantou first log. Při prvním spuštění (nulté iteraci) má first log hodnotu true a spustí další case strukturu, ve které se do lokální proměnné first log nahraje hodnota false a pošle se konstanta true do funkce Or, která počítá logické or z jeho vstupů (druhým vstupem je výstup z funkce Equal? porovnávající počet iterací). Při další iteraci již first log nabývá hodnoty false a case struktura, kterou spouští, pošle do funkce Or hodnotu false. Pokud se tedy právě prováděná iterace rovná požadované, nebo nulté, vykoná se další vnořená case struktura obsahující zápis a hodnota shift registru se vynuluje vynásobením nulou. Při další iteraci je již hodnota proměnné first log false a počet iterací se ještě nerovná požadovanému, a tak se provede frame case struktury false. Ten obsahuje funkci Increment, která postupně nasčítá počet iterací až na požadovaný. Po jeho dosažení se opět vykoná uložení a vynuluje se hodnota shift registru vynásobením nulou. Smyčka tak může neustále probíhat a uživatel může kdykoli ukončit měření. Ve false struktuře je kromě funkce Increment ještě vloženo ukládání alarmů. Jeho průběh je velice podobný výše popsanému ukládání pomocí shift registru, zde ale místo

shift registru použijeme další funkci `Increment` a budeme přičítat jedničku do proměnné `y`, která v podstatě také počítá iterace. Ukládání alarmů tedy může probíhat, pokud probíhá ukládání dat během oteplovacích zkoušek a spustí jej již výše zmiňované spuštění high level alarmu pomocí proměnné `Alarm all`. Dokud je tento alarm spuštěn, bude probíhat ukládání teplot a hodnot z wattmetru Yokogawa po jedné minutě dokud alarm neskončí nebo dokud uživatel neukončí zápis dat. Ukládání alarmů je zde z toho důvodu, že uživatel nebude po celou dobu měření v blízkosti počítače, a tak by ani nemusel zaznamenat, že došlo k překročení povolené hranice teploty. Tímto způsobem se případné překročení uloží a uživatel si pak může vykreslit jeho průběh.

Nyní se dostáváme k samotnému ukládání. Při jeho spuštění se pomocí funkce `Property Node` zneviditelní tlačítko `LOG VALUES` a zviditelní se `STOP LOG`. Nejprve dojde k uložení hodnot z frekvenčního měniče. Otevře se pomocí `File Dialog` dialogové okno, ve kterém si uživatel vybere, do kterého souboru chce data ukládat a stejným způsobem, jak bylo popisováno odebrání jednoho řádku (ukládání prázdného řetězce `string` do buněk), se postupně uloží všechny hodnoty (použijeme zde lokální proměnné odkazující na hodnoty v měřicí smyčce), jenom namísto smyčky `for` má každá hodnota svoji funkci pro ukládání `Set Cell Value Num` (je to stejná funkce jako `Set Cell Value` z knihovny `Excel Examples`, je pouze upravená tak, aby neukládala datový formát `string`, ale čísla) a všechny mají přesně určený řádek a sloupec. Dále se zde načte aktuální čas při spuštění zápisu a do proměnné `Numeric 2` se načte hodnota `1`, což nám zajistí, že se hodnoty z frekvenčního měniče nebudou znovu ukládat a čas spuštění zápisu zůstane stejný. K opětovnému načtení může dojít až po zmáčknutí tlačítka `NEW TEST`.

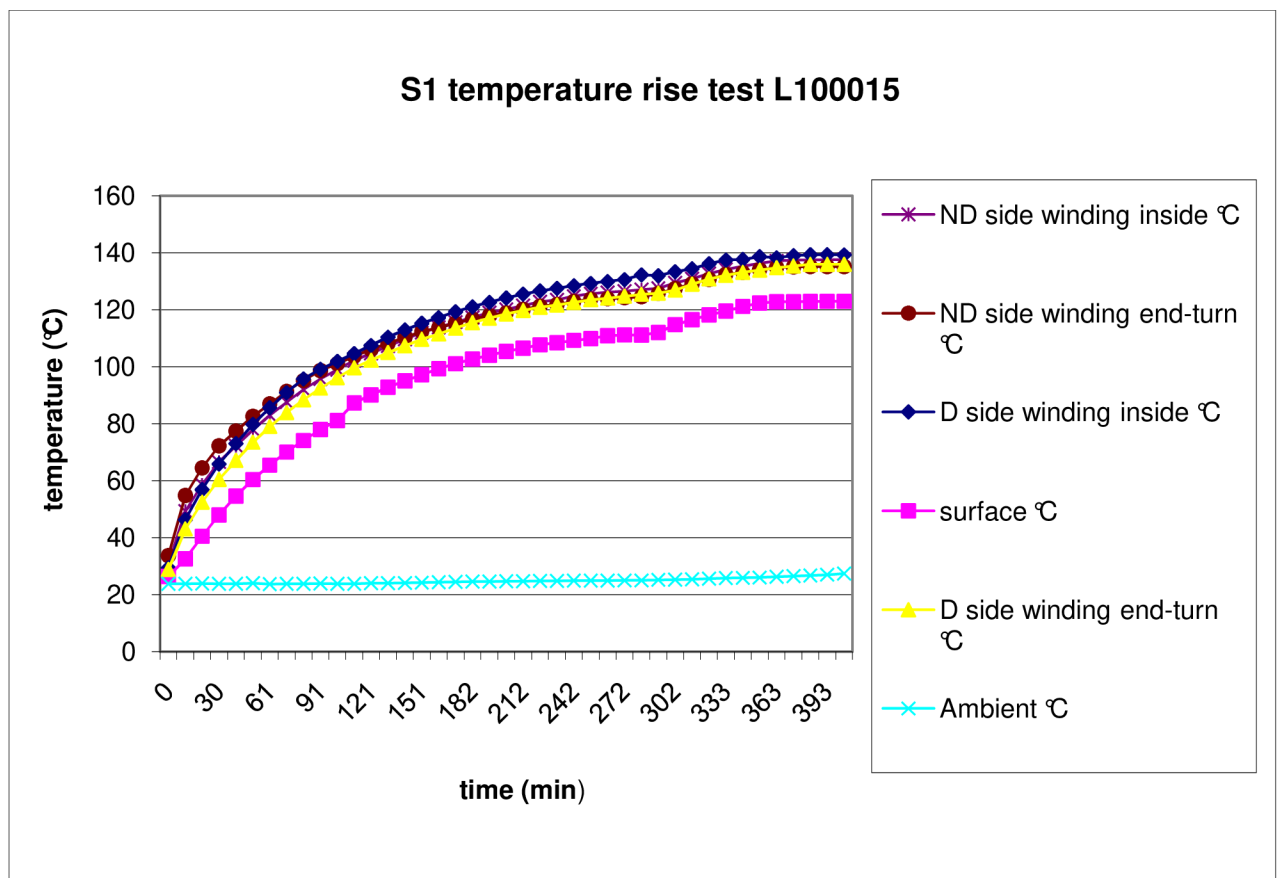
Ostatní již probíhá při každém ukládání. Nejprve se opět otevře soubor a záložka podle zvoleného testu na front panelu programu a poté následuje ukládání teploty. Její uložení závisí na zvolené zkoušce motoru, tzn., že proběhne, pouze pokud je zvolena jedna ze čtyř oteplovacích zkoušek. Pokud ano, uloží se teploty z požadovaných kanálů a v tabulce vždy nad sloupec konkrétního kanálu se uloží poznámka, která se napíše na front panelu k tomuto kanálu. Tato poznámka se týká umístění termočlánku na motoru. Podmínku zvolení jedné ze čtyř oteplovacích zkoušek také použijeme k tomu, jestli má zápis pokračovat. Pokud je jedna z nich zvolena, jedna case struktura ve smyčce pouze posune o jeden řádek, do kterého se bude zapisovat, a zápis bude pokračovat ve zvoleném intervalu. Také se do tabulky zapíše, zda v právě proběhlém intervalu došlo k nějakému překročení teploty (alarmu). Pokud ne, zapíše se do sloupce s názvem `Alarm OK`, pokud ano, zapíše se do této buňky `Alarm`. Pokud

je ovšem zvolená jiná zkouška, case struktura přidá řádek, ale zároveň ukončí zápis pomocí lokální proměnné stop log a další zápis bude pokračovat až po dalším zásahu uživatele. Dále se postupně uloží všechny hodnoty z wattmetru Yokogawa a čas v minutách mezi jednotlivými uloženími, který se počítá odečtením času při spuštění zápisu od aktuálního času. Tuto dobu získáme ve vteřinách a vydělením 60 získáme v minutách. Protože u ostatních zkoušek, kromě oteplovacích, nemusíme měřit a ukládat všechny teploty, můžeme si na front panelu pomocí otáčecího knoflíku knob vybrat jeden z teplotních kanálů, vložit mu poznámku a ukládat si jeho hodnoty. Jakmile je vše zapsáno, Invoke Node uloží Excel soubor a ve while smyčce ukládání se rozběhne další iterace. Pokud se zmáčkne tlačítko STOP LOG, zápis se ukončí, viditelnost a funkčnost tlačítek a jejich booleanské hodnoty se vrátí do defaultního nastavení a je možné ukončit měření. Tak se stane, pokud uživatel zmáčkne tlačítko STOP <Esc>, což ukončí obě smyčky jak měřící tak i ukládající. Po ukončení smyčky pro zápis dat ještě Invoke Node ukončí aplikaci Excel, ukončí se reference pomocí Close Reference na Excel a Simple Error Handler vypíše chybové hlášky, pokud nějaké během měření nastaly.

8. Měření

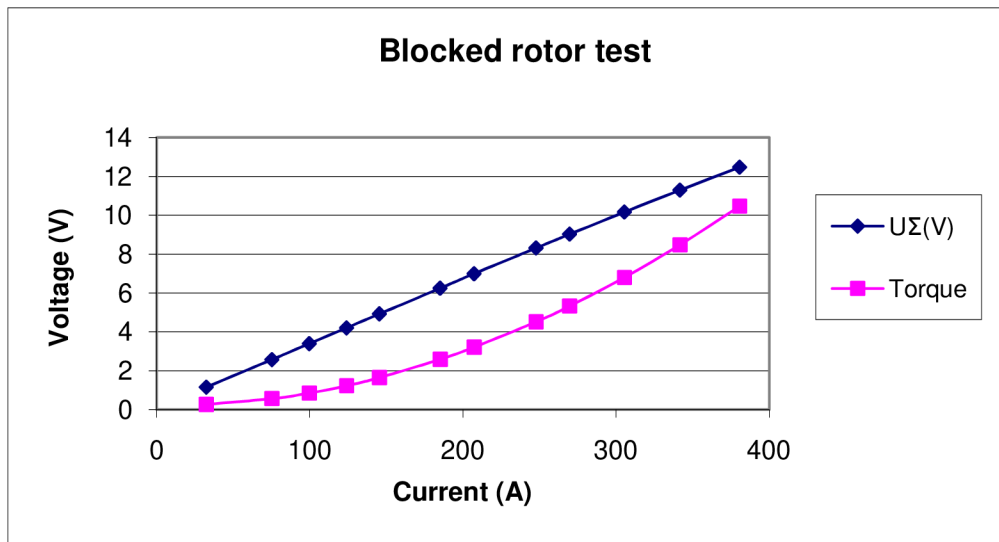
Pro vyzkoušení měřicí aplikace byly provedeny tři testy. Oteplovací zkouška S1 s automatickým ukládání dat po deseti minutách. Při spuštění aplikace bylo pro měření teploty vybráno zařízení NI-USB-9213. Byly použity čtyři termočlánky typu J vložené do motoru podle výkresu na obrázku 7, jeden umístěný na povrchu motoru a poslední pro měření teploty okolí. Nejprve se v programu vybrala zkouška s názvem Temperature test S1. Výsledek této zkoušky můžeme vidět na grafu 1 znázorněném na obrázku 42 vytvořeném z hodnot uložených programem do excel souboru. Teplota motoru se postupně zvedala až se po přibližně šesti a třičtvrtě hodině ustálila těsně pod hodnotou 140 °C a uživatel poté ukončil měření.

Dalším testem byla zkouška se zablokovaným rotorem, v programu pod názvem Blocked rotor test. Zde nedocházelo k automatickému opakování ukládání, ale obsluha nejprve zvedla napájecí napětí a poté nechala hodnoty uložit. Zvyšování napětí a zároveň krouticího momentu z této zkoušky můžeme vidět na grafu 2 znázorněném na obrázku 43.

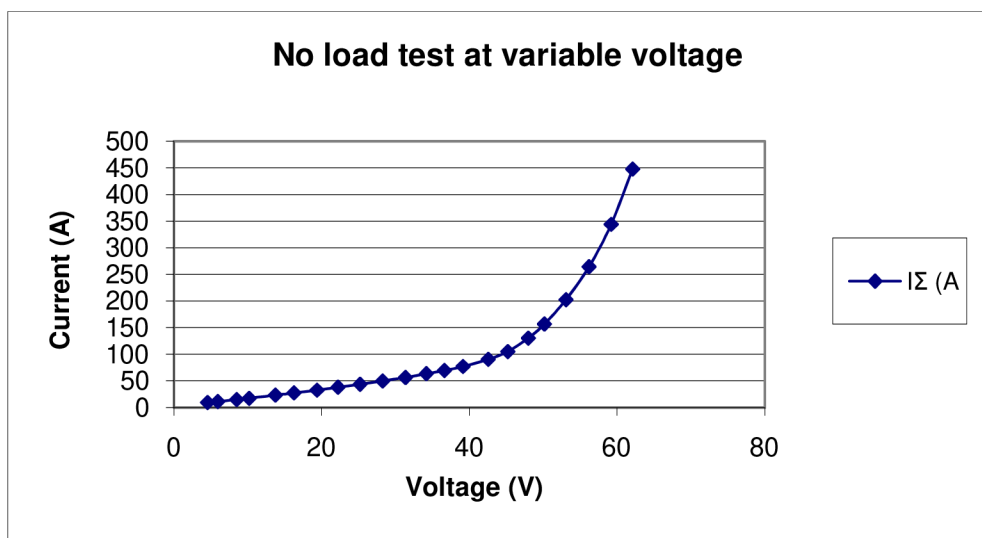


Obrázek 42: Graf 1

Poslední provedenou testovanou zkouškou byl test při konstantním krouticím momentu, v programu pod názvem No load test, variable voltage. Nastavila se hodnota krouticího momentu na 0,21 Nm a obsluha postupně zvyšovala hodnotu napětí a po jednotlivých krocích ukládala. Závislost zvyšování napětí a současného zvyšování proudu je znázorněno na grafu 3 na obrázku 44.



Obrázek 43: Graf 2



Obrázek 44: Graf 3

Podrobné výsledky všech tří testů jsou v příloze v excel souboru L100015.

Jedna ze součástí programu, která se možná při měření neužije a nebude používat, je měření odporu na fázích motoru pomocí tlačítka RESISTANCE TEST. Důvodem je to, že počítač, na kterém je spuštěn měřicí program, není hned vedle testovací stolice, ve které je

umístěn testovaný motor. Obsluha tak musí umístit měřicí kabely na svorky motoru pro požadovanou fázi a odejít k počítači, kde se zadá uložení. Pro obsluhu bude možná jednodušší si tři hodnoty odporů poznamenat a poté zapsat ručně do tabulky.

9. Závěr

Cílem této diplomové práce bylo vytvoření měřicí aplikace v prostředí LabVIEW pro komunikaci s měřicími přístroji, a to wattmetrem Yokogawa WT 1600, přístroji pro měření teploty vinutí skříní CA1000 se zabudovanou kartou CB-68T, NI USB 9213 a Agilent 34970A, mikroohmmetrem AIOP OM21 a CAN zařízení pro komunikaci s frekvenčním měničem Kvaser Leaf Ligth HS, při testovacích zkouškách elektrických motorů na pracovišti firmy Kollmorgen s.r.o. Bylo zapotřebí sehnat potřebné ovladače ke všem přístrojům, seznámit se s jejich komunikací pomocí použitých rozhraní USB, GPIB, CAN, PCI v prostředí LabVIEW a vše naimplementovat do jedné aplikace, která bude měřit a ukládat naměřená data podle zvoleného typu zkoušky. Po počátečních problémech s verzí LabVIEW 6.1, kdy ne všechny přístroje byly v této verzi podporovány, byla získána licence na verzi LabVIEW 8.5, ve které již všechny přístroje fungovaly.

Po vytvoření a odladění programu byl tento program otestován přímo na měřicím pracovišti firmy Kollmorgen, kde bude používán, a výsledky z měření byly prezentovány v kapitole 8. Měření. Měřicí aplikaci budou na pracovišti dále zkoušet, a pokud s ní budou nadále spokojeni, bude ji možné použít i na dalších dvou podobných testovacích pracovištích společnosti Kollmorgen ve švédském Stockholmu a americkém Radfordu.

10. Seznam použité literatury

- [1] VLACH, J.; HAVLÍČEK, J.; VLACH, M. *Začínáme s LabVIEW*. 1. vydání. Praha : BEN – technická literatura, 2008. 248 s. ISBN 978-80-7300-245-9.
- [2] Nesvadba, M., kollmorgen_Brno April_2009a [prezentace].
- [3] ČSN EN 60034-1. *Točivé elektrické stroje : Část 1: Jmenovité údaje a vlastnosti*. Praha : Český normalizační institut, 1.2.2005. 72 s.
- [4] Danaher Motion, Thermo couple location TSP, TSV, TSW 46325 [technický výkres], červen 2002.
- [5] Danaher Motion, Product testing for General Induction Motor. [interní dokument]
- [6] KADLEC, Karel; KMÍNEK, Miloš. *Vysoká škola chemicko-technologická v Praze* [online]. Verze 2.01. únor 2005 [cit. 2011-05-11]. Měřicí a řídicí technika. Dostupné z WWW: <<http://uprt.vscht.cz/kminekm/mrt/F4/F4k43-tepl.htm#k432>>.
- [7] *Fakulta elektrotechnická, ČVUT* [online]. listopad 2003 [cit. 2011-05-11]. Komunikační protokol CANopen. Dostupné z WWW: <http://dce.felk.cvut.cz/drs/cviceni/can/doc/popis_canopen.pdf>.
- [8] *LabVIEW Basics I Course Manual*, září 2000 [cit. 2011-05-11].
- [9] *WT1600 Digital Power Meter Communication Interface User's Manual*, 4. edice. duben 2004
- [10] *Agilent technologies* [online]. září 2010, 2. edice [cit. 2011-05-11]. Agilent 34970A/34972A Data acquisition/Switch Unit User's Manual. Dostupné z WWW: <<http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/34972-90001.pdf>>.
- [11] *AOIP Certified Measurement* [online]. 2000 [cit. 2011-05-11]. Programmable micro-ohmmeter OM 21. Dostupné z WWW: <<ftp://aoip.ecritel.net/wsaqip/docuk/OM21GB.pdf>>.
- [12] *National Instruments* [online]. 2011 [cit. 2011-05-11]. Technical Support. Dostupné z WWW: <<http://ni.com/>>.

11. Seznam použitých symbolů a zkratek

1D	1 rozměrný
ACS	AC SuperDrive, frekvenční měnič
ASCII	American Standard Code for Information Interchange, znaková sada definující znaky anglické abecedy a jiné znaky používané v informatice
CAN	Controller Area Network, datová sběrnice
CANopen	komunikační protokol
CCW	counter clockwise, směr otáčení motoru proti směru chodu hodinových ručiček
CJC	cold junction compensation, anglická zkratka pro KSK
$\cos f$	účinník
CW	clockwise, směr otáčení motoru po směru chodu hodinových ručiček
DAQ	Data AcQuisition, zpracování, získávání dat
DC	direct current, stejnosměrný proud
exe	executable, formát spustitelného souboru
front panel	čelní panel
GBIP	General Purpose Interface Bus, komunikační rozhraní
I_s	sdružený proud
J	typ termočláčku z materiálů železo a měď-nikl
K	typ termočláčku z materiálů nikl-chrom a nikl-hliník
KSK	kompenzace studeného konce
LabVIEW	Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench
LV	viz. LabVIEW
NI	National Instruments
MAX	Measurement & Automation Explorer
P	zatížení
P_{batt}	výkon baterie

P_{in}	příkon
P_{loss}	ztrátový výkon
P_{out}	výstupní výkon z motoru
P_s	činný výkon
PCI	Peripheral Component Interconnect, počítačová sběrnice
P_v	elektrické ztráty
PXI	platforma pro testování, měření a kontrolu
R_j	vyrovnávací odpor
RDG	reading, přesnost z naměřené hodnoty
RS232	sériová linka, komunikační rozhraní
SDO	Service Data Objects, potvrzovaný přenos dat přes CAN
subVI	podprogram
t	doba
T_c	doba jednoho zatěžovacího cyklu
U_s	sdružené napětí
USB	Universal Serial Bus, druh přístrojové sběrnice
VI	Virtual Instrument, virtuální přístroj
VISA	Virtual Instrument Software Architecture, standardní rozhraní pro programování přístrojů
VXI	platforma pro přístrojové systémy
zip	souborový formát pro kompresi a archivaci dat
Δt_p	doba chodu při konstantním zatížení
Δt_R	doba odpojení a klidu
Θ	teplota
Θ_{max}	maximální dosažená teplota
Δt_V	doba chodu naprázdno

11. Seznam použitých symbolů a zkratk

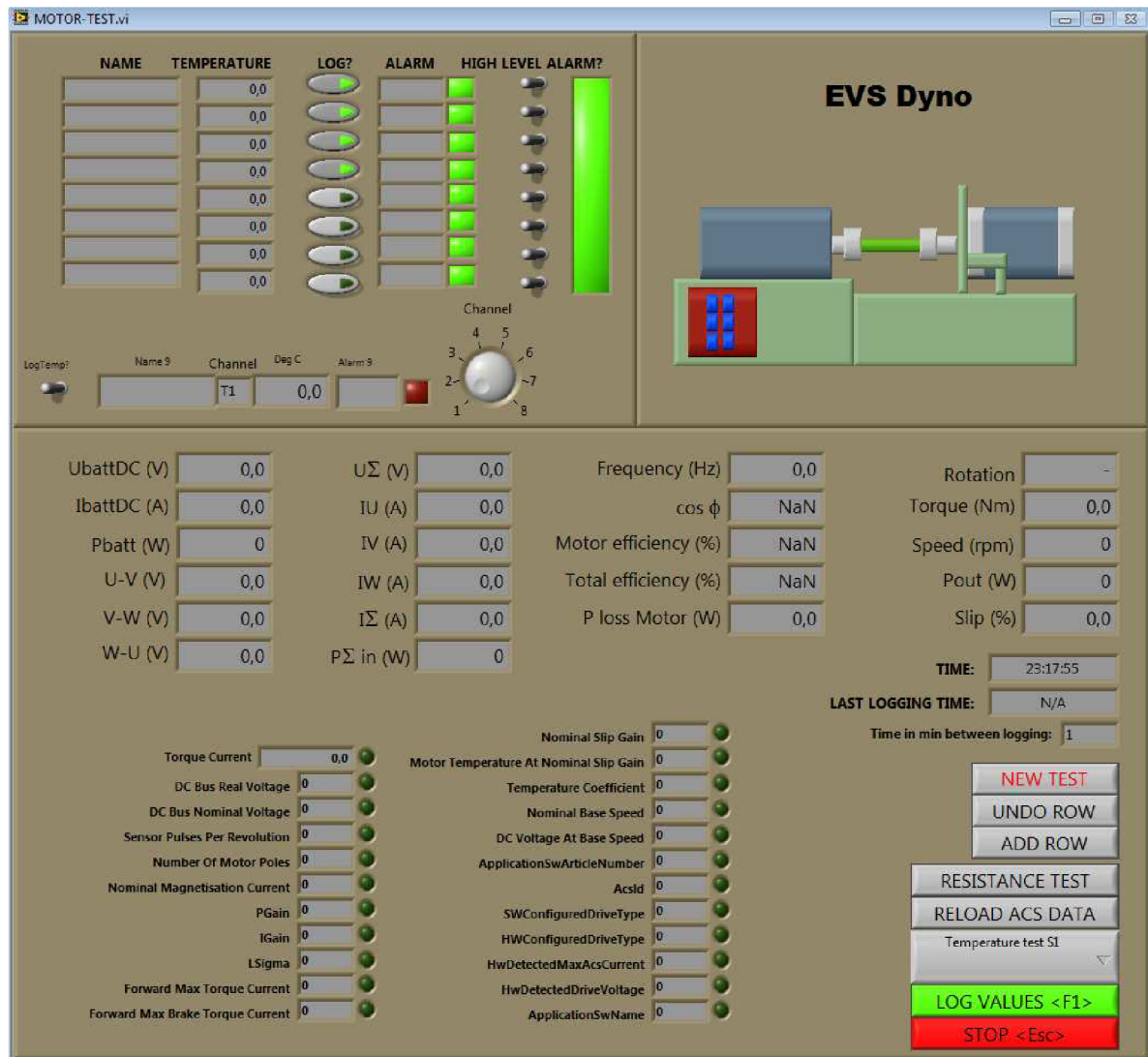
η	účinnost motoru
η_{batt}	účinnost při napájení frekvenčního měniče baterií
ν_m	měřená teplota
ν_0	referenční teplota

12. Seznam obrázků

Obrázek 1: Rozmístění společnosti Danaher ve světě [2].....	6
Obrázek 2: Kollmorgen v rámci společnosti Danaher [2].....	8
Obrázek 3: Průběh zkoušky S1	9
Obrázek 4: Průběh zkoušky S2	10
Obrázek 5: Průběh zkoušky S3	11
Obrázek 6: Průběh zkoušky S6	12
Obrázek 7: Rozmístění termočlánků ve vinutí statoru [4]	14
Obrázek 8: Schéma zapojení termočlánku [6]	15
Obrázek 9: skříň CA 1000 s kartou CB-68T	16
Obrázek 10: NI USB-9213	17
Obrázek 11: Agilent 34970A	17
Obrázek 12: Yokogawa WT 1600.....	18
Obrázek 13: AOIP OM 21	19
Obrázek 14: Kvaser Leaf Ligth HS.....	20
Obrázek 15: Frekvenční měnič Danaher AC Super Drive	20
Obrázek 16: Průmyslový počítač Axiomtek eBOX639-822-FL.....	21
Obrázek 17: Schéma propojení	22
Obrázek 18: Frame 1	26
Obrázek 19: Frame 2	27
Obrázek 20: Dialogové okno subVI MOTOR-TEST-YOKOGAWA-SETTINGS.vi.....	28
Obrázek 21: První část blokového diagramu subVI MOTOR-TEST-YOKOGAWA-SETTINGS.vi	29
Obrázek 22: Druhá část blokového diagramu subVI MOTOR-TEST-YOKOGAWA-SETTINGS.vi	29
Obrázek 23: Třetí část blokového diagramu subVI MOTOR-TEST-YOKOGAWA-SETTINGS.vi	31
Obrázek 24: Frame 3	32
Obrázek 25: Dialogové okno subVI MOTOR-TEST-ACS-SETTINGS.vi.....	33
Obrázek 26: Blokový diagram subVI MOTOR-TEST-ACS-SETTINGS.vi.....	34
Obrázek 27: Frame 4	34
Obrázek 28: Dialogové okno subVI MOTOR-TEMP-TEST-SETTINGS.vi	35
Obrázek 29: Blokový diagram subVI MOTOR-TEMP-TEST-SETTINGS.vi.....	36

Obrázek 30: Case struktura pro měření odporu	37
Obrázek 31: Front panel subVI MOTOR-TEST-RESISTANCE.vi	38
Obrázek 32: Blokový diagram subVI MOTOR-TEST.RESISTANCE.vi	40
Obrázek 33: Čtení dat z wattmetru Yokogawa WT 1600	40
Obrázek 34: Čtení dat z frekvenčního měniče Danaher ACS SuperDrive	43
Obrázek 35: HP34970A EZ Temperature	44
Obrázek 36: Alarmy teplot	44
Obrázek 37: DAQmx read	45
Obrázek 38: DAQ asistent	45
Obrázek 39: Čtení z CA 1000 - CB-68T	46
Obrázek 40: Tlačítka na front panelu po spuštění a během ukládání dat	48
Obrázek 41: Blokový diagram case struktury Undo Row	49
Obrázek 42: Graf 1	53
Obrázek 43: Graf 2	54
Obrázek 44: Graf 3	54
Obrázek 45: Front panel programu	63

13. Přílohy



Obrázek 45: Front panel programu