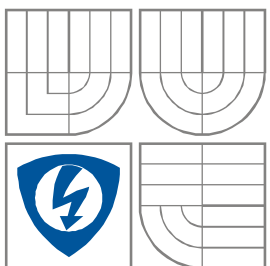


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ**

**ÚSTAV VÝKONOVÉ ELEKTROTECHNIKY
A ELEKTRONIKY**

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF POWER ELECTRICAL AND ELECTRONIC
ENGINEERING

AUTOMATIZOVANÉ MĚŘENÍ V PROGRAMU LABVIEW

AUTOMATIC MEASURING WITH LABVIEW

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

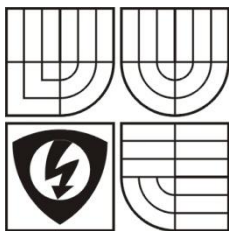
Michal Paszek

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Rostislav Huzlík

BRNO, 2010



**VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ**

**Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií**

Ústav výkonové elektrotechniky a elektroniky

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor
Silnoproudá elektrotechnika a elektroenergetika

Student: Michal Paszek

Ročník: 3

ID: 106695

Akademický rok: 2009/2010

NÁZEV TÉMATU:

Automatizované měření v programu LabVIEW

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Realizujte pracoviště navrhnuté v rámci Semestrálního projektu.
2. Pro navrhnuté pracoviště vytvořte v programu LabVIEW řídicí software.
3. Na realizovaném pracovišti proveďte měření a výsledky analyzujte.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

Termín zadání: 1.10.2009

Termín odevzdání: 27.5.2010

Vedoucí projektu: Ing. Rostislav Huzlík

doc. Ing. Čestmír Ondrůšek, CSc.
předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor semestrální práce nesmí při vytváření semestrální práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

Abstrakt

Práce bude seznamovat s programem LabVIEW, měřením stejnosměrného motoru s cizím buzením, návrhem automatizovaného měřicího pracoviště a popisem řídicího software.

V prvním bodě bude popsána virtuální laboratoř. Druhá kapitola bude popisovat program LabVIEW, jednotlivá okna programu a tvorbu virtuálního přístroje. Třetí část se bude zabývat měřením charakteristik stejnosměrného motoru s cizím buzením, kde bude popsáno použití a spouštění motorů, zkouška naprázdno a zatěžovací zkouška. Ve čtvrté kapitole bude návrh automatizovaného měřicího pracoviště a popis přístrojů, které jej tvoří včetně jednotlivých vlastností a parametrů. Pátý bod bude seznamovat s funkcí řídicího software, popisovat nejen blokové diagramy, ale i čelní panely virtuálního přístroje pro bloky nastavovací, měřicí, ukládací a kontrolující. Šestá kapitola bude zobrazovat tabulku a průběhy vzniklé měřením stejnosměrného motoru s cizím buzením. Nakonec se provede zhodnocení jejich hodnot a průběhů.

Abstract

The thesis will introduce a program Labview, a measurement of DC motor separately excited, a design of an automated workplace and a description of its control software.

The first section will describe a virtual laboratory. The second chapter will describe the LabVIEW program, each program window and a creation of a virtual instrument. The third part will deal with measurements of characteristics of the DC motor separately excited where the usage and function of motors, load test and a load test will be described. The fourth chapter will introduce the design of the automated measuring workplace and its machine descriptions including their individual characteristics and parameters. The fifth section will deal with functions of the control software describing not only block diagrams but also front panels of the virtual instrument for setting, measuring, storing and controlling blocks. The sixth chapter will depict a chart and waveforms created by the measurement of the DC motor separately excited. Finally, an evaluation of their values and waveforms will be performed.

Klíčová slova

LabVIEW, Virtuální měřicí přístroj, Stejnosměrný motor

Keywords

LabVIEW, Virtual measurement instrument, DC motor

Bibliografická citace

PASZEK, M. *Automatizované měření v programu LabVIEW*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2010. 39 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Rostislav Huzlík.

Prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma **Automatizované měření v programu LabVIEW** jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

V Brně dne

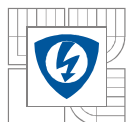
Podpis autora

Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Rostislavu Huzlíkovi za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé bakalářské práce.

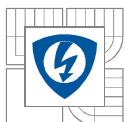
V Brně dne

Podpis autora



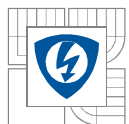
OBSAH

1 ÚVOD	12
2 LABVIEW.....	13
2.1 TVORBA VIRTUÁLNÍHO PŘÍSTROJE.....	13
2.2 VIRTUÁLNÍ PŘÍSTROJE	13
2.3 ČELNÍ PANEL VIRTUÁLNÍHO PŘÍSTROJE	14
2.4 BLOKOVÉ SCHÉMA VIRTUÁLNÍHO PŘÍSTROJE	15
3 STEJNOSMĚRNÝ MOTOR S CIZÍM BUZENÍM	16
3.1 MOTOR VE STAVU NAPRÁZDNO.....	17
3.2 ZATĚŽOVACÍ ZKOUŠKA MOTORU S CIZÍM BUZENÍM	18
4 NÁVRH AUTOMATIZOVANÉHO MĚŘICÍHO PRACOVÍŠTĚ	19
4.1 TENZOMETR	19
4.2 ZDROJ PRO NAPÁJENÍ KOTVY AGILENT E3634A.....	19
4.3 ZDROJ BUDICÍHO PROUDU MANSO S DP2405.....	20
4.4 PŘEVODNÍK GPIB-USB.....	21
4.5 PŘEVODNÍK RS232-USB.....	21
4.6 STEJNOSMĚRNÝ MOTOR	21
4.6.1 VLASTNOSTI MOTORU NK3K8	22
4.7 DYNAMO	22
4.8 SCHÉMA MĚŘICÍHO PRACOVÍŠTĚ.....	22
5 POPIS ŘÍDÍCÍHO SOFTWARE A JEHO TVORBY	23
5.1 VZHLED A POPIS FUNKCE ČELNÍHO PANELU VIRTUÁLNÍHO PŘÍSTROJE	23
5.2 VZHLED A POPIS FUNKCE BLOKOVÉHO DIAGRAMU.....	24
5.2.1 POČÁTEČNÍ NASTAVENÍ PROGRAMU.....	25
5.2.2 NASTAVOVACÍ ČÁST BUDICÍHO NAPĚTÍ U_B	26
5.2.3 NASTAVOVACÍ ČÁST NAPĚTÍ KOTVY U_A	27
5.2.4 MĚŘICÍ ČÁST BUDICÍHO NAPĚTÍ U_B	27
5.2.5 MĚŘICÍ ČÁST NAPĚTÍ KOTVY U_A	28
5.2.6 MĚŘENÍ OTÁČEK N A MOMENTU M.....	29
5.2.7 ULOŽENÍ HODNOT DO TABULKY	30
5.2.8 ULOŽENÍ HODNOT DO SOUBORU	30
5.2.9 VYMAZÁNÍ HODNOT Z TABULKY A MATICE	30
5.2.10 KONTROLUJÍCÍ ČÁST PROGRAMU.....	31
5.2.11 UKONČOVACÍ ČÁST PROGRAMU	31
6 MĚŘENÍ	32
6.1 TABULKY MĚŘENÍ CHARAKTERISTIKY NAPRÁZDNO	32
6.2 TABULKA MĚŘENÍ ZATĚŽOVACÍ CHARAKTERISTIKY	33
6.3 CHARAKTERISTIKY NAPRÁZDNO	35
6.4 CHARAKTERISTIKY ZATĚŽOVACÍ.....	36

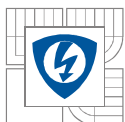


7 ZÁVĚR.....	37
--------------	----

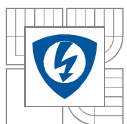
LITERATURA	38
------------------	----

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

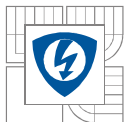
<i>Obrázek 1 Úvodní obrazovka pro tvorbu projektu.....</i>	<i>13</i>
<i>Obrázek 2 Ukázka čelního panelu virtuálního přístroje</i>	<i>14</i>
<i>Obrázek 3 Ukázka paletového menu prvků čelního panelu</i>	<i>15</i>
<i>Obrázek 4 Ukázka paletového menu blokového diagramu</i>	<i>15</i>
<i>Obrázek 5 Ukázka blokového diagramu virtuálního přístroje.....</i>	<i>16</i>
<i>Obrázek 6 Schéma zapojení stejnosměrného motoru s cizím buzením</i>	<i>16</i>
<i>Obrázek 7 Otáčková charakteristika $n=f(I_b)$ naprázdno.....</i>	<i>17</i>
<i>Obrázek 8 Otáčková charakteristika $n=f(U_a)$ naprázdno</i>	<i>18</i>
<i>Obrázek 9 Zatěžovací charakteristika stejnosměrný motoru s cizím buzením [4]</i>	<i>18</i>
<i>Obrázek 10 Měřicí jednotka Magtrol 6400 [7]</i>	<i>19</i>
<i>Obrázek 11 Zdroj Agilent E3633A [10]</i>	<i>19</i>
<i>Obrázek 12 Zdroj Manson SDP2405 [8]</i>	<i>20</i>
<i>Obrázek 13 Převodník GPIB-USB [11]</i>	<i>21</i>
<i>Obrázek 14 Převodník RS232-USB [9]</i>	<i>21</i>
<i>Obrázek 15 Stejnosměrný motor NK3K8 [12]</i>	<i>22</i>
<i>Obrázek 16 Schéma měřicího pracoviště</i>	<i>22</i>
<i>Obrázek 17 Project Explorer programu</i>	<i>23</i>
<i>Obrázek 18 Čelní panel virtuálního přístroje</i>	<i>24</i>
<i>Obrázek 19 Blokový diagram virtuálního přístroje</i>	<i>24</i>
<i>Obrázek 20 Počáteční nastavení programu</i>	<i>25</i>
<i>Obrázek 21 Nastavování hodnot U_b do Manson SDP2405.....</i>	<i>26</i>
<i>Obrázek 22 Nastavování hodnot U_a do Agilent E3634A.....</i>	<i>27</i>
<i>Obrázek 23 Výpis odečtených hodnot U_b a I_b z Manson SDP2405.....</i>	<i>28</i>
<i>Obrázek 24 Výpis odečtených hodnot U_a a I_a z Agilent E3634A.....</i>	<i>28</i>
<i>Obrázek 25 Výpis odečtených hodnot otáček n momentu M z přístroje Magtrol 6400.....</i>	<i>29</i>
<i>Obrázek 26 Uložení hodnot do tabulky</i>	<i>30</i>
<i>Obrázek 27 Uložení hodnot do souboru.....</i>	<i>30</i>
<i>Obrázek 28 Vymazání hodnot z tabulky a matice.....</i>	<i>31</i>
<i>Obrázek 29 Kontrolující část programu</i>	<i>31</i>
<i>Obrázek 30 Ukončovací část programu.....</i>	<i>31</i>
<i>Obrázek 31 Charakteristika naprázdno $U_b=12V$.....</i>	<i>35</i>
<i>Obrázek 32 Charakteristika naprázdno $U_b=24V$.....</i>	<i>35</i>



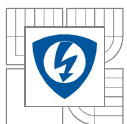
<i>Obrázek 33 Charakteristika zatěžovací $U_b=12V$, $U_a=12V$.....</i>	<i>36</i>
<i>Obrázek 34 Charakteristika zatěžovací $U_b=24V$, $U_a=12V$.....</i>	<i>36</i>
<i>Obrázek 35 Charakteristika zatěžovací $U_b=24V$, $U_a=24V$.....</i>	<i>37</i>

**SEZNAM TABULEK**

<i>Tabulka 1 Charakteristika naprázdno $U_b=24V$</i>	<i>32</i>
<i>Tabulka 2 Charakteristika naprázdno $U_b=12V$</i>	<i>33</i>
<i>Tabulka 3 Charakteristika zatěžovací $U_b=12V$, $U_a=12V$</i>	<i>33</i>
<i>Tabulka 4 Charakteristika zatěžovací $U_b=24V$, $U_a=12V$</i>	<i>34</i>
<i>Tabulka 5 Charakteristika zatěžovací $U_b=24V$, $U_a=24V$</i>	<i>34</i>

**SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK**

M	moment	$\text{N} \cdot \text{m}$
n	otáčky motoru	min^{-1}
U	svorkové napětí	V
I_a	proud kotvy	A
U_a	napětí kotvy	V
I_b	proud budicí	A
U_b	napětí budicí	V
U_i	napětí indukované	V
U_0	napětí naprázdno	V
I_{bn}	jmenovitý budicí proud	A
R_a	odpor kotvy	Ω
ss	stejnoseměrný	
VI	Virtual Instrument	
K	komutační vinutí	
Q	kompensační vinutí	
PC	personal computer	



1 ÚVOD

Virtuální laboratoře mají v posledních letech obrovský vzestup. Díky internetu a dálkově řízené laboratoři se dá například spustit a řídit motor na jiné části zeměkoule. Výhodou těchto laboratoří je, že oprávněná osoba může zadávat řídicí hodnoty jako u reálného měření. Přes webový prohlížeč pak může sledovat chování stroje. Také je možnost, že se data z měření uloží do počítače a následně jsou vyhodnocována.

Program LabVIEW od firmy National Instruments je grafický programovací jazyk. Vývojové prostředí, které je na úrovni jazyka C, je pro průměrného uživatele příjemnější. Vytváří se v něm různé programy, například pro měření, řízení, simulaci a analýzu aplikací. Výhodou je snadné rozšíření a úprava aplikace. Dále, nevznikají chyby, jak u běžných měřicích přístrojů způsobené špatným odečtením hodnot z přístroje.

V rámci této práce je vytvořena virtuální laboratoř k řízení stejnosměrného motoru s cizím buzením. Stejnosměrný motor s cizím buzením je využíván v dopravě (tramvaje, lokomotivy). Program virtuálního měřicího přístroje je vhodný pro měření charakteristiky naprázdno a charakteristiky zatěžovací motoru. Naměřená data lze uložit na pevný disk počítače. Zmáčknutím tlačítka pro uložení do tabulky se hodnoty měření zobrazí přímo v tabulce na čelním panelu virtuálního přístroje. Zmáčknutím tlačítka pro uložení do souboru, se data ukládají s příponou *.lvm. Tento formát, lze otevřít například programem Microsoft Excel. Měřením získáváme soubory s naměřenými hodnotami. Po zpracování hodnot, můžeme porovnávat průběhy a hodnoty jednotlivých měření motoru.

2 LABVIEW

2.1 TVORBA VIRTUÁLNÍHO PŘÍSTROJE

Při spuštění LabVIEW se objeví úvodní obrazovka (*Obrázek 1*). V levém rohu je možnost *New* pro vytvoření nového virtuálního přístroje. V levém dolním rohu jsou naposledy otevřené programy. V pravé části jsou informace a aktuality z internetu o tzv. virtuálních přístrojích VI (Virtual Instrument).

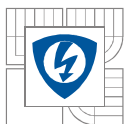


Obrázek 1 Úvodní obrazovka pro tvorbu projektu

Pomocí příkazu *Find Examples* se otevře okno a máme možnost hledat a editovat hotové řešené VI příklady. Příkaz *VI from Template*, kde jsou uloženy hotové šablony, zjednoduší tvůrci počáteční práci i čas. Pomocí *Blank VI* se otevře prázdný čelní panel, blokové schéma a uživatel může vytvářet svůj virtuální přístroj. Vybráním prázdného projektu *Empty Project* se otevře okno *Project Explorer*. Toto okno umožňuje editovat a vkládat více *Blank VI* souborů, nově vytvořených i starších. *Empty Project* se používá u obsahově delších programů.

2.2 VIRTUÁLNÍ PŘÍSTROJE

Pomocí zásuvné měřicí karty v počítači, měřicí soustavy a programu LabVIEW (Laboratory Virtual Instruments Engineering Workbench) se vytváří virtuální měřicí pracoviště. Výhodou je možnost vytvořit si jakýkoli měřicí přístroj a měnit jednotlivé parametry, vše je řízeno počítačem. Není třeba proto kupovat drahé přístroje, jako jsou např. osciloskopy. LabVIEW je grafický programovací jazyk, jehož výsledný produkt je virtuální přístroj, připomínající klasický měřicí přístroj. Každý projekt v LabVIEW lze zkompileovat do samostatně spustitelného *.exe souboru. Program LabVIEW obsahuje bohaté knihovny a umožňuje provádět analýzu a zobrazení naměřených dat. Vytvořený virtuální přístroj obsahuje:



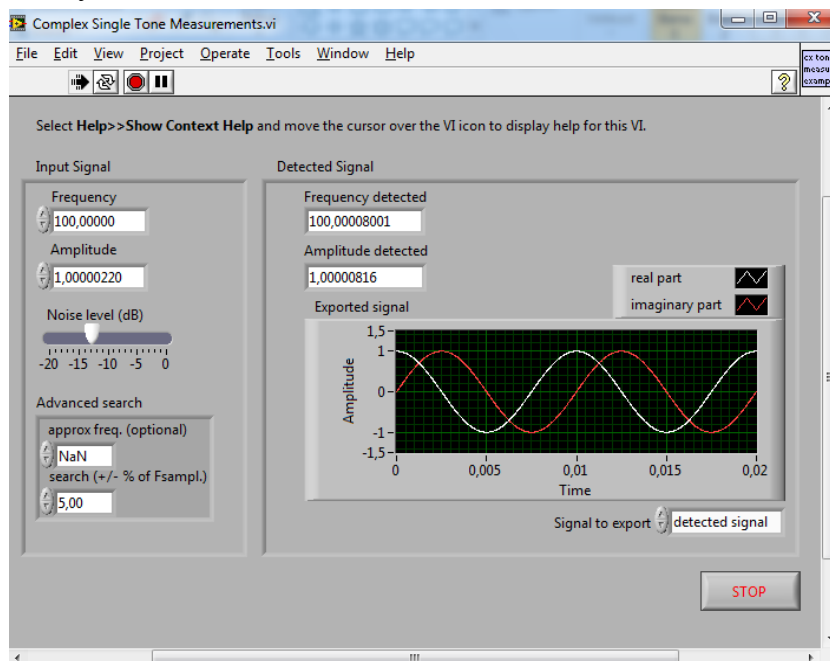
- Čelní panel (Front Panel), který zobrazuje čelní panel virtuálního přístroje. Jeho součástí jsou ovládací a indikační prvky (otočné knoflíky, tlačítka, stupnice, grafy, LED indikátory, zobrazovače). Uživatel řídí panel pomocí klávesnice nebo myši.
- Blokové schéma (Block Diagram) je vytvořeno indikačními prvky čelního panelu. Spojením jednotlivých bloků se zpracovávají procházející data.
- Virtuální přístroj má hierarchickou a modulární strukturu. Lze jej používat jako celý program nebo jeho jednotlivé podprogramy, které se nazývají podřízenými virtuálními přístroji (Sub-VI).

2.3 Čelní panel virtuálního přístroje

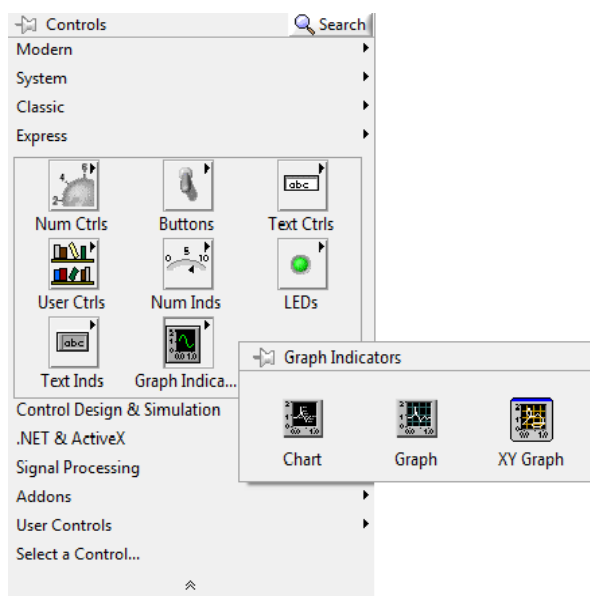
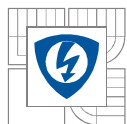
Čelní panel virtuálního přístroje (*Obrázek 2*) představuje čelní panel fyzického přístroje. Pomocí pravého tlačítka myši se objeví paletová nabídka (*Obrázek 3*). Prvky z knihovny se zobrazí na čelním panelu pomocí levého tlačítka myši. U všech prvků se může měnit velikost, barva, písmo, umístění atd.

Čelní panel má dva typy prvků. Prvním typem jsou **ovládací** (controls), které simulují vstupní zařízení. Slouží pro ovládání virtuálního přístroje, přeneše vstupní informace od uživatele do aplikace. V blokovém diagramu jsou to bloky, z nichž signál vystupuje do algoritmu.

Druhým typem jsou **indikační** (indicators), které simulují výstupní zařízení a v blokovém schématu jsou znázorněny výstupními bloky. Slouží k určení stavu virtuálního přístroje a předávání informací směrem od aplikace k uživateli. V blokovém schématu jsou to bloky, v nichž signálové cesty končí.



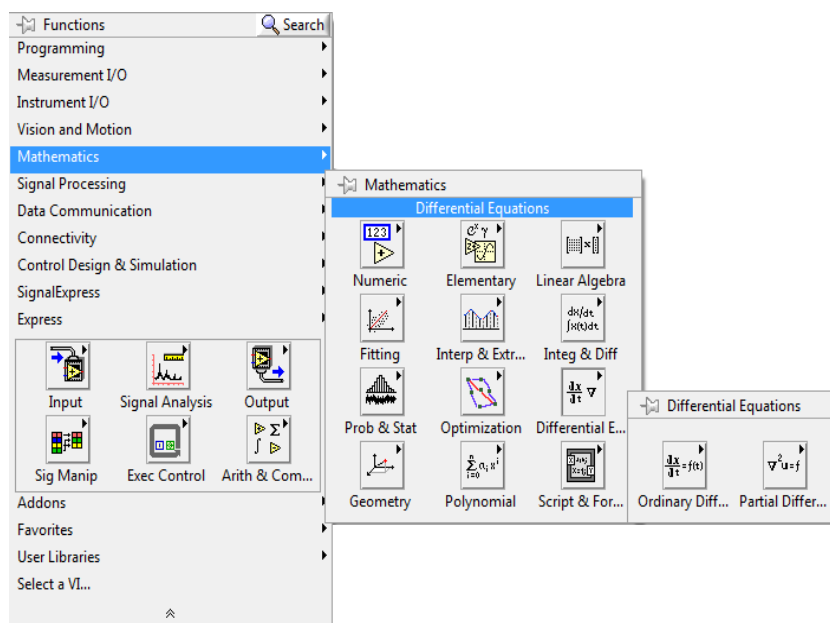
Obrázek 2 Ukázka čelního panelu virtuálního přístroje



Obrázek 3 Ukázka paletového menu prvků čelního panelu

2.4 Blokové schéma virtuálního přístroje

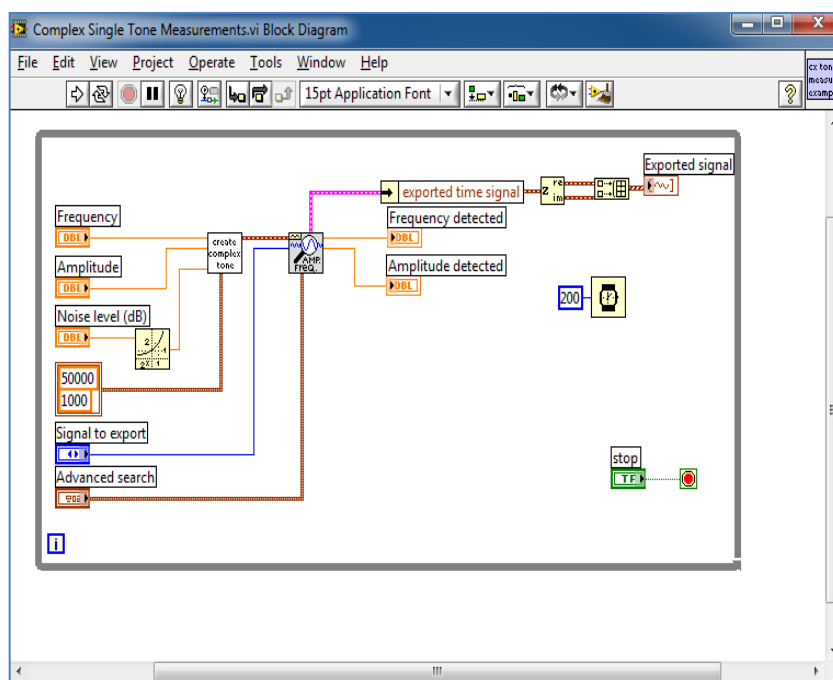
Blokové schéma je blokové vyjádření zdrojového kódu virtuálního přístroje. Bloky jsou tvořeny uzlovými bloky (nodes), které se vybírají z paletového menu **Functions** (Obrázek 4) v blokovém diagramu (Obrázek 5). Koncové bloky se objeví v blokovém schématu při tvorbě čelního panelu. Paletovou nabídku lze vyvolat stejným způsobem jako u paletového menu prvků čelního panelu pomocí pravého tlačítka myši. Bloky se propojují signálovými cestami (wires). Existují také programové struktury (structures), které v grafické podobě představují standardní konstrukce užívané v programovacích jazycích (podmíněný příkaz, cyklus, přepínač). Signály prochází cestou od zdrojového koncového bloku k cílovému koncovému bloku. Nelze propojit vzájemně dva zdrojové koncové bloky, ale lze spojit jeden zdrojový koncový blok s několika cílovými.



Obrázek 4 Ukázka paletového menu blokového diagramu

Užitečná klávesová zkratka **Ctrl B**, odstraní všechny přerušené signálové cesty, nemusí se tedy mazat jednotlivě. Pro rychlé přepínání mezi oknem čelního panelu a oknem blokového diagramu slouží klávesy **Ctrl E**. Výhodou je také rychlejší vyhledání daného okna, kdy má uživatel otevřen větší počet oken.

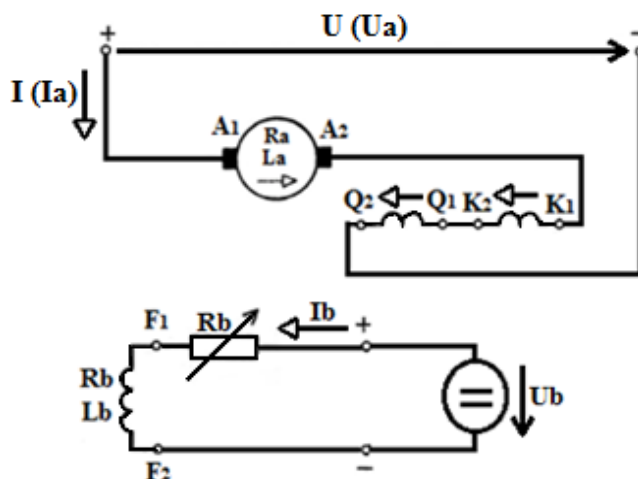
Uživatel může mít k danému virtuálnímu přístroji otevřeno okno čelního panelu i blokového diagramu, nebo jen okno čelního panelu. Při zavření okna čelního diagramu se zavírají automaticky obě okna.



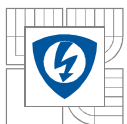
Obrázek 5 Ukázka blokového diagramu virtuálního přístroje

3 STEJNOSMĚRNÝ MOTOR S CIZÍM BUZENÍM

Motor s cizím buzením (Obrázek 6) má obvod buzení a obvod kotvy napájený ze dvou samostatných zdrojů stejnosměrného napětí. Napětí kotvy U_a je dáno svorkovým napětím U , zanedbáme-li kompenzační vinutí Q a komutační vinutí K .



Obrázek 6 Schéma zapojení stejnosměrného motoru s cizím buzením



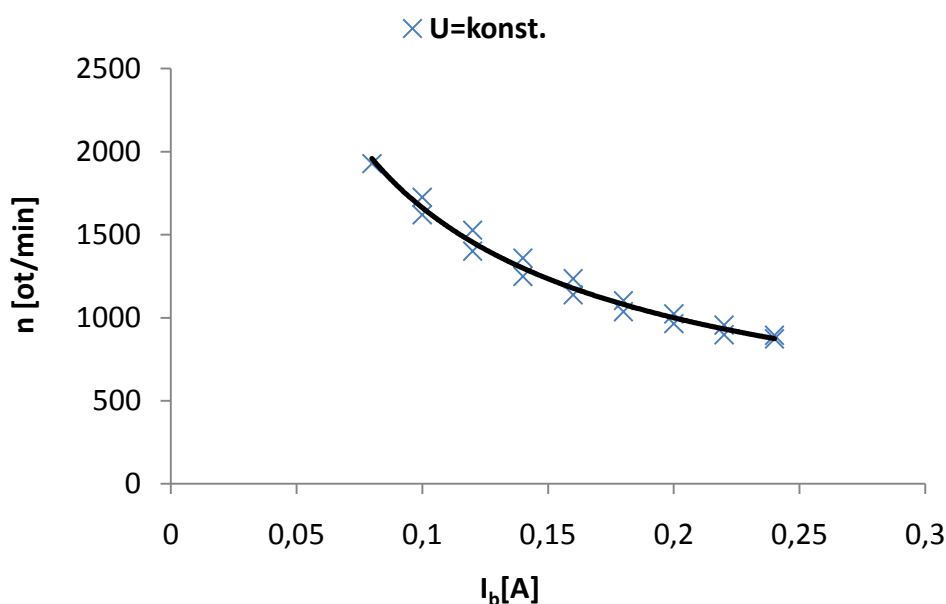
Motor má budicí vinutí připojené na síť. Nelze je spouštět přímým připojením k napájecímu zdroji (až na výjimky malých motorků), protože moment záběru při rozběhu by byl větší než maximální dovolený moment motoru. U starších motorů se musí dávat pozor při připojení motoru k napájecímu zdroji. Je třeba zajistit, aby proud motoru nepřekročil mezní dovolenou hodnotu, což se v praxi provádí řízením velikosti napájecího napětí nebo připojením předřadného rezistoru do obvodu kotvy motoru. Současné ss (stejnoseměrné) motory se spouštějí připojením a následným zvyšováním kotevního napětí, ale motor musí být nabuzen na jmenovitou hodnotu budicího proudu.

3.1 Motor ve stavu naprázdno

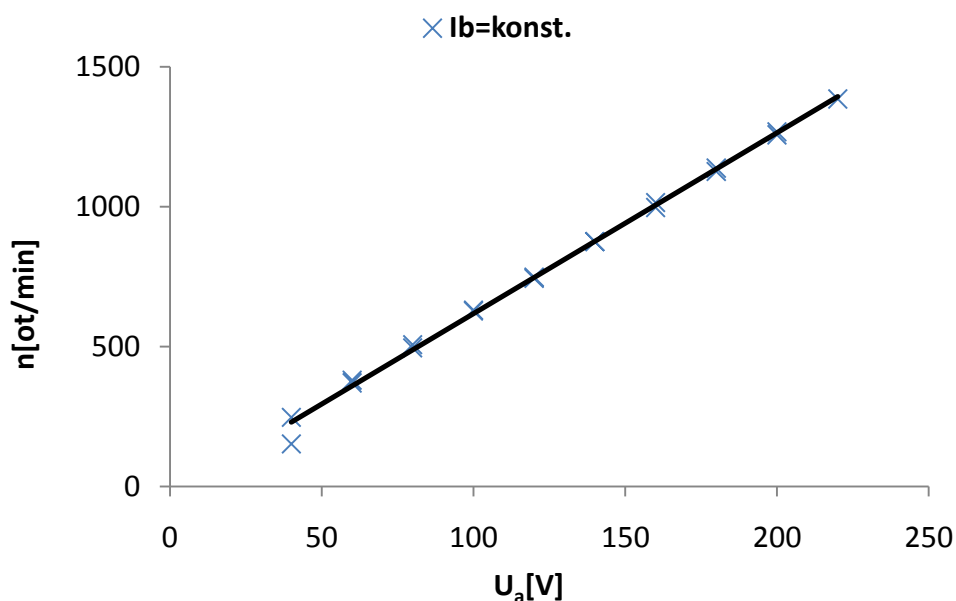
Motor ve stavu naprázdno ($U_0 = U_i$) je plně buzený ($I_b = I_{bn}$) a kotva je připojená na zdroj napětí. Na hřídeli není žádná mechanická zátěž ($I_a = 0$), a proto se otáčí otáčkami naprázdno n_0 . Pro získání charakteristiky se na budicím okruhu nastaví konstantní jmenovitou hodnotu budicího proudu I_b . Pak se zapojí okruh kotvy při minimálním napětí, při kterém se motor roztočí a postupně se zvyšuje napětí kotvy U_a , čímž se zvýší i otáčky motoru n .

Důležité je, abychom obvod kotvy stejnosměrných motorů připojili až po nabuzení. Jelikož kotva, která má velmi malý odpor, představuje zkrat pro zdroj a účinkem velkého proudu může dojít ke zničení. Do budicího obvodu se nedávají pojistky, aby nebyl během chodu přerušen budicí proud. V případě přerušení budicího proudu ($I_b = 0$) se otáčky nebezpečně zvýší a může dojít k mechanickému poškození stroje.

Stroj zvyšuje otáčky, pokud je hnací moment větší než moment zatěžovací. Při rovnováze momentů jsou otáčky ustálené. Otáčkové charakteristiky (Obrázek 7, Obrázek 8) se měří pro oba směry točení. Přičemž maximální otáčky nesmí přesáhnout 150 % otáček jmenovitých při odbuzování stroje ($I_b < I_{bn}$). Odchyłky v měření při různých směrech točení stroje jsou způsobeny nesprávným nastavením neutrální polohy kartáčů stejnosměrného stroje.



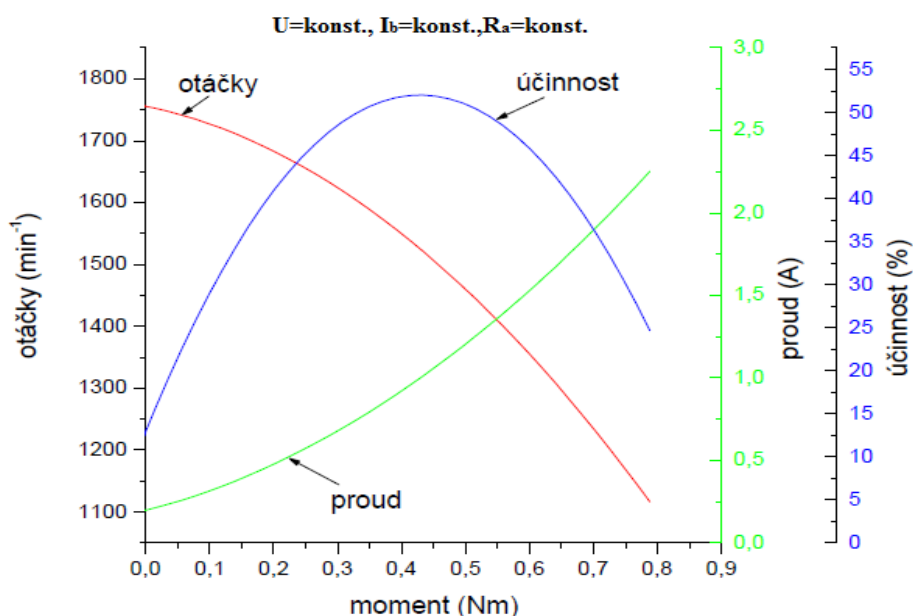
Obrázek 7 Otáčková charakteristika $n=f(I_b)$ naprázdno



Obrázek 8 Otáčková charakteristika $n=f(U_a)$ naprázdno

3.2 Zatěžovací zkouška motoru s cizím buzením

Pro měření zatěžovací charakteristiky (Obrázek 9) nejdříve připojíme motor na snížené napětí, aby se zjistil směr otáčení motoru, přičemž buzení je nastavené na jmenovitou hodnotu a odpor v kotvě motoru nastavíme na nulu. Pak se motor odpojí od zdroje a do chodu uvedeme dynamometr. Musíme se přesvědčit, že se otáčí stejně jako motor. Jeho otáčky se nastaví přibližně na hodnotu jmenovitých otáček motoru s cizím buzením. Měřený motor se potom připojí na jmenovité napětí. Po zahřátí motoru zatížíme maximálně motor momentem pomocí dynamometru a pak odlehčíme (není zatížen žádným momentem).



Obrázek 9 Zatěžovací charakteristika stejnosměrný motoru s cizím buzením [4]

Postupně zatěžujeme motor a pro jednotlivé nastavené hodnoty odečítáme moment, rychlost, proud a napětí při konstantním budicím proudu I_b a svorkovém napětí U (U_a). Přitom kontrolujeme, zda při zatěžování postupujeme stále v jednom směru.

4 NÁVRH AUTOMATIZOVANÉHO MĚŘICÍHO PRACOVISTĚ

4.1 Tenzometr

Měřicí jednotka Magtrol 6400 (Obrázek 10) měří moment motoru M a také rychlost otáčení motoru n tenzometrickou hřídelí TM206, která se nachází mezi ss motorem NK3K8 a dynamem NK3K8. Měřicí jednotka komunikuje s počítačem pomocí GPIB rozhraní. Je přesným přístrojem, protože maximální chyba při měření je 0,1 % z maximální hodnoty. Snímá maximální hodnotu rychlosti otáčení $n = 20000$ ot/min. Zobrazuje maximální moment $M = 5 \text{ N} \cdot \text{m}$.

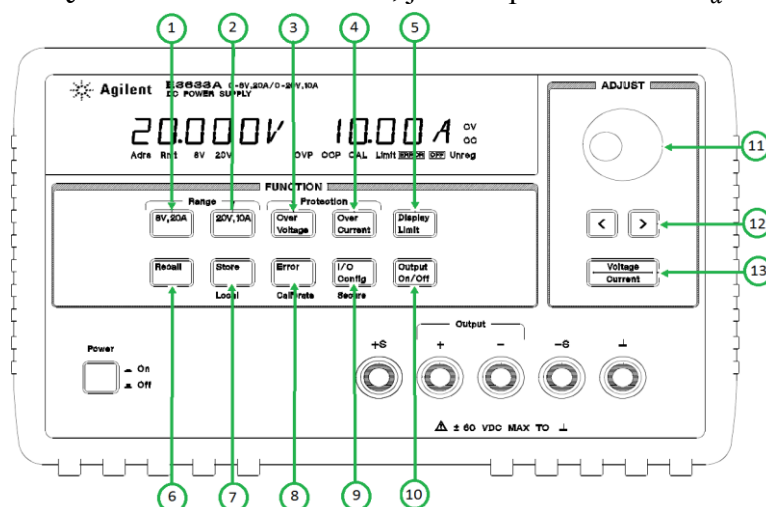


Obrázek 10 Měřicí jednotka Magtrol 6400 [7]

V LabVIEW v bloku *MAGTROL* (viz. 5.2.6) je vytvořený program pro zápis momentu M a rychlosti otáčení n z měřicí jednotky Magtrol 6400 na čelní panel vytvořeného měřicího přístroje.

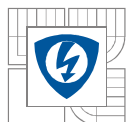
4.2 Zdroj pro napájení kotvy Agilent E3634A

Zdrojem Agilent E3634A (Obrázek 11) se nastavuje svorkové napětí U , zanedbáním kompenzačního vinutí Q a komutačního vinutí K , jde o napětí na kotvě U_a .



Obrázek 11 Zdroj Agilent E3634A [10]

Zdroj má jeden výstup s rozsahy (25 V, 7 A) nebo (50 V, 4 A). Zdroj se ovládá ručně nebo dálkově, díky integrovanému GPIB rozhraní. Tlačítkem 1 nebo tlačítkem 2 se volí rozsah zdroje. Následně se tlačítkem 5 nastaví potřebný napěťový limit pomocí tlačítek 11 a 12.



Potom se tlačítkem 13 přepne na nastavení proudu pro zvolení požadované proudové hodnoty použitím tlačítek 11, 12. Nakonec zmáčkne tlačítko 10 pro zapnutí výstupu zdroje. Proud protéká zdrojem, je-li ke zdroji připojen proměnný odpor. Všechny popsané nastavení lze měnit pomocí příkazů přes GPIB rozhraní.

Použité příkazy typu **write** (znamená, udělej):

VOLT:RANG P25V- příkaz nastaví rozsah zdroje na 25 V, 7 A.

VOLT 25.0 - příkaz pro nastavení napětí na 25 V

OUTP:STAT OFF / OUTP:STAT ON - příkazy vypínající / zapínající výstup zdroje.

Použité příkazy typu **write then read** (položí otázku a čeká na odpověď):

MEAS:VOLT? - příkaz se ptá, jaké je napětí na výstupu zdroje, zdroj odpovídá hodnotou napětí ve formátu *string*.

MEAS:CURRE? - příkaz se ptá, jaký je proud na výstupu zdroje, zdroj odpovídá hodnotou proudu ve formátu *string*

4.3 Zdroj budicího proudu Manson SDP2405

Zdrojem Manson SDP2405 (Obrázek 12) nastavujeme budicí proud I_b pomocí budicího napětí U_b . Zdroj se také ovládá ručně nebo dálkově, díky integrovanému RS232 rozhraní.

Zdroj má pevný proudový i napěťový rozsah. Zmáčknutím tlačítka 15 a následně 13 se nastaví sběrnice RS232 nebo (RS485). Ovládání lze zablokovat zmáčknutím tlačítka 15 a následně 16. Tlačítko 16 slouží k nastavení potřebného napěťového limitu, jenž se provede tlačítky 17 nebo 1-12. Potom se opětovným zmáčknutím tlačítka 16 přepne na nastavení proudu, pro zvolení požadované proudové hodnoty je použito tlačítko 17 nebo 1-12. Nakonec zmáčkne tlačítko 15 a následně 16 pro zapnutí výstupu zdroje. Proud protéká zdrojem, je-li ke zdroji připojen proměnný odpor.



Obrázek 12 Zdroj Manson SDP2405 [8]

Pro dálkové ovládání přístroje Manson SDP2405 jsou v programu LabVIEW použity bloky SDP (viz. 5.2.2 a 5.2.4). Jeden slouží pro nastavení napětí U_b na zdroji a druhý spíná nebo rozpíná výstupní svorky zdroje. Poslední blok vrací hodnotu proudu I_b a napětí U_b .

4.4 Převodník GPIB-USB

Převodník (Obrázek 13) je nutný, protože PC ani notebooky nemají GPIB rozhraní. Jeden z doporučených softwarů je LabVIEW. V této práci je GPIB adresa nastavená na hodnotu „5“. Díky této adrese se spojí měřicí přístroj Agilent E3634A s počítačem. Příkazy (**write** a **write then read**, viz 4.2) můžeme měnit hodnoty proudu kotvy I_a a napětí U_a dálkově. GBIP sběrnice umožňuje ovládání a přenos dat mezi 15 zdroji (včetně počítače). Přenos je prováděn 8 datovými bity a rychlost převodníku dosahuje až 7,2 MB/s.



Obrázek 13 Převodník GPIB-USB [11]

4.5 Převodník RS232-USB

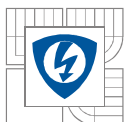
Převodník (Obrázek 14) je také nutný, protože ne všechny PC mají rozhraní RS232. V tomto programu je nastaven port COM „6“ a hodnota adresy „1“. Pomocí adresy a portu se spojí měřicí přístroj Manson SDP2405 s počítačem, pak se můžou měnit hodnoty proudu I_b a napětí U_b dálkově (pomocí SDP bloků). Sériový přenos dat se uskutečňuje pomocí 9 bitových rámců. Maximální přenosová rychlost je větší než 1 Mb/s. K dvou vodičovým linkám RS232 můžeme připojit 32 zařízení.



Obrázek 14 Převodník RS232-USB [9]

4.6 Stejnoseměrný motor

Na ss motoru NK3K8 s cizím buzením (Obrázek 15) se nastavuje ručně nebo dálkově napětí kotvy U_a a budicí napětí U_b . Dostáváme hodnoty proudu kotvy I_a a budicího proudu I_b . Hodnoty kotvy dostáváme z přístroje Agilent E3634A a hodnoty buzení jsou zobrazovány přístrojem Manson SDP2405. Rychlost otáčení motoru n a moment motoru M snímáme tenzometrickou hřídelí TM206. Jejich hodnoty dostáváme z přístroje Magtrol 6400.



Hodnoty ze všech měřicích přístrojů jsou také zobrazovány na čelním panelu vytvořeného virtuálního přístroje.



Obrázek 15 Stejnoseměrný motor NK3K8 [12]

4.6.1 Vlastnosti motoru NK3K8

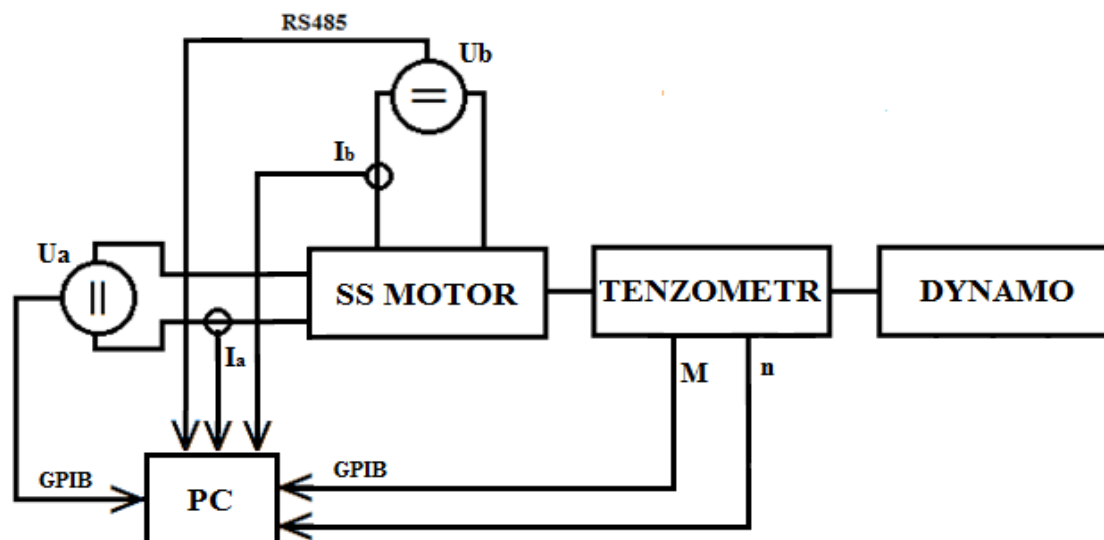
- ss napětí $U_a = U_b = 24\text{ V}$
- $I_{MAX} = 3,7\text{ A}$
- výkon 60 W
- maximální rychlost otáčení 3000 min^{-1}
- oba směry otáčení
- jmenovitý moment $M = \frac{P}{\omega} = \frac{P}{2 \cdot \pi \cdot \frac{3000}{60}} = 0,2\text{ N} \cdot \text{m}$

4.7 Dynamo

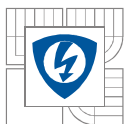
Dynamem, které je tvořeno druhým motorem NK3K8, zatěžujeme ss motor NK3K8 s cizím buzením. Dynamo je buzeno budícím proudem I_b daným druhým zdrojem Manson SDP2405.

4.8 Schéma měřicího pracoviště

Schéma měřicího pracoviště (Obrázek 16) zobrazuje zapojení automatizovaného měřicího pracoviště.



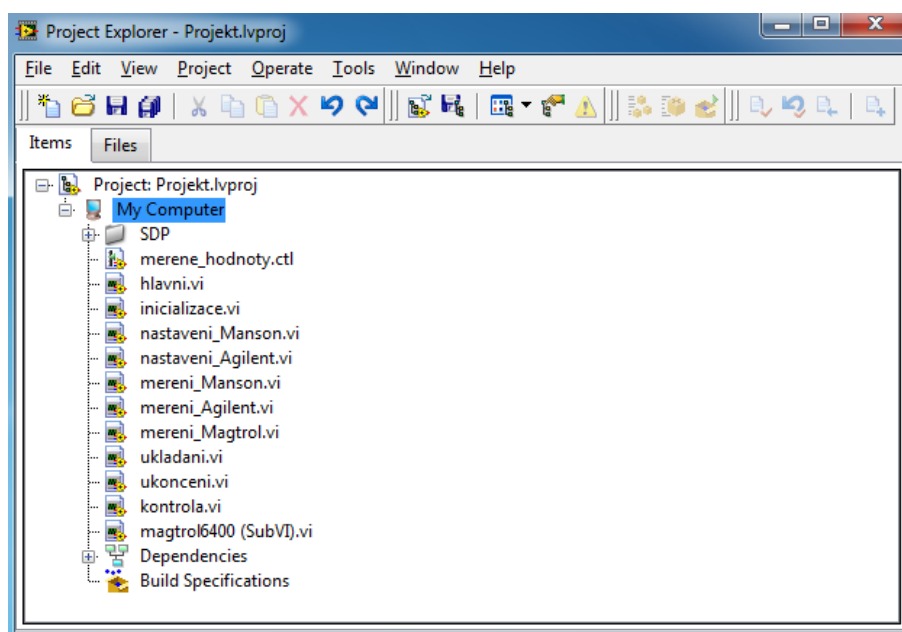
Obrázek 16 Schéma měřicího pracoviště



Zdroj Manson SDP2405 přes sběrnici RS232 dostane hodnoty napětí buzení U_b a proudu buzení I_b do počítače. Zdroj Agilent E3634A přes sběrnici GBIP dostane hodnoty napětí kotvy U_a a proudu kotvy I_a do počítače. Tenzometrická měřicí jednotka Magtrol 6400 komunikuje s počítačem pomocí GPIB sběrnice a měří moment motoru M a rychlost otáčení motoru n tenzometrickou hřídelí TM206. Ta se nachází mezi hnacím stejnosměrným motorem a zatěžovacím dynamem.

5 POPIS ŘÍDÍČÍHO SOFTWARE A JEHO TVORBY

Otevřením vytvořeného projektu se zobrazí okno *Project Explorer* (Obrázek 17). Toto okno zahrnuje vytvořené *Blank VI* soubory a složku SDP. Tato složka obsahuje ovladače pro měřicí přístroj Manson SDP2405, které nejsou zahrnuté v programu LabVIEW. Soubory VI jsou vytvořené bloky pro inicializaci, nastavování, měření, ukládání, kontrolu a ukončení. Dvojitým kliknutím na daný blok se nám otevře konkrétní VI soubor. Pro každý blok je třeba v blokovém diagramu provést nastavení vstupních a výstupních konektorů. Data přivedená na vstup konektorů se tedy dostanou i na výstup. Propojením vytvořených bloků (podprogramů) v hlavním blokovém diagramu VI souboru vzniká celkový program. Pro lepší orientaci v blokovém diagramu jsme vytvořili vlastní vzhledy bloků.

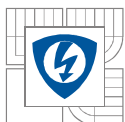


Obrázek 17 Project Explorer programu

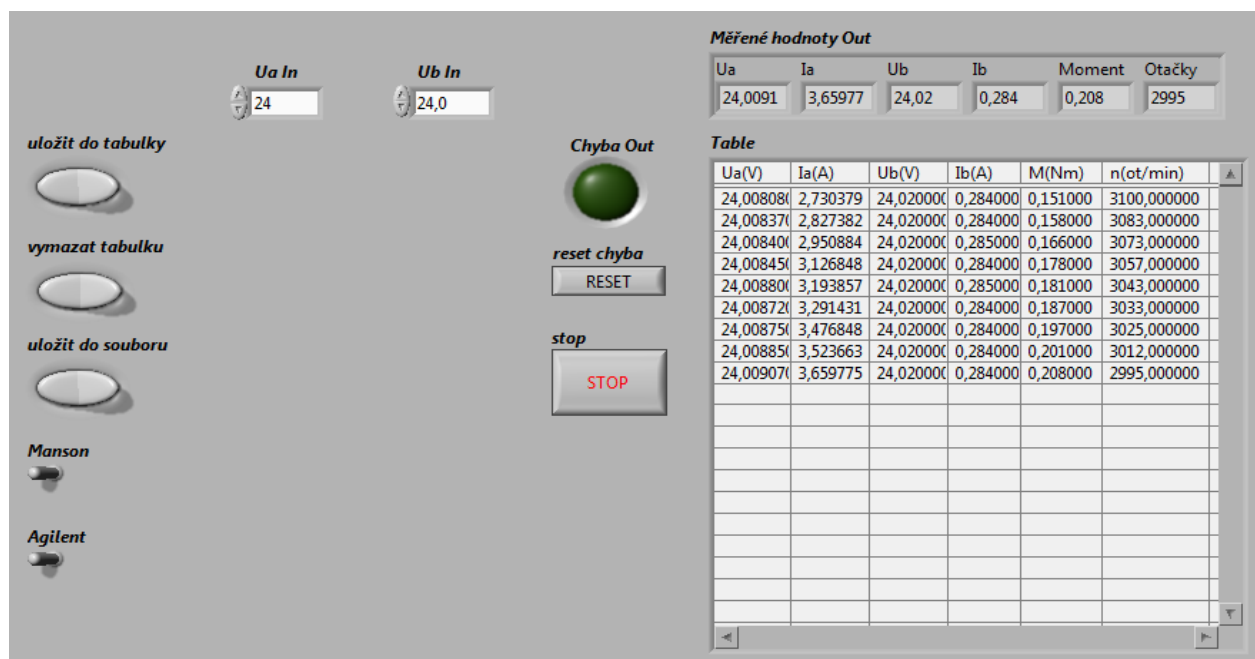
5.1 Vzhled a popis funkce čelního panelu virtuálního přístroje

Čelní panel měřicího přístroje (Obrázek 18) bývá zobrazen na obrazovce monitoru. Oprávněná osoba provádí ovládání a nastavování tohoto panelu. Nezajímá ho bloková část programu, která je spíše určena pro programátory. Program je tvořen pro manuální nastavování a zápis jednotlivých hodnot. Popíšeme si funkci indikátoru, tlačítek, tabulky apod.

Indikátory U_b I_b a U_a I_a se nastavují hodnoty napětí kotvy a buzení. Nelze na nich nastavit záporné hodnoty napětí a maximální hodnota buzení je 24V a kotvy 25V. Zápis měřených hodnot (U_a , I_a , U_b , I_b , M , n) do tabulky se provádí zmáčknutím tlačítka *ulož do tabulky*.



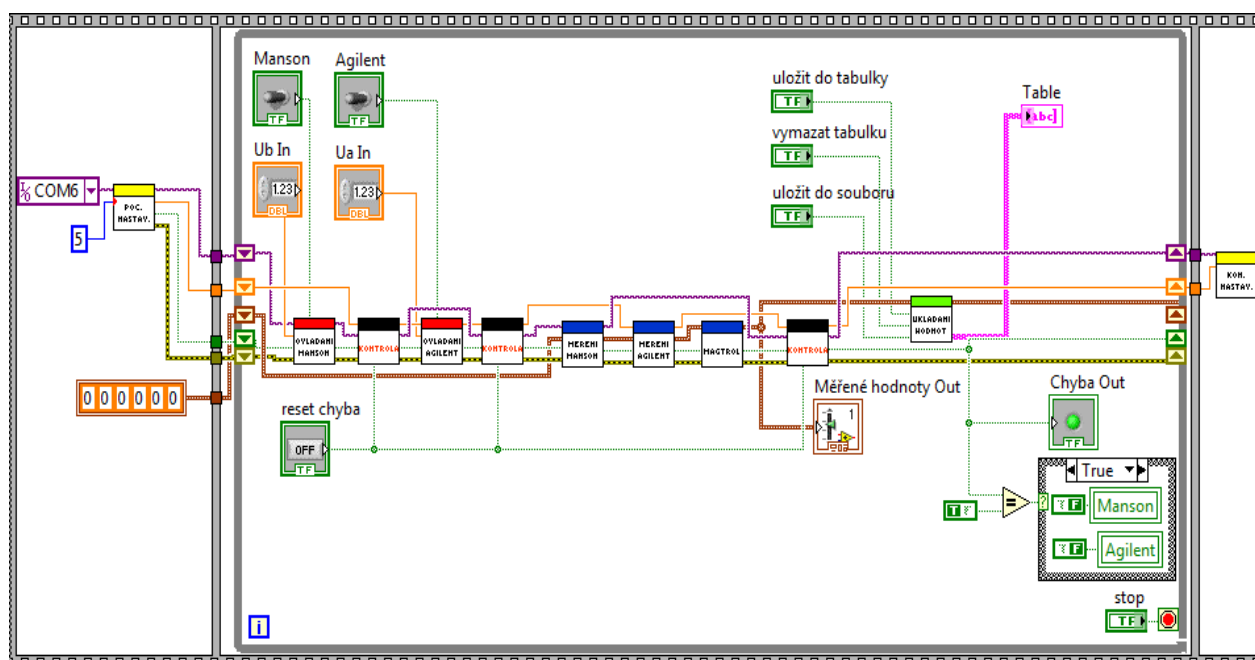
Tlačítkem *vymazat tabulku* maže hodnoty zapsané v tabulce. Tlačítko *uložit do souboru* slouží pro uložení hodnot z tabulky do souboru s příponou *.lvm (LabView Measurement). Tento soubor lze otevřít například v programu Microsoft Excel.



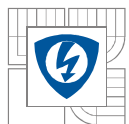
Obrázek 18 Čelní panel virtuálního přístroje

5.2 Vzhled a popis funkce blokového diagramu

Blokový diagram hlavního programu (Obrázek 19) je tvořen *Flat Sequence*, jenž se skládá ze tří částí. První část je inicializační část pro počáteční nastavení programu. Druhá část obsahuje *While Loop* smyčku, která běží pořád dokola a vykonává instrukce v ní obsažené. V této části jsou vlastně vytvořené bloky nastavovací, měřicí, ukládací, kontrolující. Poslední třetí částí *Flat Sequence* je ukončovací část pro ukončení celého programu.



Obrázek 19 Blokový diagram virtuálního přístroje



Instrukce zahrnuté v smyčce *While Loop* jsou vykonávány stále dokola, dokud nezmačkneme tlačítko *STOP*. Tlačítka *Abort Execution* ukončuje smyčku a *Run Continuously* slouží pro cyklický běh smyčky. Oba tlačítka z horní lišty LabVIEW jsou zablokována ve vytvořeném hlavním programu. V horní liště je také tlačítko *RUN*, kterým se spouští funkční hotová aplikace. Například zapomeneme-li propojit dva bloky, po zmáčknutí tlačítka *RUN* nám vyskočí lista erroru.

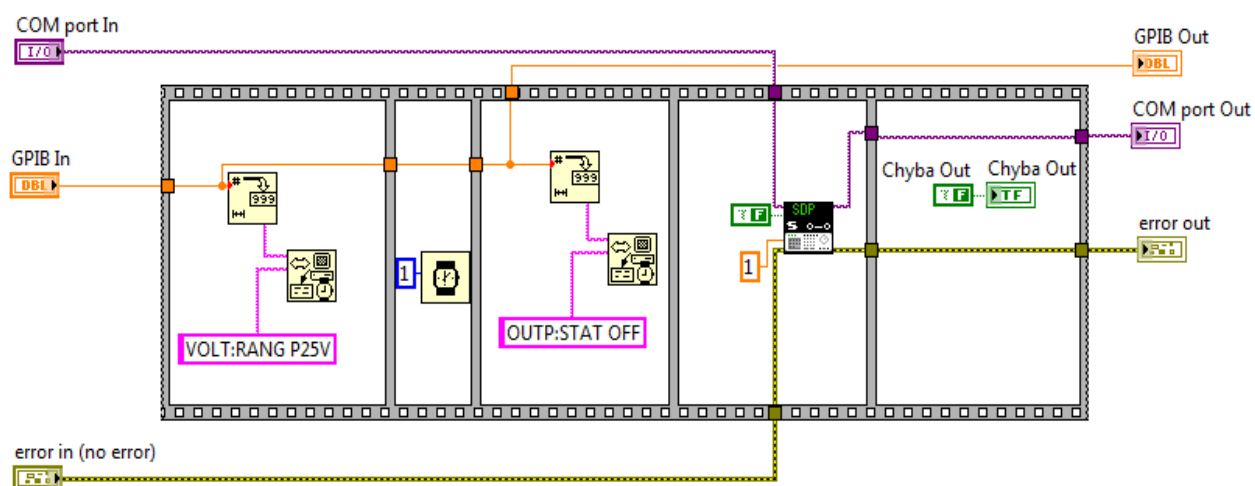
Tlačítko kontrol *COM6* slouží pro nastavení komunikace mezi PC a přístrojem Manson SDP2405. Fialová čára přenáší hodnotu *COM port In* až na výstup. Konstanta „5“ nastavuje kanál komunikaci mezi PC a přístrojem Agilent E3634A. Oranžová čára přenáší hodnotu *GPIB In* až na výstup. Konstanty měřených hodnot jsou přenášeny hnědou čarou také na výstup.

Vstupy *Agilent* a *Manson* slouží pro sepnutí výstupu přístroje, není-li *Chyba Out* v hodnotě *True*. Indikátory $U_b In$ a $U_a In$ zajišťují nastavování hodnot napětí kotvy a buzení na čelním panelu v programu LabVIEW. V případě, že je *Chyba Out* v hodnotě *True*, provedou se instrukce uvnitř *Case Structure*. Nastaví se tedy hodnota *False* na vstupy *Agilent* a *Manson*, což způsobí rozpojení výstupních svorek přístrojů Agilent E3634A a Manson SDP2405.

Tlačítko *uložit do tabulky* provede uložení měřených hodnot (U_a , I_a , U_b , I_b , M , n) do tabulky. *Uložit do souboru* provede uložení měřených hodnot do souboru *.lvm. Tlačítko *vymazat tabulku* vymaže hodnoty zapsané v tabulce. *Table* zobrazí měřené hodnoty na čelním panelu v tabulce. *Měřené hodnoty Out* zobrazí všechny měřené hodnoty (U_a , I_a , U_b , I_b , M , n) na čelním panelu virtuálního přístroje. Tlačítko *reset chyba*, v případě chyby, slouží pro její vymazání a umožňuje následující měření. Nejdříve je však nutné změnit napětí kotvy U_a na nulu a teprve pak zmáčkneme toto tlačítko.

5.2.1 Počáteční nastavení programu

Blok POC. NASTAV, který se nachází v prvním poli *Flat Sequence* hlavního programu, obsahuje program (Obrázek 20) pro počáteční nastavení. Počáteční nastavení je opět tvořeno *Flat Sequence*. Skládá se z pěti polí, která zajišťují postupné provedení jednotlivých oken ve smyčce.



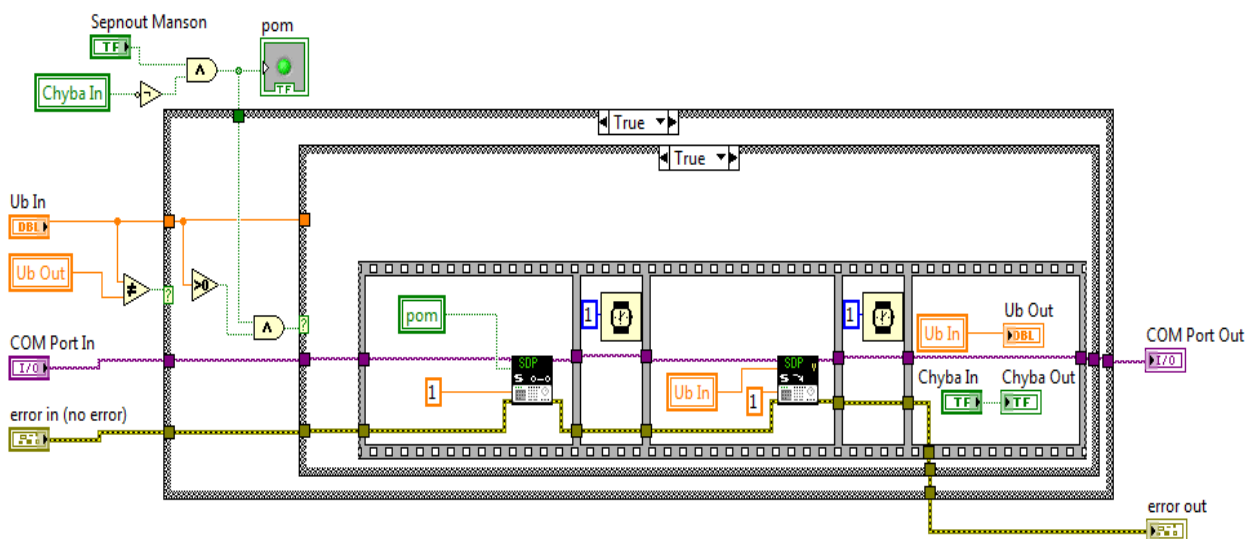
Obrázek 20 Počáteční nastavení programu

Vstup *GPIO In* slouží pro komunikaci mezi počítačem a přístrojem Agilent E3634A pomocí GPIB rozhraní. Pro správnou komunikaci mezi zdrojem a přístrojem musíme zadat GPIB adresu hodnotu „5“. Tato konstanta je spojena s blokem *Number To Decimal String Function*, jenž mění datový typ číslo na datový typ string. Jak je uvedeno výše, příkaz typu *write VOLT:RANG P25V* (viz kap. 4.2) pomocí bloku *GPIB Write* nastaví na přístroji Agilent E3634A napěťový a jemu odpovídající proudový rozsah (25 V, 7 A). Pole, ve kterém se nachází blok *Wait*, zajišťuje prodlevu jedné milisekundy před provedením dalšího pole. Třetí okno obsahuje opět příkaz typu *write OUTP:STAT OFF*, který rozpojuje výstupní svorky přístroje Agilent E3634A.

Vstup *COM port In* slouží pro komunikaci mezi počítačem a přístrojem Manson SDP2405 pomocí RS232 rozhraní. Pro správnou komunikaci mezi zdrojem a přístrojem je z hlavního programu přivedena hodnota *COM port In* „6“. Konstanta, jenž vstupuje do bloku SDP, má v tomto programu hodnotu adresy „1“. Nastavením hodnoty *False* konstanty *Boolean Constant* a následným přivedením na blok SDP se rozpojí výstupní svorky přístroje Manson SDP2405. Poslední okno zajišťuje, že výstup *Chyba Out* je v hodnotě *False* (tzn., že není chyba). Blok *error in* v případě chyby, která je způsobena např. nepřipojeným přístrojem Manson SDP2405, vypíše číslo chyby na čelním panelu bloku POC. NASTAV. .

5.2.2 Nastavovací část budicího napětí U_b

Blok OVLADANI MANSON obsahuje program (Obrázek 21) pro nastavování budicího napětí U_b .



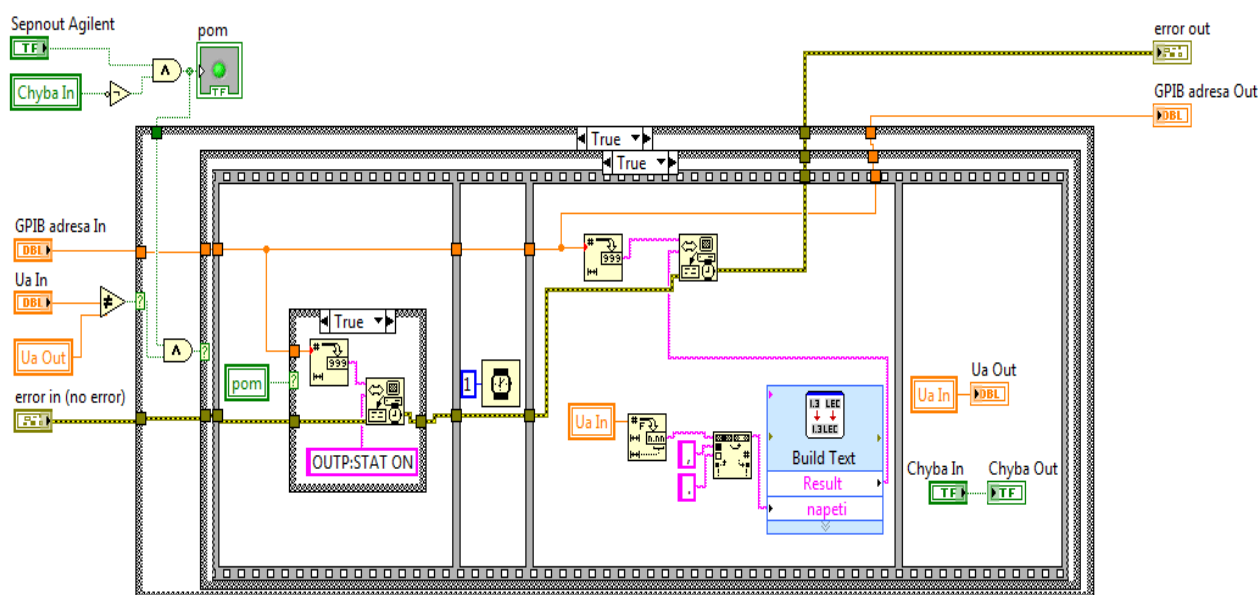
Obrázek 21 Nastavování hodnot U_b do přístroje Manson SDP2405

Na bloky SDP je přivedena hodnota adresy „1“ a hodnota vstupu hlavního programu *COM Port In* „6“. Uvnitř smyčky je *Flat Sequence*, skládající se z pěti polí, která zajišťuje postupné provedení jednotlivých polí. Je-li vstup *Sepnout Manson* v hodnotě *True* a *Chyba In* v hodnotě *False* (tzn., že není chyba) je pomocná *pom* také *True*, jinak *False*. Je-li vstup U_b *In* různý od U_b *Out* a zároveň větší od nuly, provedou se smyčky *Case Structure*. Výstup zdroje Manson SDP2405 se sepne, bude-li proměnná *pom* v hodnotě *True*, jinak se rozepne. Pole, ve kterém se nachází blok *Wait*, zajišťuje prodlevu jedné milisekundy před provedením dalšího pole.

Blok SDP-V nastaví na přístroji hodnotu napětí uložené v proměnné U_b In. Poslední část zajišťuje zápis vstupních hodnot napětí buzení a chyby do výstupních indikátorů. V případě, že není budicí napětí větší než nula, dojde k zápisu hodnoty *True* do výstupu *Chyba Out* (tzn., že je chyba) a dojde k rozpojení výstupní svorky měřicího přístroje Manson SDP2405.

5.2.3 Nastavovací část napětí kotvy U_a

Blok OVLADANI AGILENT obsahuje program (Obrázek 22) pro nastavování napětí kotvy U_a . Pro správnou komunikaci mezi počítačem a přístrojem Agilent E3634A je přivedena GPIB hodnota z hlavního programu *GPIB adresa In* „5“. Změnou napětí U_a In od U_a Out se provedou instrukce uvnitř *Case Structure*. Uvnitř smyčky je další *Case Structure*, která se provede, bude-li proměnná *pom* v hodnotě *True*. *Flat Sequence* se skládá ze čtyř polí. Je-li vstup *Sepnout Agilent* v hodnotě *True* a *Chyba In* v hodnotě *False* (tzn., že není žádná chyba) je pomocná *pom* také *True*, jinak *False*. Výstup zdroje Agilent E3634A se sepne, bude-li proměnná *pom* *True*, jinak se rozezne.



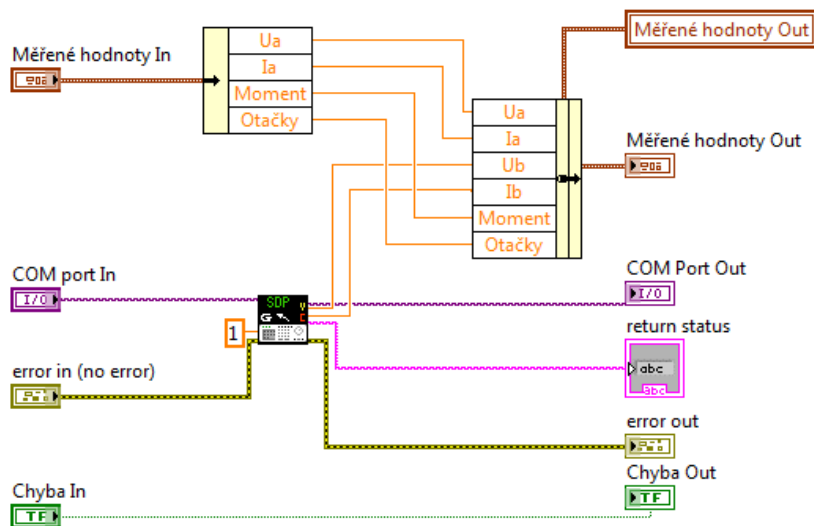
Obrázek 22 Nastavování hodnot U_a do přístroje Agilent E3634A

Proměnná U_a In je spojena s blokem *Number To Fractional String*, kde je převedena na text. Následující blok *Search and Replace String* zamění desetinnou čárku na desetinnou tečku. Tato záměna je nezbytná, protože přístroj Agilent E3634A využívá desetinnou tečku a indikátor U_a In desetinnou čárku. Blok *Build Text* obsahuje text *VOLT %napeti%*. Řetězec znaků *%napeti%* je pokaždé nahrazen nastavenou hodnotou napětí kotvy U_a In. Výstup *Build Text* je hodnota napětí kotvy U_a a je přivedena na blok *GPIB Write*, hodnota napětí se tedy nastaví na přístroji. Poslední část zajišťuje zápis vstupních hodnot napětí kotvy a chyby do výstupních indikátorů.

5.2.4 Měřicí část budicího napětí U_b

Blok MERENI MANSON obsahuje program (Obrázek 23) pro měření budicího napětí U_b . Program je vytvořený v LabVIEW pro manuální režim řízení. Blok SDP-VC má pro správnou komunikaci nastavenou adresu „1“ a *COM port In* „6“. Indikátor *Měřené hodnoty In* přivede

vstupní hodnoty z čelního panelu na *Unbundle By Name*. Blokem SDP-VC dostaneme měřené hodnoty napětí U_b a proudu buzení I_b z přístroje Manson SDP2405. Všechny hodnoty přivedeme na svorky *Bundle By Name*. Indikátor *Měřené hodnoty Out* nám zajistí zobrazení hodnot na čelním panelu virtuálního přístroje.

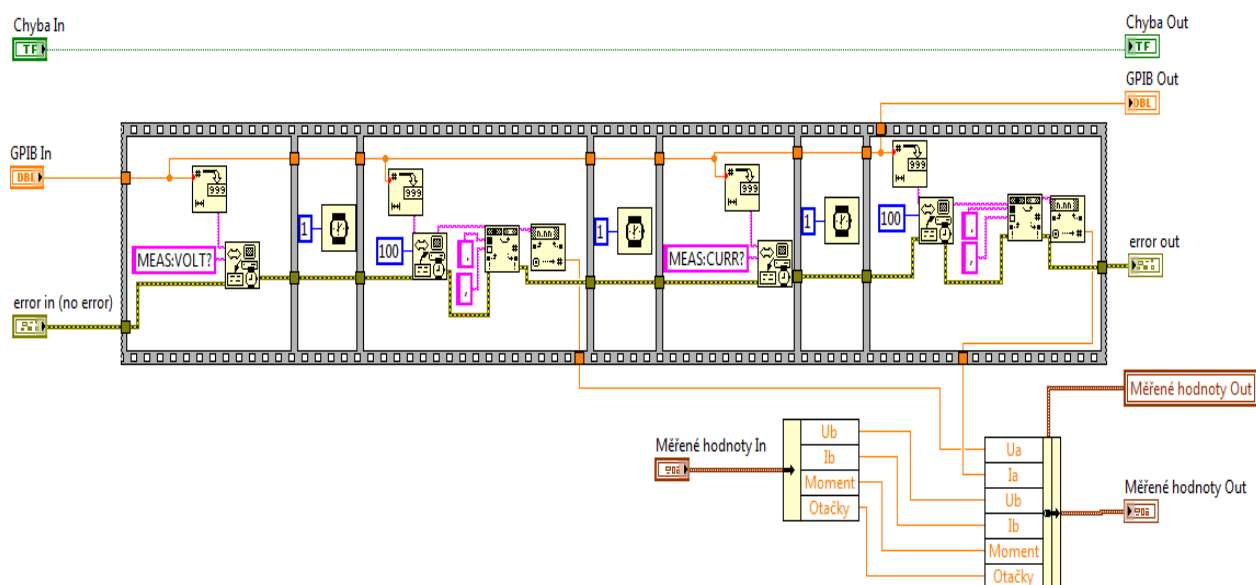


Obrázek 23 Výpis odečtených hodnot U_b a I_b z přístroje Manson SDP2405

Jestli všechno proběhlo v pořádku, *Return status* vrací stav OK. Blok *error in* v případě chyby, která je způsobena např. nepřipojeným přístrojem Manson SDP2405, vypíše číslo chyby na čelním panelu bloku MERENI MANSON.

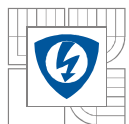
5.2.5 Měřicí část napětí kotvy U_a

Blok MERENI AGILENT obsahuje program (Obrázek 24) pro měření napětí kotvy U_a . *Flat Sequence* se skládá ze sedmi polí, která jsou provedená sekvenčně.



Obrázek 24 Výpis odečtených hodnot U_a a I_a z přístroje Agilent E3634A

Komunikaci mezi počítačem a přístrojem zajišťuje vstup *GPBI In* hodnotou adresy „5“. Tato konstanta je spojena s blokem *Number To Decimal String Function*, jenž opět mění datový typ číslo na datový typ string. Jak je uvedeno výše, příkaz vyslaný do zdroje typu *write then read*



MEAS:VOLT?/MEAS:CURR? pomocí bloku *GPB Write* se ptá na hodnotu napětí/proudu přístroje Agilent E3634A. Blok *GPB Read* vrací hodnoty zdroje napětí U_a a proudu kotvy I_a datovým typem string.

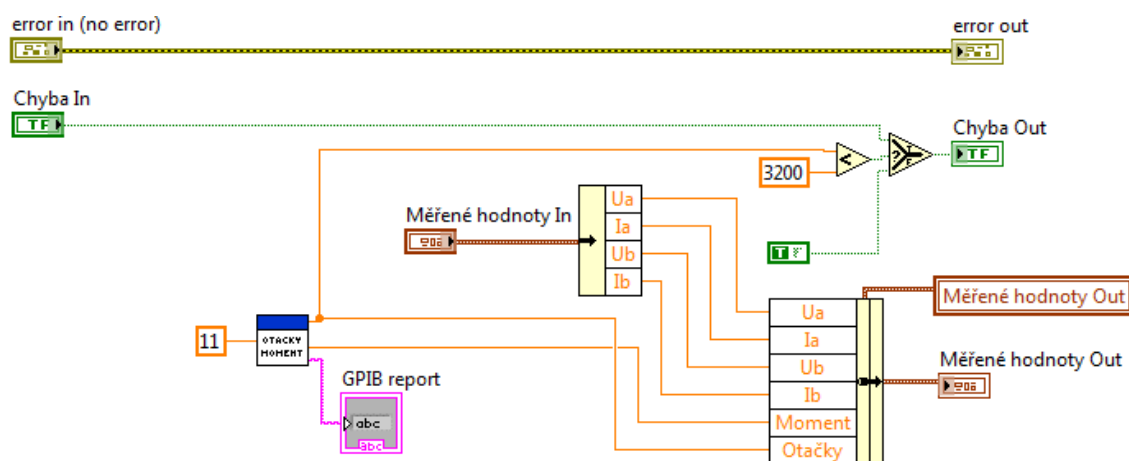
Měřicí struktura se vykonává každých 100 ms a aktualizuje hodnotu výstupního napětí a proudu kotvy. Blok *Search and Replace String* tentokrát zamění desetinnou tečku na desetinnou čárku, aby byly hodnoty vypsány na čelním panelu. *Fract/Exp String To Number Function* převede datový typ string na číslo.

Indikátor *Měřené hodnoty In* přivede vstupní hodnoty z čelního panelu na *Unbundle By Name*. Hodnoty napětí U_a a proudu kotvy I_a dostaneme pomocí vytvořeného programu z měřicího přístroje Agilent E3634A. Všechny hodnoty přivedeme na svorky *Bundle By Name*. Indikátor *Měřené hodnoty Out* nám zajistí zobrazení hodnot na čelním panelu virtuálního přístroje.

5.2.6 Měření otáček n a momentu M

Blok MAGTROL obsahuje program (Obrázek 25). Uvnitř programu je vytvořený blok OTACKY MOMENT pro měření otáček n a momentu M . Komunikaci mezi počítačem a přístrojem Magtrol 6400 zajistíme, přivedením adresy „11“ na vstup *GPBI In*.

Program bloku OTACKY MOMENT zahrnuje *Number To Decimal String Function* pro změnu datového typu číslo na datový typ string. Tato hodnota vstupuje do bloků *GPB Write*, které se ptají na hodnotu rychlosti otáčení n a moment M přístroje Magtrol 6400. *GPB Read* vrací hodnoty přístroje datovým typem string. *Fract/Exp String To Number Function* převede datový typ string na číslo a dostáváme hodnoty rychlosti otáčení motoru n a momentu motoru M .



Obrázek 25 Výpis odečtených hodnot otáček n momentu M z přístroje Magtrol 6400

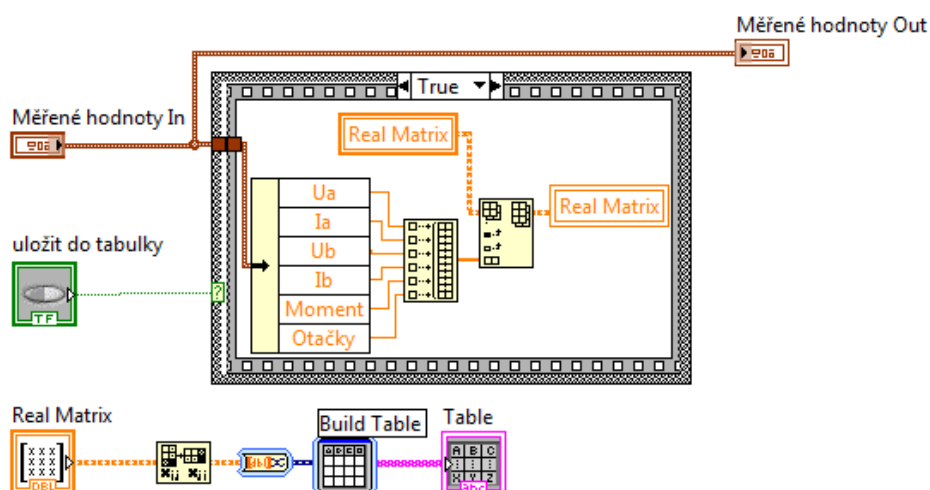
V programu obsaženém v bloku MAGTROL je vytvořená podmínka. Překročí-li otáčky hodnotu 3200 ot/min , je *Chyba Out* v hodnotě *True* (tzn. došlo k chybě). Pokud nepřekročí otáčky, je *Chyba Out* v hodnotě *False* (tzn. není chyba).

Indikátor *Měřené hodnoty In* přivede vstupní hodnoty z čelního panelu na *Unbundle By Name*. Hodnoty momentu M a rychlosti otáčení n dostáváme z bloku OTACKY MOMENT.

Všechny hodnoty přivedeme na svorky *Bundle By Name*. Indikátor *Měřené hodnoty Out* nám zajistí zobrazení hodnot na čelním panelu virtuálního přístroje.

5.2.7 Uložení hodnot do tabulky

Blok UKLADANI HODNOT obsahuje program (Obrázek 26) pro uložení hodnot (U_a , I_a , U_b , I_b , M , n) do tabulky. Zmáčkne-li tlačítko *uložit do tabulky*, provede se zápis měřených hodnot z indikátoru *Měřené hodnoty In*. Uvnitř *Case Structure* je *Flat Sequenc*, jenž obsahuje funkci *Build Array*, do níž vchází všechny odečtené hodnoty z *Měřené hodnoty In*. Všechny tyto hodnoty vstupují do datového pole array bloku *Insert Into Array* a jsou uloženy do matice *Real Matrix*. Pro všechny hodnoty obsažené v matici je provedena transpozice 2D pole blokem *Transpose 2D Array Function*. *Convert to Dynamic Data* opět zajišťuje převod dat z 2D pole na dynamická data. *Build Table* запиše hodnoty do tabulky *Table*, jenž je zobrazená na čelním panelu vytvořeného hlavního programu.



Obrázek 26 Uložení hodnot do tabulky

5.2.8 Uložení hodnot do souboru

Blok UKLADANI HODNOT obsahuje také program (Obrázek 27) pro uložení hodnot (U_a , I_a , U_b , I_b , M , n) do souboru. U hodnot obsažených v matici *Real Matrix*, je provedená transpozice 2D pole blokem *Transpose 2D Array Function*. *Convert to Dynamic Data* opět zajišťuje převod dat z 2D pole na dynamická data. Tyto data přivádíme na *Write To Measurement File*. Zmáčknutím tlačítka *uložit do souboru* se všechny naměřené hodnoty uloží do souboru s příponou *.lvm (LabView Measurement). Jak už bylo zmíněno, tento soubor lze otevřít například v programu Microsoft Excel.

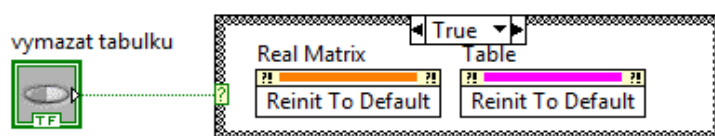


Obrázek 27 Uložení hodnot do souboru

5.2.9 Vymazání hodnot z tabulky a matice

Blok UKLADANI HODNOT obsahuje také program (Obrázek 28) pro vymazání hodnot (U_a , I_a , U_b , I_b , M , n) z tabulky a matice. Zmáčknutím tlačítka *vymazat tabulku* se provede

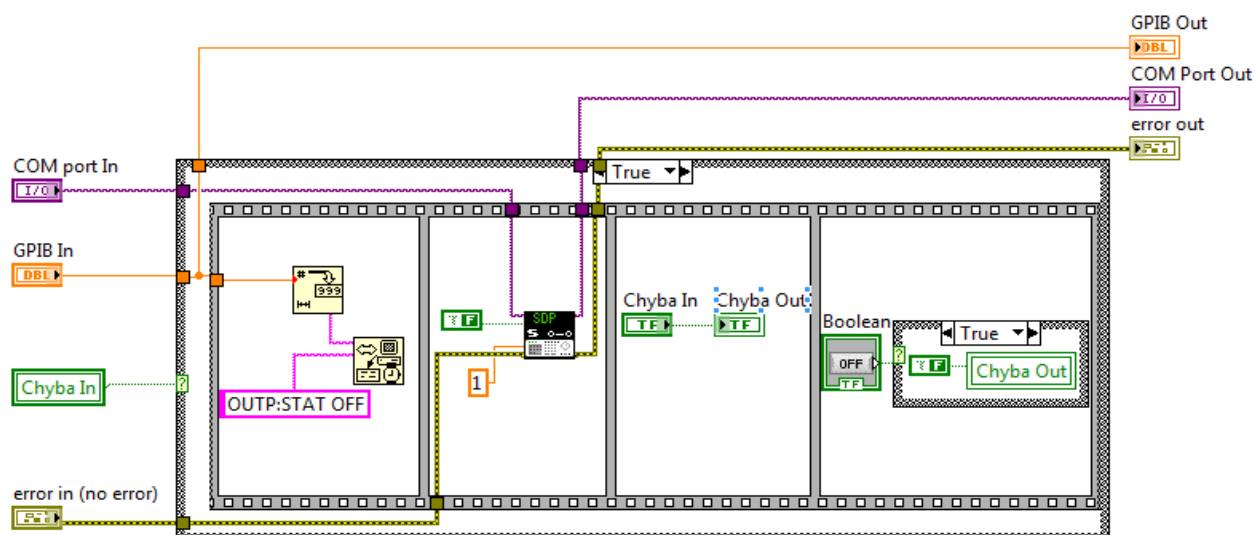
Case Structure. Uvnitř smyčky jsou vytvořené vyvolávací příkazy pro proměnné *Real Matrix*, *Table*. Tyto příkazy nastaví všechny proměnné do původních startovních počátečních hodnot.



Obrázek 28 Vymazání hodnot z tabulky a matice

5.2.10 Kontrolující část programu

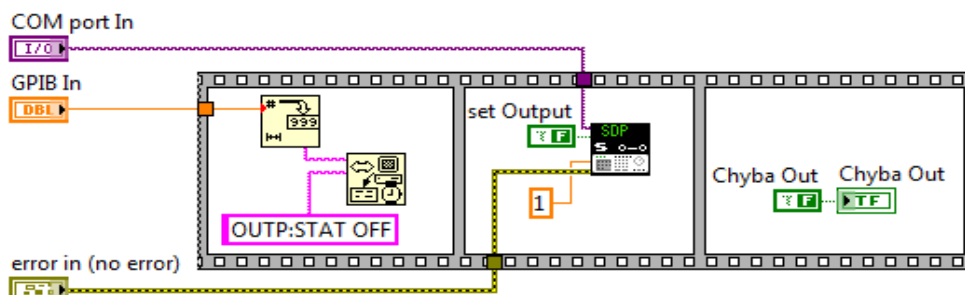
Blok KONTROLA obsahuje program (Obrázek 29) pro kontrolu programu. V případě chyby je *Chyba In* aktivní a provede se *Case Structure* skládající se z *Flat Sequenc*. První a druhá část *Flat Sequenc* rozpíná výstupní svorky přístrojů Agilent E3634A a Manson SDP2405. Spojení *Chyba In* a *Chyba Out* zajišťuje přenos signálu *Chyba* do další části programu. Zmáčkne-li tlačítko *reset chyba* v hlavním programu, zmáčkne se také tlačítko *Boolean* v bloku KONTROLA. Provede se smyčka *Case Structure*, ve které dojde k vymazání proměnné *Chyba Out*.



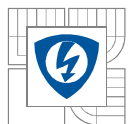
Obrázek 29 Kontrolující část programu

5.2.11 Ukončovací část programu

Blok KON. NASTAV. obsahuje program (Obrázek 30) pro ukončení programu. Po zmáčknutí tlačítka *STOP* se provede třetí část *Flat Sequenc* v hlavním programu. Tato část zajistí rozepnutí výstupních svorek přístroje Agilent E3634A a Manson SDP2405.



Obrázek 30 Ukončovací část programu



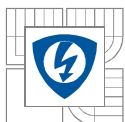
6 MĚŘENÍ

Při měření charakteristiky naprázdno (*Tabulka 1-2, Obrázek 31-32*) při konstantním napětí buzení U_b se zvyšovalo napětí kotvy U_a motoru. Přitom se dával pozor, aby nebyla překročena maximální rychlost otáčení motoru n . Měřením zatěžovací charakteristiky (*Tabulka 3-5, Obrázek 33-35*) při konstantním napětí buzení U_b a konstantním napětí kotvy U_a se motor zatěžoval dynamem. Ochrana otáček zaručuje, že dojde k odpojení výstupních svorek měřicích přístrojů při překročení hodnoty 3200ot/min. U obou měření se hodnoty nejdříve zapsaly do tabulky a teprve pak do souboru.

6.1 Tabulky měření charakteristiky naprázdno

Tabulka 1 Charakteristika naprázdno $U_b=24V$

U_a	I_a	U_b	I_b	M	n
[V]	[A]	[V]	[A]	[N·m]	[ot/min]
0,00	0,00	24,02	0,29	0,003	0
1,00	0,62	24,02	0,29	0,016	0
2,00	0,53	24,02	0,29	0,017	145
3,00	0,59	24,02	0,29	0,016	287
4,00	0,55	24,02	0,29	0,018	426
5,00	0,65	24,02	0,29	0,021	567
6,00	0,59	24,02	0,29	0,020	709
7,00	0,62	24,02	0,29	0,019	852
8,00	0,63	24,02	0,29	0,020	998
9,00	0,62	24,02	0,29	0,019	1144
10,00	0,65	24,02	0,29	0,019	1292
11,01	0,66	24,02	0,29	0,020	1433
12,01	0,66	24,02	0,29	0,020	1581
13,01	0,65	24,02	0,29	0,023	1727
14,01	0,66	24,02	0,29	0,019	1874
15,01	0,67	24,02	0,29	0,020	2021
16,01	0,67	24,02	0,29	0,021	2161
17,01	0,69	24,02	0,29	0,022	2314
18,01	0,69	24,02	0,29	0,020	2447
19,01	0,70	24,02	0,29	0,022	2590
20,01	0,71	24,02	0,29	0,022	2737
21,01	0,71	24,02	0,29	0,023	2882
22,01	0,72	24,02	0,29	0,022	3028

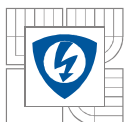
Tabulka 2 Charakteristika naprázdno $U_b=12V$

U_a	I_a	U_b	I_b	M	n
[V]	[A]	[V]	[A]	[N·m]	[ot/min]
0,00	0,00	11,96	0,14	0,001	0
1,00	0,63	11,96	0,14	0,007	0
2,00	0,98	11,96	0,14	0,011	183
3,00	0,96	11,96	0,15	0,014	416
4,00	0,95	11,97	0,14	0,018	659
5,00	1,01	11,96	0,14	0,016	911
6,00	1,02	11,97	0,14	0,016	1161
7,00	1,03	11,97	0,14	0,014	1397
8,01	1,04	11,97	0,14	0,016	1619
9,01	1,03	11,96	0,14	0,015	1859
10,01	1,06	11,97	0,14	0,017	2097
11,01	1,06	11,97	0,14	0,017	2349
12,01	1,07	11,96	0,14	0,018	2591
13,01	1,08	11,97	0,14	0,016	2833
14,01	1,10	11,97	0,14	0,018	3078

6.2 Tabulky měření zatěžovací charakteristiky

Tabulka 3 Charakteristika zatěžovací $U_b=12V$, $U_a=12V$

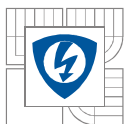
U_a	I_a	U_b	I_b	M	n
[V]	[A]	[V]	[A]	[N·m]	[ot/min]
12,00	2,96	11,96	0,14	0,095	2173
12,00	3,02	11,97	0,14	0,099	2164
12,00	3,10	11,96	0,14	0,100	2187
12,00	3,36	11,96	0,14	0,111	2101
12,00	3,63	11,96	0,14	0,118	2065
12,00	3,90	11,96	0,14	0,131	1986
12,00	3,99	11,96	0,14	0,133	1961
12,01	4,14	11,96	0,14	0,137	1939
12,01	4,48	11,96	0,14	0,148	1868
12,01	4,68	11,96	0,14	0,155	1825
12,01	5,15	11,96	0,14	0,171	1739
12,01	5,38	11,96	0,14	0,179	1689
12,01	5,66	11,96	0,14	0,187	1656
12,01	5,98	11,96	0,14	0,192	1609

Tabulka 4 Charakteristika zatěžovací $U_b=24V$, $U_a=12V$

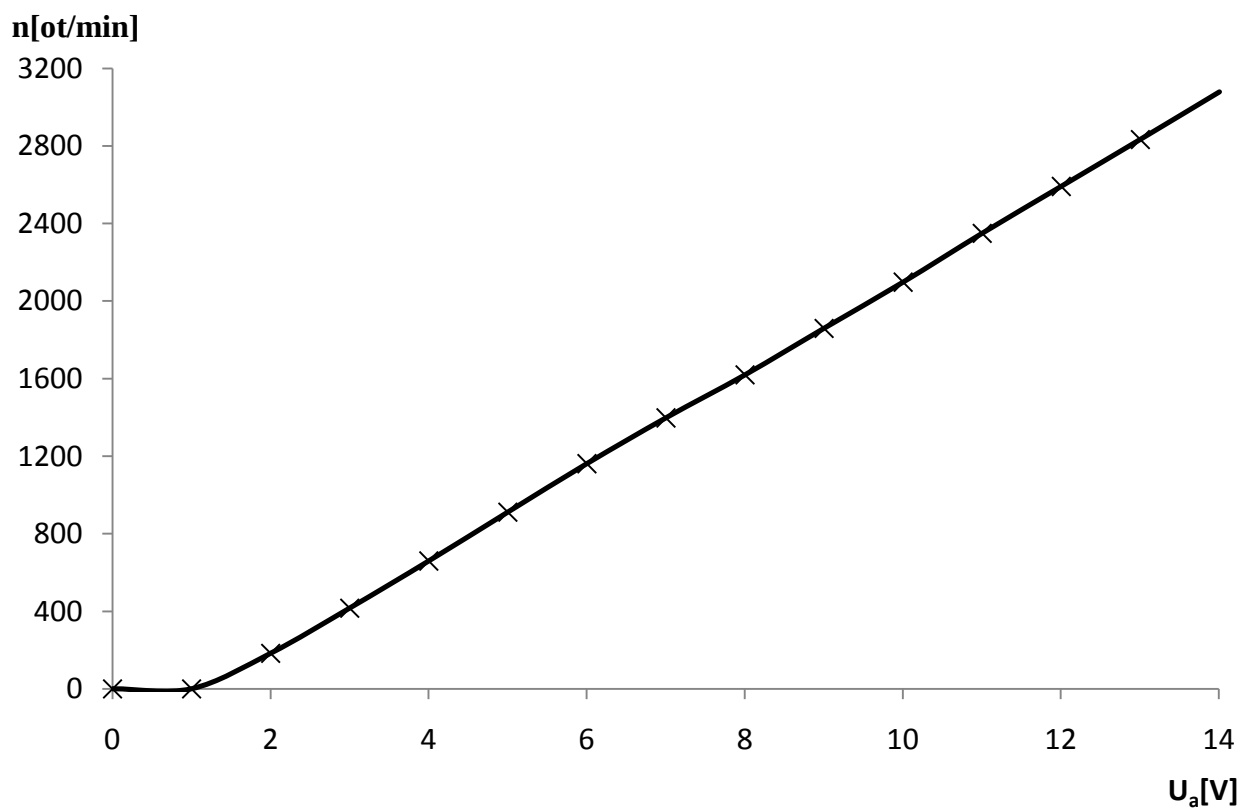
U_a	I_a	U_b	I_b	M	n
[V]	[A]	[V]	[A]	[N·m]	[ot/min]
12,01	1,40	24,02	0,29	0,070	1506
12,01	1,45	24,02	0,29	0,073	1501
12,01	1,52	24,02	0,29	0,078	1491
12,00	1,51	24,02	0,29	0,079	1488
12,00	1,56	24,02	0,29	0,086	1480
12,00	1,68	24,02	0,29	0,095	1466
12,00	1,85	24,02	0,29	0,099	1447
12,00	1,97	24,02	0,29	0,112	1430
12,00	2,25	24,02	0,29	0,120	1395
12,00	2,35	24,01	0,29	0,131	1378
12,00	2,49	24,02	0,29	0,138	1365
12,00	2,67	24,02	0,29	0,147	1344
12,00	2,82	24,02	0,29	0,166	1327
12,00	3,00	24,02	0,29	0,173	1305
12,00	3,23	24,02	0,29	0,186	1276
12,00	3,28	24,02	0,28	0,194	1269
12,01	3,49	24,02	0,29	0,205	1248

Tabulka 5 Charakteristika zatěžovací $U_b=24V$, $U_a=24V$

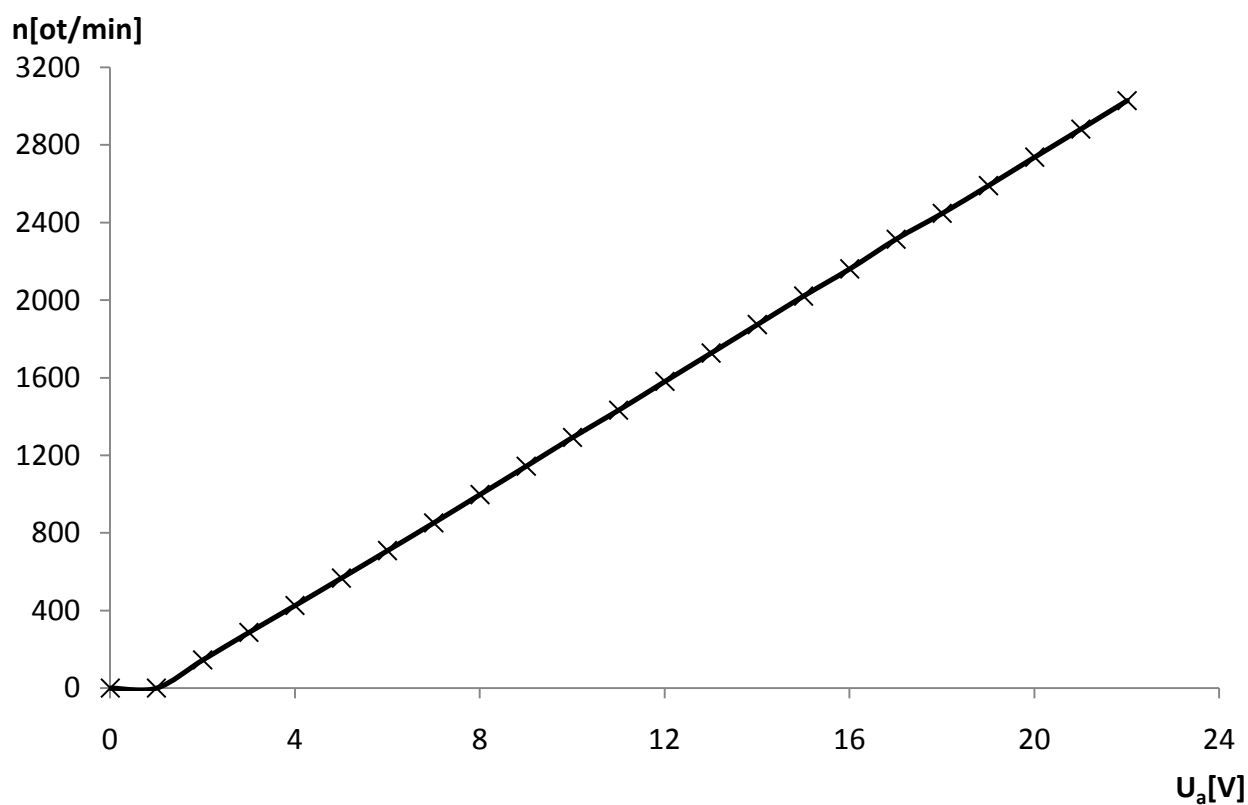
U_a	I_a	U_b	I_b	M	n
[V]	[A]	[V]	[A]	[N·m]	[ot/min]
24,01	2,73	24,02	0,28	0,151	3100
24,01	2,83	24,02	0,28	0,158	3083
24,01	2,95	24,02	0,29	0,166	3073
24,01	3,13	24,02	0,28	0,178	3057
24,01	3,19	24,02	0,29	0,181	3043
24,01	3,29	24,02	0,28	0,187	3033
24,01	3,48	24,02	0,28	0,197	3025
24,01	3,52	24,02	0,28	0,201	3012
24,01	3,66	24,02	0,28	0,208	2995



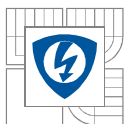
6.3 Charakteristiky naprázdno



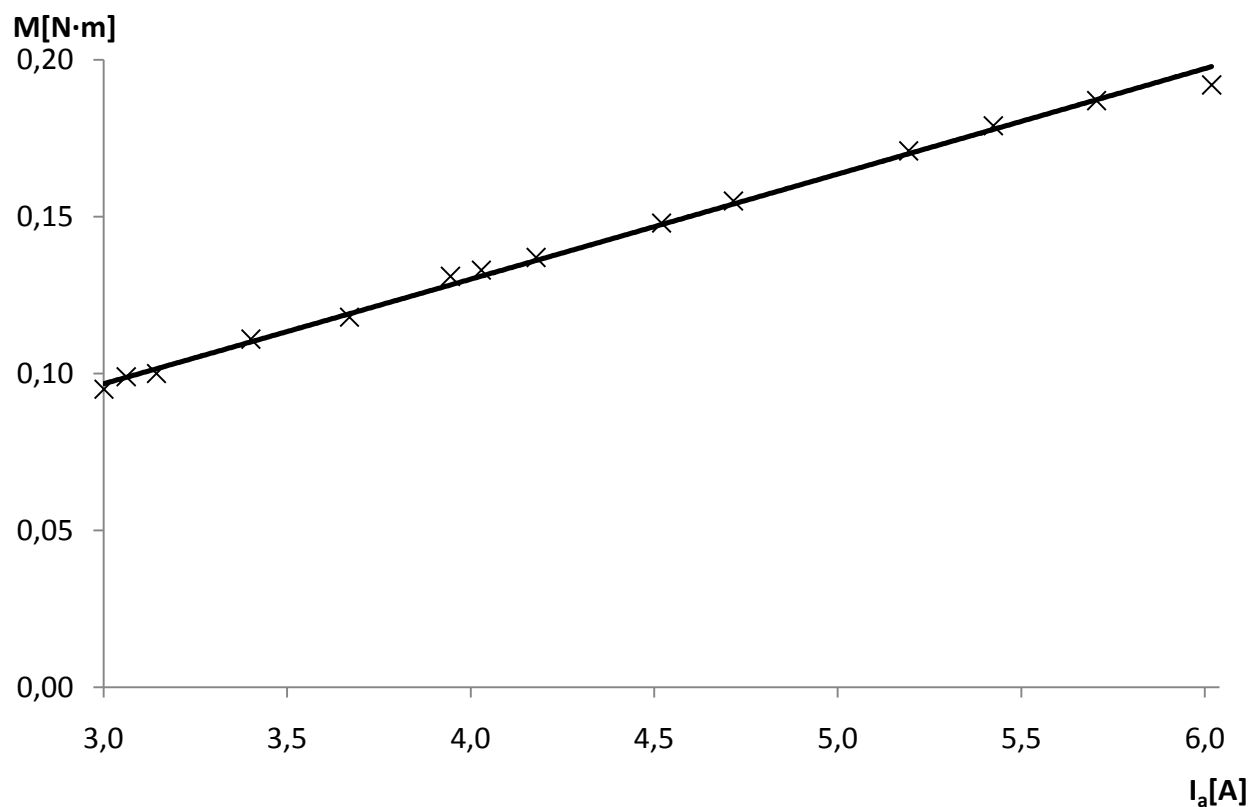
Obrázek 31 Charakteristika naprázdno $U_b=12\text{V}$



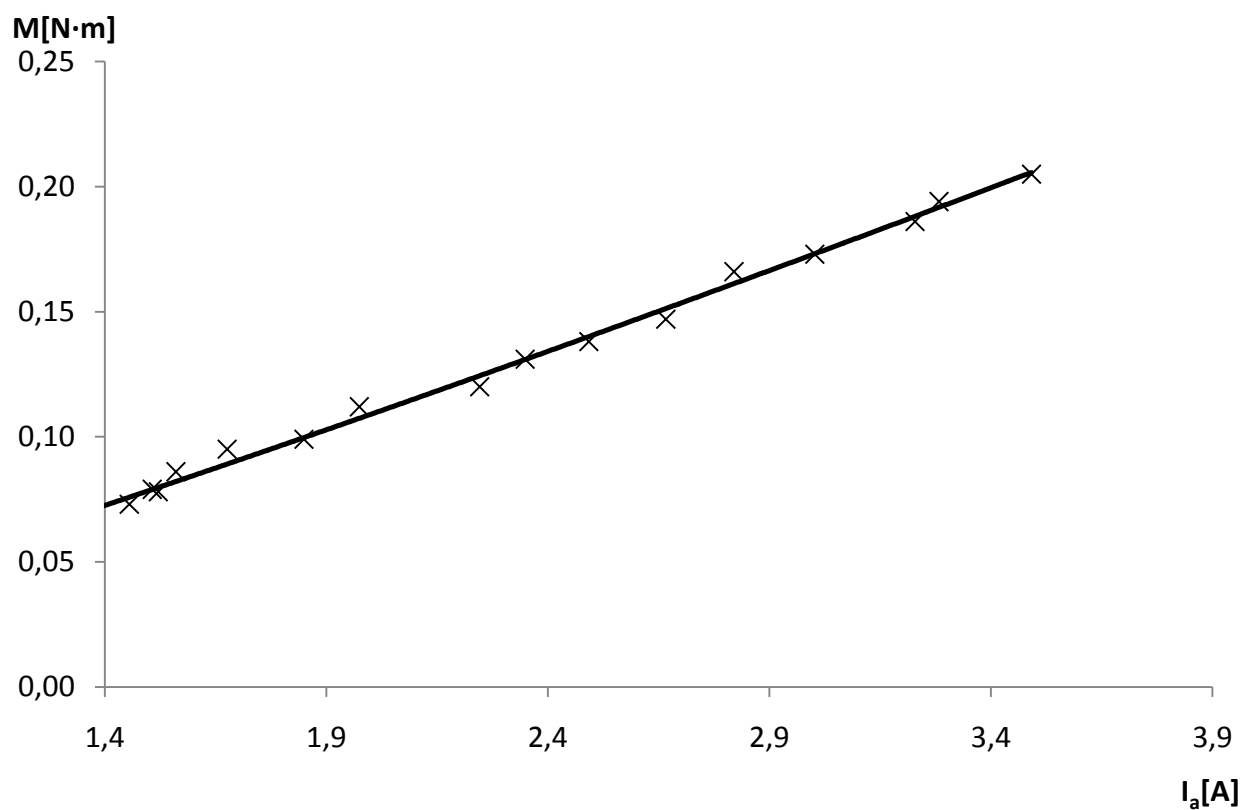
Obrázek 32 Charakteristika naprázdno $U_b=24\text{V}$



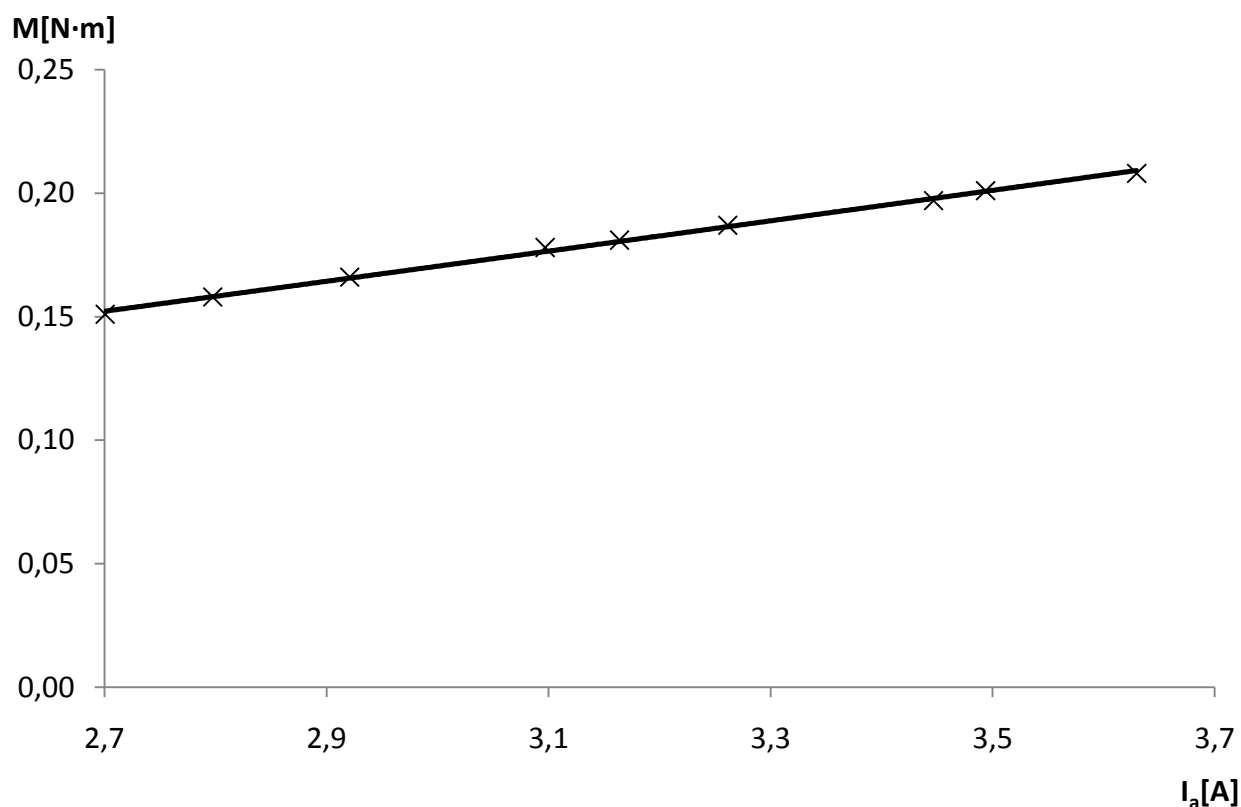
6.4 Charakteristiky zatěžovací



Obrázek 33 Charakteristika zatěžovací $U_b = 12\text{V}$, $U_a = 12\text{V}$



Obrázek 34 Charakteristika zatěžovací $U_b = 24\text{V}$, $U_a = 12\text{V}$



Obrázek 35 Charakteristika zatěžovací $U_b=24V$, $U_a=24V$

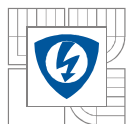
7 ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo vytvořit automatizované měřicí pracoviště, resp. virtuální měřicí přístroj, který nastavováním napětí kotvy a buzení řídí ss motor s cizím buzením.

Práce seznamuje s programem LabVIEW, měřením stejnosměrného motoru s cizím buzením, návrhem automatizovaného měřicího pracoviště a popisem řídicího software. Pomocí vytvořeného programu může uživatel ovládat motor a měřit jeho veličiny.

V rámci této práce se provedlo měření naprázdno a měření zatěžovací. Při spouštění měření vidí uživatel přehledně všechny měřené hodnoty na čelním panelu virtuálního měřicího přístroje, tak i hodnoty uložené v tabulce. Vytvořená aplikace umožňuje manuální zápis měřených hodnot do tabulky a souboru. Uložení hodnot do souboru slouží především k zachování a porovnání výsledků měření. Ochranný systém programu zajišťuje rozepnutí výstupních svorek přístrojů, dojde-li k překročení otáček motoru nebo vzniku chyby. Řízení motoru pomocí počítače je uživatelsky příjemnější a také bezpečnější. Měření probíhalo bez komplikací a naměřená data jsou přehledně zpracována do grafů a tabulek.

Vytvořený program by bylo možno rozšířit o dálkové řízení a měření přes internet. Dále můžeme provést změnu pro automatický zápis hodnot do tabulky a souboru. Případně se může aplikace doplnit o vykreslení hodnot do grafů přímo na čelním panelu virtuálního měřicího přístroje.



LITERATURA

- [1] HRABOVCOVÁ, V , et al. *Meranie a modelovanie elektrických strojov*. Žilina : EDIS, 2004. 335 s.
- [2] ONDRŮŠEK, Č. *Elektrické stroje*. Brno : VUT, 2002. 108 s.
- [3] ŽÍDEK, J. *Grafické programování ve vývojovém prostředí LabView*. Ostrava : VŠB-TU, 2002. 215 s.
- [4] LAPČÍK, J. *Elektrické stroje – laboratorní cvičení*. Brno : VUT, 2003. 65 s.
- [5] KUFA, D. *Automatizované měření automobilových alternátorů pomocí programu LabVIEW*. Brno : VUT, 2009. 68 s.
- [6] *Magtrol* [online]. [cit. 2010-04-22]. Dostupné z WWW: <http://www.magtrol.com/datasheets/6400.pdf>.
- [7] *Electro-meters* [online]. [cit. 2010-04-22]. Dostupné z WWW: http://www.electro-meters.com/Magtrol/Control_Units/6400.htm.
- [8] *TME Electronic Components* [online]. [cit. 2010-04-22]. Dostupné z WWW: http://www.tme.eu/html/CZ/programovatelné-napájecí-zdroje-40-v5-a-dc/ramka_3093_CZ_pelny.html.
- [9] *Delock* [online]. [cit. 2010-04-22]. Dostupné z WWW: <http://www.delock.com/view/pdf/61018/A/4631/>.
- [10] *Agilent* [online]. [cit. 2010-04-22]. Dostupné z WWW: <http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/E3634-90001.pdf>.
- [11] *National Instruments* [online]. [cit. 2010-04-22]. Dostupné z WWW: <http://www.ni.com/pdf/products/us/20055194101101dlr.pdf>.
- [12] *loziska-vokoun* [online]. [cit. 2010-04-22]. Dostupné z WWW: <http://www.loziska-vokoun.cz/elektromotory-atas/stejnospomerne-komutatorove-derivacni/nk3k---fk3k8n-nk3k8/>.
- [13] *Atas* [online]. [cit. 2010-04-22]. Dostupné z WWW: http://www.loziska-vokoun.cz/rubriky/katalogy/FK3K8N_NK3K8.pdf.



PŘÍLOHY

- 1. Vývojový diagram programu**
- 2. CD**