



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

ÚSTAV AUTOMATIZACE A MĚŘICÍ TECHNIKY

DEPARTMENT OF CONTROL AND INSTRUMENTATION

ŘÍDICÍ SYSTÉM PROUDOVÉHO TRANSFORMÁTORU

CURRENT TRANSFORMER CONTROL SYSTEM

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Dominik Petráček

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Václav Kaczmarczyk, Ph.D.

BRNO 2018

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor **Automatizační a měřicí technika**

Ústav automatizace a měřicí techniky

Student: Dominik Petráček

ID: 174374

Ročník: 3

Akademický rok: 2017/18

NÁZEV TÉMATU:

Řídicí systém proudového transformátoru

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Cílem práce je vytvořit obslužný program a vizualizaci pro řízení proudového transformátoru ve zdroji 400 kVA.

1. Nastudujte a popište základy problematiky řízení transformátorů
2. Navrhněte v prostředí TIA Portal a implementujte v PLC SIMATIC S7 1200 aplikaci pro řízení protékajícího proudu a napětí na konstantní hodnoty a dle předem definovaných časových průběhů.
3. Navrhněte vizualizaci prostřednictvím dotykového panelu. Vizualizace bude umožňovat volbu režimů zdroje, zobrazovat dobu průchodu proudu uzavřeným obvodem, případně další funkce dle domluvy.
4. Funkčnost celého systému ověřte a zadokumentujte.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

Siemens: Programming Guideline and Programming Styleguide for S7-1200 and S7-1500

Termín zadání: 5. 2. 2018

Termín odevzdání: 21.5.2018

Vedoucí práce: Ing. Václav Kaczmarczyk, Ph.D.

Konzultant:



doc. Ing. Václav Jirsík, CSc.

předseda oborové rady



UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské 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 části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

ABSTRAKT

Cílem této bakalářské práce je vytvořit obslužný program a vizualizaci pro řízení proudového transformátoru ve zdroji 400 kVA. První část je věnována základní problematice transformátorů. Ve druhé části seznamuje s programovatelným logickým automatem Simatic S7 – 1200 od firmy Siemens. Je zde popsán i inženýrský nástroj Totally Integrated Automation. Následující část obsahuje popis tvorby programu a realizaci programu. Dále poukazuje na základní vlastnosti ACB (Air Circuit Breaker) zařízení a jeho složení. Nakonec jsou zde popsány bezpečnostní pokyny pro obsluhu ACB zařízení.

KLÍČOVÁ SLOVA

Programovatelné logické automaty, Simatic S7 – 1200, Transformátor, HMI

ABSTRACT

The aim of this Bachelor thesis is to create a controlling program with visualization for controlling of current transformer 400 kVA. The first part is dedicated to the basic introduction of transformers. In the second part familiarizes with programmable logic controller Simatic S7 – 1200 from Siemens. In the next section there is a description of engineering tool - Totally Integrated Automation. The other chapter contains a description of program creation and implementation of the program. Furthermore, there are highlighted some fundamental features of the ACB devices and their structure. There are also described safety instructions for operating with ACB equipment.

KEYWORDS

Programmable logic Controller, Simatic S7 – 1200, Transformer, HMI

Bibliografická citace

PETRÁČEK, D. *Řídicí systém proudového transformátoru*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2018. 51 s.
Vedoucí bakalářské práce Ing. Václav Kaczmarczyk, Ph.D..

Prohlášení

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci na téma Řídicí systém proudového transformátoru 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 uvedeného 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/nebo majetkových a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

V Brně dne:

.....

Podpis autora

Poděkování

Děkuji vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Václavu Kaczmarczykovi, Ph.D za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé diplomové práce.

V Brně dne:

.....

Podpis autora

OBSAH

SEZNAM OBRÁZKŮ	9
SEZNAM TABULEK	10
SEZNAM ZKRATEK	11
1 ÚVOD	12
2 TRANSFORMÁTORY	13
2.1 Definice transformátoru	13
2.2 Rozdělení transformátoru	13
2.2.1 Rozdělení podle počtu fází	13
2.2.2 Rozdělení podle způsobu chlazení	14
2.2.3 Rozdělení podle konstrukce magnetického obvodu	14
2.2.4 Podle použití transformátoru	14
2.3 Princip činnosti transformátoru	14
2.3.1 Ideální transformátor	14
2.3.2 Skutečný transformátor	15
2.3.3 Regulace napětí	16
2.3.4 Autotransformátor	16
2.3.5 Rozptylové transformátory	17
2.4 Proudové senzory	17
2.4.1 Rogowského cívka	18
2.4.2 Princip Rogowského cívky	18
2.4.3 Použití proudových senzorů	19
3 PROGRAMOVATELNÉ AUTOMATY	21
3.1 PLC	21
3.2 Automat Simatic S7 – 1200	22
3.3 HMI	23
3.3.1 HMI KTP400 Basic color a HMI KTP 600 Basic color	23
3.3.2 Komunikace	24
3.4 Vývojové prostředí TIA portál	24
3.4.1 Programování PLC	25
3.4.2 Programovací jazyky	28
3.5 PLC proměnné (Tagy)	29
3.5.1 Adresování input/output signály Simatic S7 – 1200	29

4	ŘÍDÍCÍ PROGRAM	31
4.1	Založení projektu	31
4.2	Hardwarová konfigurace (HW).....	31
4.3	Zapojení zařízení.....	33
4.4	Implementace programu.....	33
4.4.1	Stavový automat.....	33
4.4.2	Tagy	34
4.4.3	Logické ovládání stykačů.....	34
4.4.4	Ovládání výstupu	35
4.4.5	Měření	36
4.5	Tvorba vizualizace	38
4.5.1	Sestavování vizualizace	38
4.5.2	Nastavení vizualizace.....	39
5	POPIS ZAŘÍZENÍ.....	41
5.1	Zařízení pro jednofázovou kalibraci ACB	41
5.2	Části stroje.....	41
5.3	Měření sekundárního (zkušební) proudu.....	41
5.4	Výkonné stupně.....	41
5.5	Napájení pomocí obvodů	42
5.6	Ovládací panel.....	42
5.7	Bezpečnostní štítky	42
6	BEZPEČNOSTNÍ POKYNY	43
6.1	Obecné pokyny.....	43
6.1.1	Povinnosti provozovatele při provozu.....	43
6.1.2	Zaškolení obsluhujícího personálu.....	44
6.1.3	Pokyny pro obsluhující personál.....	44
6.1.4	Ochranná a bezpečnostní zařízení.....	44
6.2	Způsobené nebezpečí	44
6.2.1	Nebezpečí způsobená elektrickou energií.....	44
6.2.2	Nebezpečí způsobená technickými vlivy	45
6.2.3	Nebezpečí způsobená magnetickým polem	45
7	ZÁVĚR.....	46
	POUŽITÁ LITERATŮRA.....	47
	SEZNAM PŘÍLOH.....	49

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. č. 1: Ideální transformátoru</i>	15
<i>Obr. č. 2: a) Skutečný transformátor b) Obvodový model</i>	15
<i>Obr. č. 3: Zapojení autotransformátoru</i>	16
<i>Obr. č. 4: Regulační autotransformátor s prstencovým jádrem</i>	16
<i>Obr. č. 5: a) Změna rozptylu pomocí rozptylového můstku</i>	15
<i>Obr. č. 5: b) změna rozptylu posuvným jádrem</i>	17
<i>Obr. č. 6: Rogowského cívka</i>	18
<i>Obr. č. 7: Náhradní schéma Rogowského cívky</i>	19
<i>Obr. č. 8: Schéma chodu procesu PLC, zdroj</i>	21
<i>Obr. č. 9: Simatic S7 – 1200 vlevo, Simatic S7 – 200 vpravo;[8]</i>	22
<i>Obr. č. 14: HMI KTP 600 Basic color vlevo, KTP 400 Basic color vpravo</i>	23
<i>Obr. č. 9 Portal View</i>	25
<i>Obr. č. 10: Projektové zobrazení hardwaru z katalogu produktu</i>	26
<i>Obr. č. 11 : Výběr nového bloku (Add new block)</i>	27
<i>Obr. č. 12: Ladder diagram</i>	28
<i>Obr. č. 13: Function Block diagram</i>	28
<i>Obr. č. 15: PLC Tagy</i>	29
<i>Obr. č. 15 : Propojení TIA prostředí s HMI panely</i>	32
<i>Obr. č 16: Propojení TIA prostředí s HMI panely</i>	33
<i>Obr. č. 17: Stavový automat pro ovládní tlačítek</i>	34
<i>Obr. č. 18: Řešení zapnutí a vypnutí pomocné proměnné ovládacího stupně v programu</i> ..	35
<i>Obr. č. 19: Zapnutí proudového transformátoru I. Stupně v programu</i>	35
<i>Obr. č. 20: Způsob provedení regulace transformátoru v programu</i>	36
<i>Obr. č. 21: A/D převod proudu z Rogowského cívky v programě</i>	38
<i>Obr. č. 22 : Vizualizace</i>	39
<i>Obr. č. 23: Vizualizace ovládacího panelu</i>	42
<i>Obr. č. 24: Celkový pohled na pracoviště</i>	51
<i>Obr. č. 25: Konstrukce transformátoru Ruhstrat</i>	51
<i>Obr. č. 26: Ovládací panel</i>	52
<i>Obr. č. 27: Zapojení ovládní zdroje</i>	52

SEZNAM TABULEK

<i>Tabulka č.1: Základní informace KTP600 a KTP400 [14]</i>	<i>24</i>
<i>Tabulka č. 2: Seznam číslicových formátů Simatic S7 - 1200</i>	<i>37</i>

SEZNAM ZKRATEK

ACB	Air Circuit Breaker
CPU	Central processing unit
DB	Data Block
DI	Digital input
FB	Function block
FBD	Function Block Diagram
FC	Function
GSM	Global System for Mobile Communication
HDMI	High Definition Multimedia Interface
HMI	Human Machine Interface
I/O	Input/Output
LAD	Ladder Diagram
OB	Organization Block
PC	Personal computer
PLC	Programmable logic Controller
SLC	Structured Control Language
TIA	Totally Integrated Automation

1 ÚVOD

Požadavky dnešní doby na automatizaci v průmyslu pomocí výpočetní techniky prudce stoupá. S automatizací procesů úzce souvisí PLC automaty, bez kterých se dnešní průmysl téměř neobejde.

Cílem práce je vytvořit obslužný program a vizualizaci pro řízení proudového transformátoru ve zdroji ACB 400kVA. Účelem tohoto zkušebního zařízení je provést na jističi ACB jednofázovou proudovou zkoušku.

Předložená práce je rozdělena do několika částí. První část je zaměřena na princip funkce transformátoru, řízení transformátoru a funkce proudových senzorů (Rogowského cívky). Tato problematika je uvedena v kapitole číslo dvě transformátory. Dále bakalářská práce stručně seznamuje s programovatelnými automaty a poukazuje na jejich vlastnosti. Také se zaměřuje na programovatelné automaty od společnosti Siemens řady S7 – 1200 a inženýrský nástroj TIA Portal. V kapitole s názvem „Řídící program“ je naznačen postupný postup tvorby programu, hardwarová konfigurace a samotná implementace programu pro použité PLC rozšířené o dva HMI panely. V posledních zbývajících dvou kapitolách je popsán celkový stav ACB zdroje a bezpečnostní pokyny pro jeho bezpečnou manipulaci.

2 TRANSFORMÁTORY

Tato část je určena k seznámení základní problematiky transformátorů, ze které bylo čerpáno při implementaci programu.

2.1 Definice transformátoru

Transformátor je elektrický netočivý stroj, který pracuje na principu elektromagnetické indukce. Používá se ke změně elektrického střídavého napětí na jiná střídavá napětí, při stálém kmitočtu. Transformátor zpravidla tvoří minimálně dvě cívky navinuté na jádře z feromagnetického materiálu. Většinou jde o transformátorové plechy. Cívky se nazývají primární a sekundární, primární cívka se připojuje na zdroj elektrické energie, ze sekundární cívky naopak elektrickou energii odvádíme do zátěže. [1]

2.2 Rozdělení transformátoru

2.2.1 Rozdělení podle počtu fází

- **Jednofázové transformátory** jsou především transformátory malých výkonů (desítek až stovek wattů). Jejich úkolem je obvykle transformovat směrem dolů, tedy na nižší napětí. Dále tyto transformátory snižují nebezpečí úrazu elektrickým proudem, neboť elektrické napětí je tím bezpečnější. [2]
- **Třífázové transformátory** se používají především pro přenos a distribuci elektrické energie. Jejich výkon bývá v řádech kVA až MVA. Jejich konstrukce je obdobná jako u jednofázových transformátorů, jádro má tři magnetické větve. Každá fáze má vlastní primární vinutí a sekundární vinutí. Transformátory pro velké výkony se značně zahřívají a proto je třeba je chladit. Větší transformátory bývají ponořeny ve speciální nádobě s olejem, který odvádí teplo a chladí se přes stěny nádoby vzduchem. [2]

2.2.2 Rozdělení podle způsobu chlazení

- Transformátory vzduchem chlazené
- Transformátory s olejovým chlazením

Ve vzduchových transformátorech se ztrátové teplo odvádí z teplého povrchu magnetického obvodu.

Transformátory velkých výkonů bývají umístěny v nádrži naplněné chladícím olejem. Olej chladí lépe než vzduch, lépe také izoluje a zabraňuje přístupu vlhkosti. [2]

2.2.3 Rozdělení podle konstrukce magnetického obvodu

- Plášťové
- Jádrové
- Toroidní

2.2.4 Podle použití transformátoru

- Síťové transformátory
- Autotransformátory
- Oddělovací transformátory
- Svářecí transformátory
- Měřicí transformátory

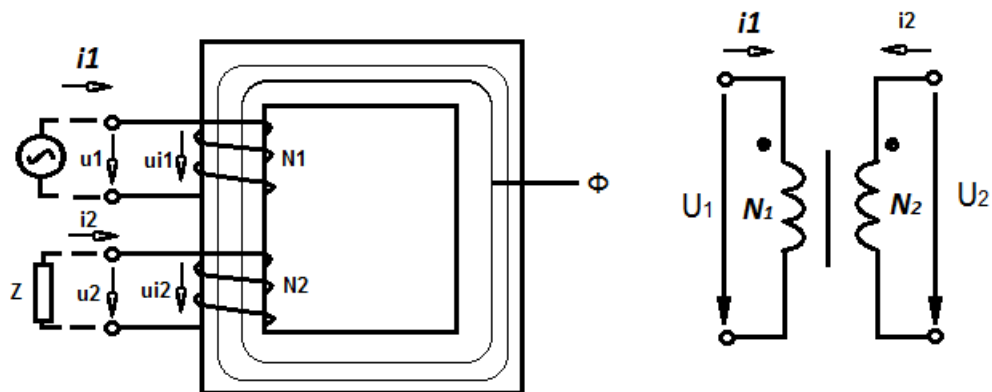
2.3 Princip činnosti transformátoru

Princip skutečného (reálného) transformátoru s uvažováním všech vlivů je poměrně složitá. Nejprve vyjdeme tedy z tzv. ideálního, bezztrátového transformátoru. [3]

2.3.1 Ideální transformátor

Transformátor považujeme za ideální, jsou-li splněny tyto podmínky:

- 1) Nulové ztráty uvnitř transformátoru
- 2) Nulový rozptyl, to je činitel vazby $k = 1$
- 3) Nulový magnetický odpor jádra ($R_m = 0$)

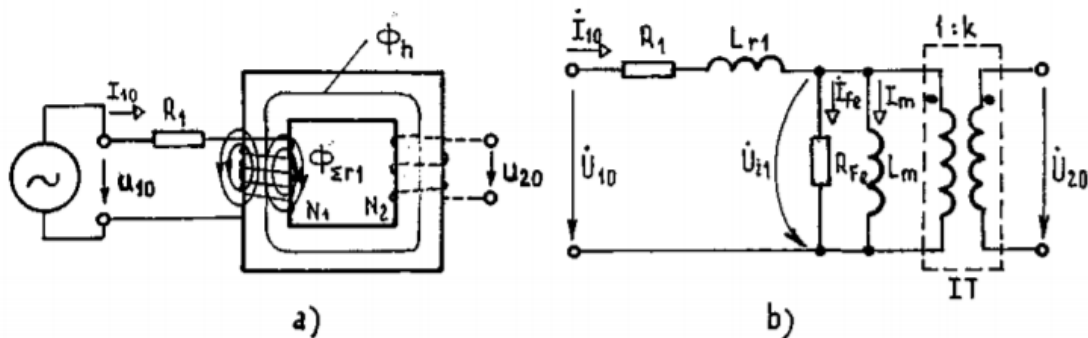


Obr. č. 1: Ideální transformátoru

Ideální transformátor je nakreslen na obr. 1. Má dvě vinutí o N_1 a N_2 závitech, začátky vinutí jsou označeny tečkami. Obvykle jedno vinutí je připojeno na zdroj (napětí u_1) a nazýváme je vstupní (primární), na druhé vinutí je zapojen spotřebič a nazývá se výstupní (sekundární). Každým závitem jak vstupního, tak výstupního vinutí prochází stejný magnetický tok. [3]

2.3.2 Skutečný transformátor

U skutečného transformátoru uvažujeme vliv ztrát v materiálu magnetického jádra i v odporu vodičů vinutí a rozptylové indukčnosti.



Obr. č. 2: a) Skutečný transformátor b) Obvodový model

Na obr. 2a je nakreslen skutečný transformátor, mající výstupní svorky rozpojené. Říkáme, že transformátor je ve stavu naprázdno. V takovém případě výstupním vinutím neprochází proud a toto vinutí nemá vliv na činnost vstupního vinutí. Celkový magnetický tok Φ_Σ vstupního vinutí sestává z toku hlavního Φ_h , který se uzavírá magnetickým obvodem a toku rozptylového $\Phi_{\Sigma r1}$, který se uzavírá převážně vzduchem a obepíná jen závity vstupního vinutí.[3]

2.3.3 Regulace napětí

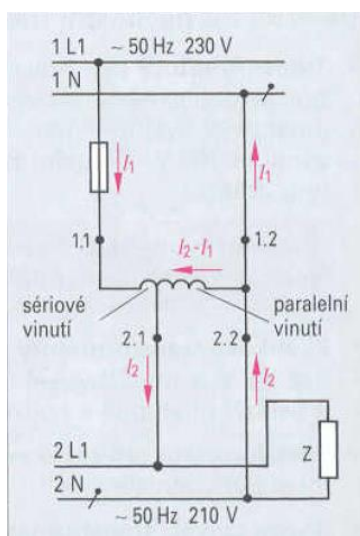
Při zatížení vznikají na transformátoru úbytky napětí, které závisí na charakteru a velikosti zátěže. Tyto úbytky mají vliv na zatěžovací charakteristiku transformátoru. Při kapacitním zatížení transformátoru výstupní napětí mírně stoupá, při odporovém a indukčním zatížení výstupní napětí klesá. Při stálém kmitočtu lze u běžného transformátoru regulovat napětí změnou převodu. Pro velký rozsah regulace se používá regulačních kladičkových transformátorů, u nichž lze jemně regulovat napětí od nulové hodnoty.[2]

2.3.4 Autotransformátor

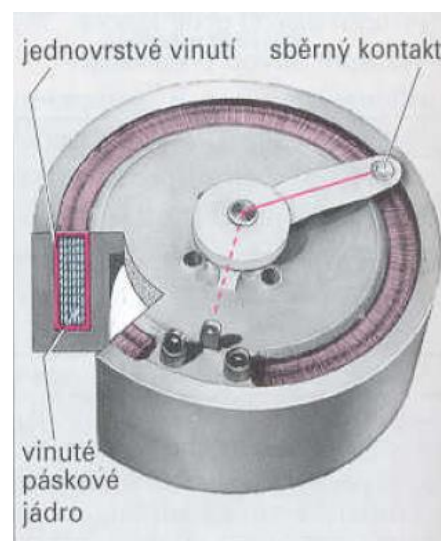
Autotransformátor je tvořen jedním vinutím s odbočkou, která rozděluje vinutí na paralelní a sériovou část (viz. obr. č. 3). Paralelní část vinutí je vinutím menšího napětí a při transformaci směrem dolů je zapojena paralelně se zátěží. Celé vinutí je vinutím většího napětí.

Na principu autotransformátoru jsou vyráběny i malé regulační transformátory s vinutím v jedné vrstvě na prstencovém jádře a otočným sběračem, který je odbočkou vinutí (obr.4).

Autotransformátory se používají jako předřadné prvky k sodíkovým výbojkám, jako rozběhové transformátory pro trojfázové motory, jako regulační transformátory v sítích vysokého napětí a k transformaci vysokého napětí. [1]



Obr. č. 3: Zapojení autotransformátoru

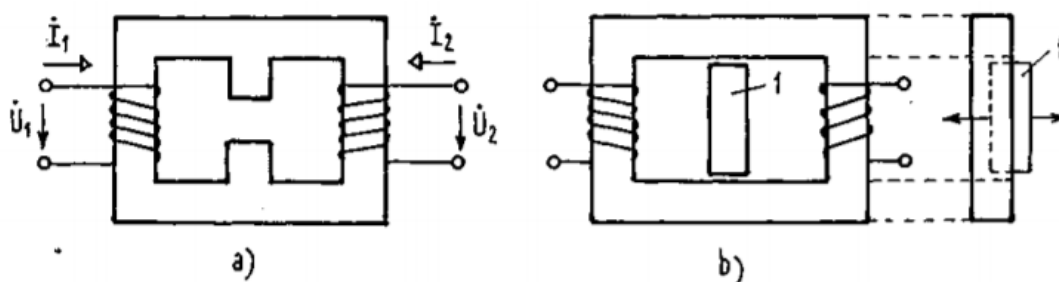


Obr. č. 4: Regulační autotransformátor s prstencovým jádrem

2.3.5 Rozptylové transformátory

Pro napájení rtuťových, sodíkových nebo neonových světelných zdrojů a pro svařovací transformátory požadujeme, aby napětí při zatížení bylo podstatně menší než napětí naprázdno, (měkká zatěžovací charakteristika). Dosáhneme toho zvětšením rozptylového toku. U jádrového typu transformátoru se rozptyl zvýší např. tak, že vstupní vinutí je na jednom sloupku, výstupní vinutí na druhém sloupku a ve středu jsou magnetické nástavce (můstky), snižující magnetický odpor obvodu rozptylového toku. [2]

V případě užití rozptylového můstku nelze měnit hodnotu proudu nakrátko. Používá se jako zapalovací transformátor pro výbojky. U svařovacího transformátoru podle obr. 5. b) je možné nastavit proud nakrátko (svařovací proud) posunutím středního sloupku 1. Některé malé transformátory (např. zvonkové, hračkové, přenosné transformátory pro ruční vrtačky a ruční lampy) se rovněž konstruují, tak aby snesly trvale zkratový proud, tzn. jako rozptylové.



Obr. č. 5: a) Změna rozptylu pomocí rozptylového můstku b) změna rozptylu posuvným jádrem

2.4 Proudové senzory

Modernějším řešením měření proudu a napětí pro jištění a monitorování v energetických systémech vysokého napětí se staly proudové senzory. Proudové senzory byly zavedeny jako následovníci klasických transformátorů proudu.

Proudové senzory jsou založeny na principu Rogowského cívky, která je známa již dlouhou dobu, ale uplatnila se až zavedením digitálních přístrojů do sekundárních obvodů, díky kterým je možné využít její výhodné vlastnosti. Tyto nové senzory zužitkují výhody moderních sekundárních zařízení lépe než klasické přístrojové transformátory. [4]

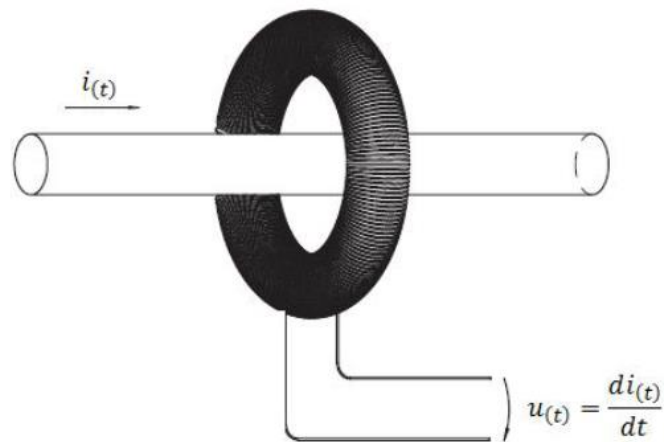
2.4.1 Rogowského cívka

Rogowského cívka je přesný lineární senzor proudu pro přesné měření ve velkém rozsahu. Prakticky jde o toroidní cívku bez železného jádra (vzduchovou cívku). Díky tomu se může chovat jako snímač proudu.

Předností Rogowského cívky oproti jiným způsobům měření je odolnost konstrukce. Měřit můžeme v širokém rozsahu, v podstatě až do zkratových proudů, bez poškození tohoto proudového měniče. Neprojevují se zde nelineární průběhy, které jsou vlastní cívkám se železným jádrem. Protože Rogowského cívku lze konstruovat jako otevřenou (navinutou na ohebném pásku), lze ji umístit na vodič a následně odstranit bez přerušování měřeného obvodu. [5]

2.4.2 Princip Rogowského cívky

Rogowského cívka je speciálně vinutá cívka na nemagnetickém jádře, která je umístěna okolo vodiče, který protéká měřený proud, jak je zmíněno na obr.6.



Obr. č. 6: Rogowského cívka

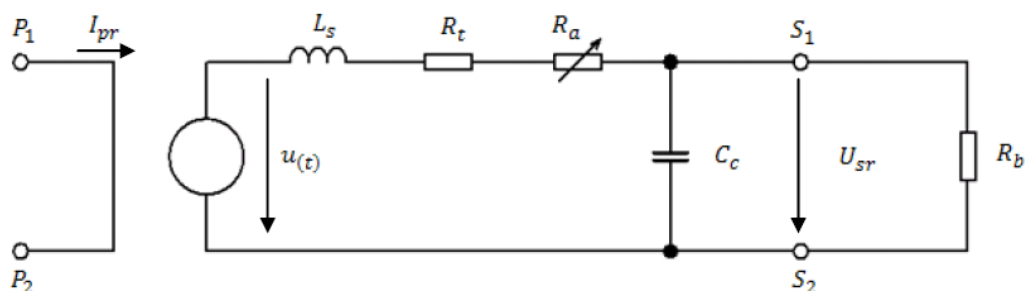
V případě že má jádro konstantní průřez a závity jsou navinuty kolmo k průřezu jádra s konstantní hustotou, pak je výstupní napětí definováno:

$$u(t) = -\mu_0 \cdot n \cdot S \cdot \frac{di(t)}{dt} = M \cdot \frac{di(t)}{dt} \quad (2.1)$$

Pro napětí $u(t) = U_{sr} \cdot \cos(\omega \cdot t)$ získáme integrací průběh primárního proudu.

$$i(t) = -\frac{1}{M \cdot \omega} \cdot U_{sr} \cdot \sin(\omega \cdot t) \quad (2.2)$$

Výstupní napětí je úměrné derivaci okamžité hodnoty měřeného proudu. V případě sinusového proudu je výstupní napětí posunuto o 90stupňů. Integrací tohoto signálu získáme přesný časový průběh měřeného proudu. Integrace výstupního signálu se provádí pomocí pasivních RC integrátoru nebo operačních zesilovačů. V sítích vysokého napětí integrace výstupního signálu není vždy provedena v samotné cívce, ale v připojených zařízeních, což vede ke snížení nákladů na výrobu



Obr. č. 7: Náhradní schéma Rogowského cívky

Vinutí cívky je nahrazeno rozptylovou indukčností L_s a odporem R_t , který zahrnuje také odpor připojeného kabelu. Odpor R_a je volitelný, je používám pro potřeby kalibrace. Tento odpor kompenzuje výrobní tolerance v rozměrech vinutí a v hodnotách počtu závitů. Kapacita C_c odpovídá kapacitě připojeného kabelu. Hodnota zatěžovací impedance R_b musí být velká, ideálně nekonečná, aby nevznikaly chyby měření vlivem úbytků napětí na vinutí a připojeném kabelu.

Pro výstupní napětí platí:

$$U_{sr} = \frac{R_b}{R_t + R_a + R_b + j\omega L_s} \cdot j\omega \cdot M \cdot I_{pr} \quad (2.3)$$

Pro $R_b \rightarrow \infty$ pak platí:

$$U_{sr} = j\omega \cdot M \cdot I_{pr} \quad (2.4)$$

2.4.3 Použití proudových senzorů

Velké množství různých tvarů a velikostí umožňuje použití proudových senzorů v řadě různých aplikací. Jejich kompaktní rozměry a nízká hmotnost umožňují snadnou

manipulaci

a instalaci v místě potřeby. Proudové senzory našly své využití pro měření a jistění zařízení, ve kterých není možné použít klasické proudové transformátory. Proudové senzory mohou nahrazovat rozměrné klasické transformátory proudu v rozváděčích vysokého napětí. S velkou výhodou se používají s diferenciálními ochranami strojů, kterými tečou značné proudy.

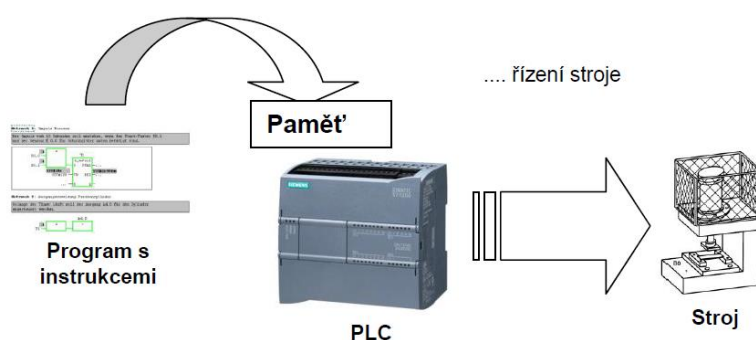
Typickým příkladem takového použití je chránění transformátorů obloukových pecí, velkých generátorů a motorů. Případným poškozením takového stroje vlivem špatného působení ochran vznikají značné finanční náklady. U transformátorů obloukových pecí je obvykle nadproudová ochrana použita na primární straně, protože měření proudů na sekundární straně je značně obtížné. Hodnoty proudu na sekundární straně běžně dosahují hodnot desítek kiloampér, což vyžaduje značné průřezy několika vodičů, které bývají chlazeny vodou. Případná porucha na sekundární straně nebývá ochranou zachycena a obvykle se vypíná manuálně obsluhou pece. Použitím ochran, které jsou napájeny proudovými senzory na primární, i sekundární straně můžeme dosáhnout spolehlivého chránění drahých transformátorů

3 PROGRAMOVATELNÉ AUTOMATY

Tato kapitola seznamuje s použitím programovatelných logických automatů a popisuje hardwarové a softwarové prostředky.

3.1 PLC

PLC neboli Programmable logic Controller (Programovatelný logický automat) jsou programovatelné řídicí přístroje orientované na zpracování jednobitových informací a logické řízení pomocí jednobitových povelů. Programovatelné automaty jsou řízeny procesorem a používají se při řízení a regulaci procesů. (například, tisk novin, balicí linka, plnicí linka, lisování a jiné). To je prováděno podle instrukcí programu nahraného v paměti zařízení. [1][6]



Obr. č. 8: Schéma chodu procesu PLC, zdroj[6]

Programovatelný automat přijímá přes vstupní jednotky logické signály informující o stavu procesu. Vstupní signály jsou zpracovány programem v PLC, který je většinou naprogramovaný v PC s využitím softwaru STEP 7, a je tam také dočasně uložen. Když se PC připojí skrz rozhraní TCP/IP k PLC, může se program přenést do paměti PLC. Pak již není potřeba PC pro další zpracování programu v programovatelném logickém automatu. Výstupem jsou jednobitové logické signály vysílané jako řídicí signály přes výstupní jednotky zpět do procesu. [6]

3.2 Automat Simatic S7 – 1200

Programovatelný automat Simatic S7 – 1200 společně s vývojovým prostředím Simatic Step 7 reprezentují nový směr v automatizaci představený společností Siemens již v roce 2009. Hlavní důraz je v něm kladen na snadnou integraci a hladkou spolupráci jednotlivých částí řídicího systému, tj. komunikačních prostředků, operátorského rozhraní (HMI) a samotného programovatelného automatu (PLC). Přínosem pro uživatele je zejména možnost rychle a přehledně projektovat a snadno realizovat a uvádět do provozu nejrůznější automatizační systémy.

Programovatelný automat Simatic S7 - 1200 je mnohoúčelová řídicí jednotka vhodná jak k efektivní automatizaci menších strojů a strojních zařízení, např. dopravníkových systémů, tak k použití jako distribuovaná komponenta v rozsáhlejších automatizačních systémech. PLC Simatic S7 - 1200 v porovnání se svým předchůdcem, PLC Simatic S7 - 200 (viz. Obr. č. 9), má několik průlomových zdokonalení, jako je sloučení softwaru pro programování PLC a softwaru pro tvorbu operátorských rozhraní do jednoho unifikovaného prostředí, integrované rozhraní Profinet atd.. V porovnání s předchozími softwarovými nástroji jsou přínosem pro uživatele zejména mnohem vyšší rychlost, větší produktivita práce programátora a skutečnost, že není třeba instalovat individuální software zvlášť pro programování PLC a pro tvorbu operátorských rozhraní. Nepominutelným přínosem je též sloučení hardwarového a programovacího prostředí pro PLC nižší výkonnostní třídy s prostředím pro PLC výkonnějších řad Simatic S7 - 300 a S7 - 400. [7]



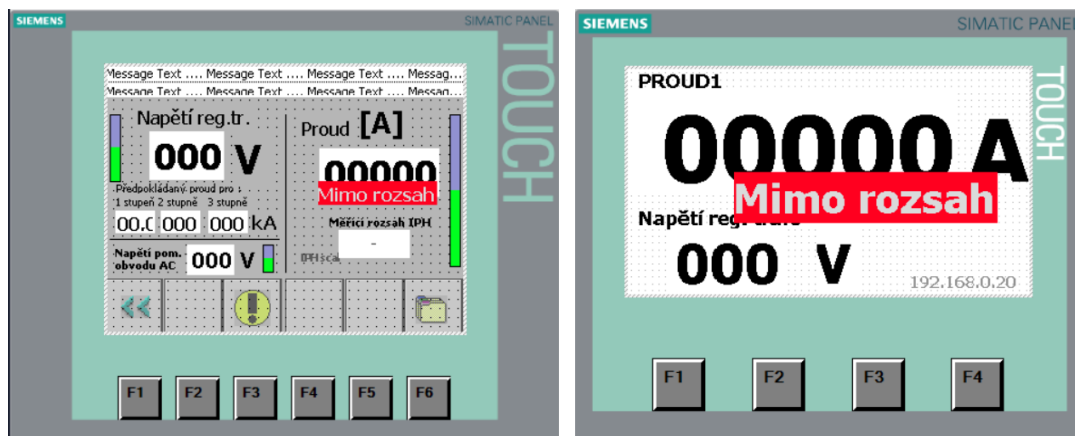
Obr. č. 9: Simatic S7 – 1200 vlevo, Simatic S7 – 200 vpravo;[8]

3.3 HMI

Pro komunikaci mezi strojem a člověkem od firmy Siemens slouží Simatic HMI (Human Machine Interface). Dříve tohle rozhraní bylo označováno jako ovládání stroje. Postupem času se tyto systémy staly nedílnou součástí spektra produktů plně integrované automatizace. HMI umožňuje uživateli číst hodnoty, monitorování informací o stavu zařízení (chybové hlášky) a zároveň poskytuje možnost ovládání stroje a zadávání hodnot. [12] [13]

3.3.1 HMI KTP400 Basic color a HMI KTP 600 Basic color

Basic panely jsou určeny pro méně náročné aplikace. Z hlediska komunikace jsou některé panely vybaveny rozhraním Profibus nebo rozhraním PROFINET (Ethernet). KTP 400 Basic color je navržen jako kombinace širokoúhlého dotykového displeje a čtyř konfigurovaných kláves s hmatovou zpětnou vazbou. (Viz. Obr. č.14 , vpravo). KTP 600 Basic color se liší v počtu konfigurovaných kláves a v rozměrech dotykového displeje. Další rozdíly či specifikace jednotlivých Basic panelů jsou uvedeny v tabulce č. 1.



Obr. č. 14: HMI KTP 600 Basic color vlevo, KTP 400 Basic color vpravo.

Tabulka č.1: Základní informace KTP600 a KTP400 [14]

Produkt	KTP400 Basic color	KTP600 Basic color
Displej	TFT, LED podsvícení, 95 x 54 mm	TFT, 115 x 86 mm
Rozlišení	480 x 272 Pixel	320 x 240 Pixel
Počet funkčních kláves	4	6
Napájecí napětí	DC, 24 V (limity 19,2 – 28,8 V)	DC, 24 V (limity 19,2 – 28,8 V)
Paměť	Flash. RAM, paměť 10 Mbyte	Flash. RAM, paměť 1 Mbyte
Rozhraní	PROFINET (Ethernet)	PROFINET (Ethernet)

3.3.2 Komunikace

Programovatelný logický automat využívá ke své komunikaci integrované rozhraní Profinet. Použitím tohoto rozhraní umožníme PLC komunikovat s programovacím zařízením, navzájem mezi jednotlivými PLC a s ovládacími panely. V řadě S7 – 1200 se také nachází integrované digitální/analogové vstupy a výstupy, k nimž je možné připojit až osm různých vstupních nebo výstupních zařízení. Základní jednotka lze rozšířit až o tři komunikační moduly, například RS – 232, RS – 485 nebo Profibus DP – master. Komunikační moduly se k systémové sběrnici připojují z levé strany a umožňují uživateli provést specifikované spojení mezi dvěma body, např. tiskárnami, moduly GSM a podobně. Z pravé strany se do PLC připojují signálové karty, které slouží jako doplněk k integrovaným vstupům a výstupům na základní jednotce.

3.4 Vývojové prostředí TIA portál

Inženýrský nástroj Totally Integrated Automation neboli TIA portál, byl zcela nově vyvinut za účelem efektivnější tvorby aplikací pro průmyslovou automatizaci. Jeho integrovanou součástí je software Simatic Step 7 společností Siemens, který poskytuje podporu vývojářům všech řad programovatelných automatů Simatic. S jeho pomocí lze programovat jak novou řadu S7 – 1200, tak osvědčené řady Simatic PLC S7 – 300/400 i ryze softvérová PC – based řešení s produktovým označením Simatic WinCC. [9]

Simatic Step 7 umožňuje uživateli pracovat s jednotným prostředím, vše je pohodlně přístupné z jedné obrazovky. Před nástupem tohoto softwarového systému bylo nutné většinu PLC a HMI uživatelských panelů programovat zvlášť, v prostředí určený pro daný produkt. Jednotnost tohoto softwaru a podpora širokého spektra produktů Siemens

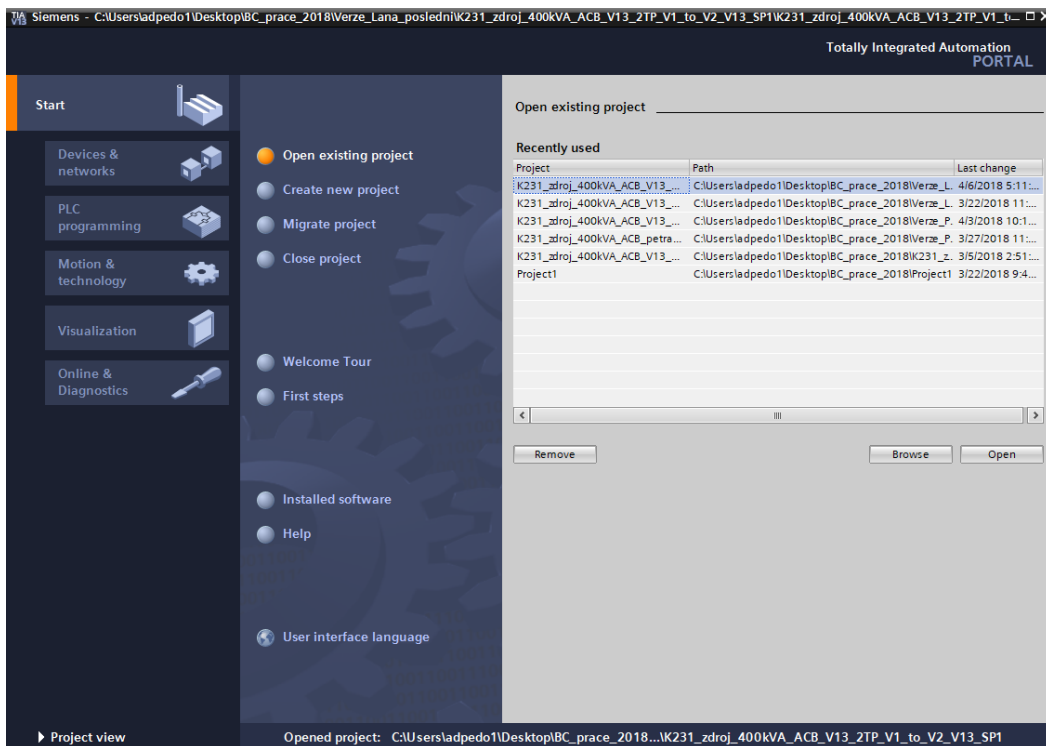
pro průmyslovou automatizaci znamenají rychlejší vývoj aplikačního programu, lepší konzistenci dat projektu, jednodušší diagnostiku napříč celým projektem a snazší údržbu i servis při změnách v provozu.

Pro zachování starší již existující konfigurace PLC a HMI Simatic je možné použít nástroj migrace, který umožní přepsat hardwarové projekty i programové kódy do nového prostředí. [10]

Vývojový software pro programování PLC Simatic má na trhu k dispozici dvě základní varianty. První z nich je verze Basic, která je levnější, jednodušší a primárně určena pro programování pouze PLC S7 – 1200. Druhou verzí je dražší a zcela kompletní verze Professional. [11]

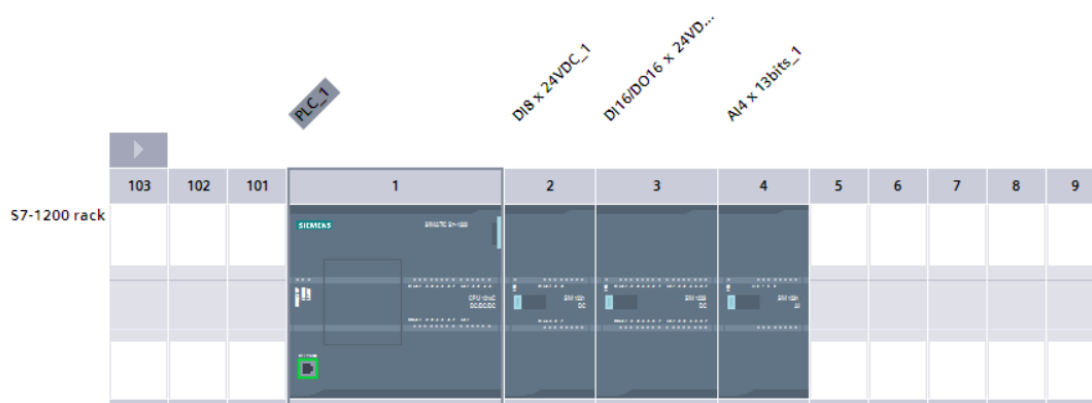
3.4.1 Programování PLC

Po spuštění programovacího softwaru TIA Portal se ocitneme v prostředí *Portal View*, který slouží jako rozcestník, lze zde snadno navrhovat a spravovat „jádro“ projektu, viz obrázek č. 9. Pro psaní kódu, parametrizace či dosažení všech dostupných funkcí projektování slouží *Project view*.



Obr. č. 9 Portal View

V položce *device configuration* můžeme importovat podporovaná CPU a HDMI do projektu. V okně s definováním hardwaru, kde už je přidána PLC stanice, definujeme rozšiřující moduly jako v našem případě Digital input SM 1221, 8 DI, 24 V DC, Digital I/O SM 1223, 16 DI/16 DO, 16 DI 24 V DC a analog input, 4 AI, 0-20 mA 12-bit + sign bit (13 bit ADC). Viz. Obrázek č. 10.



Obr. č. 10: Projektové zobrazení hardwaru z katalogu produktu

3.4.1.1 Bloky

Základní objekty, které lze použít pro programování PLC jsou organizační bloky (OB), Funkce (FC), a Funkční bloky (FB). Na obrázku č. 11 je vyobrazen průvodce vytvoření programovatelného bloku.

- **Organizační bloky**

OB (Organization Block) jsou volány v cyklech operačním systémem a jsou rozhraním mezi uživatelským programem a operačním systémem. V OB mohou být uloženy kompletní programy nebo jsou volány dílčí podprogramy, které vytvářejí strukturu podprogramu a přispívají k přehlednosti programu. [6]

- **Funkce**

FC (Function) je program instrukcí, které se provedou, pokud je funkce vyvolána z jiného bloku. Funkce nemá přidělenou paměť a data jsou ztracena hned poté, co je funkce provedena. Pro uložení dat z FC, lze využít globální data bloky. Tyto funkce lze volat několikrát na různých místech programu. Tato možnost zjednodušuje kód

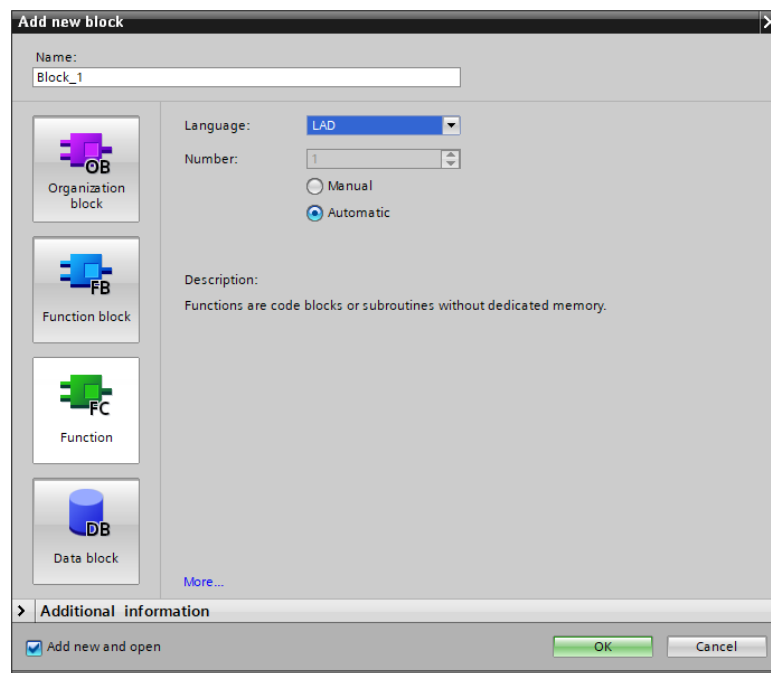
programu a ulehčuje programování složitějších opakujících se funkcí. FC se využívá například k vrácení funkčních hodnot, které vyvolává funkce. [6]

- **Funkční bloky**

FB (Function block) je kódový blok, který může být volán s parametry a má vždy přiřazený vlastní instanční datový blok. Data a parametry v instančním datovém bloku jsou uschovány i po ukončení bloku FB. Proto jsou nazývány bloky s pamětí. Blok FB můžeme také volat více než jednou a každé volání může obdržet svůj datový blok pro uložení. Tyto možnosti činí funkční bloky ideálně vhodné pro programování často se opakujících komplexních funkcí. [6]

- **Datové bloky**

Oproti blokům s kódem, DB (Data Block) neobsahují instrukce, ale jsou to paměťové oblasti, kam se můžou ukládat data uživatelem. Datové bloky tedy obsahují hodnoty proměnných, které používá program uživatele pro práci. Jejich maximální velikost je různá, zaleží na CPU. DB ukládá data, které mohou být využity i jinými bloky. Datové bloky slouží například k ukládání informací o stavu určitého produktu. [6]



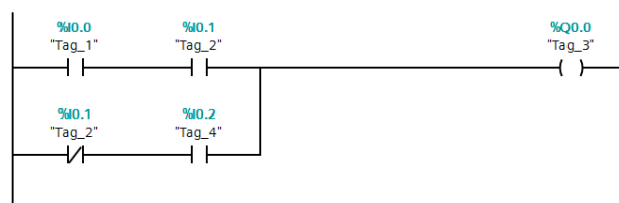
Obr. č. 11 : Výběr nového bloku (Add new block)

3.4.2 Programovací jazyky

Simatic S7 – 1200 je možné programovat v jazycích LAD, FBD a SCL. Přičemž volba programovacího jazyka může záviset na druhu aplikace.

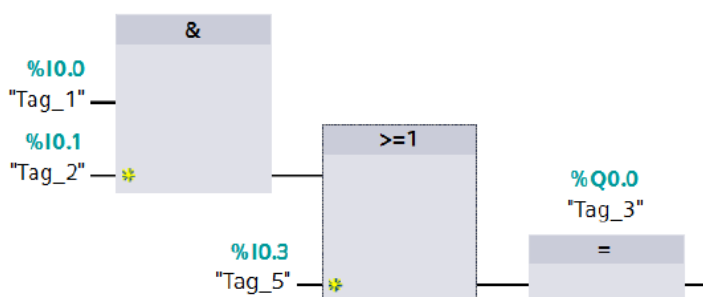
3.4.2.1 Grafické

Programovací jazyky LAD a FBD spadají do sekce grafických jazyků. Přičemž jazyk LAD (Ladder Diagram) je standardní programovací nástroj založený na žebříkových diagramech. Demonstruje kreslení elektrických schémat z dob, kdy automatizace používala výhradně reléovou techniku.



Obr. č. 12: Ladder diagram

Jazyk FBD (Function Block Diagram), je založen na propojování funkčních bloků. Program tvořen pomocí FBD je vytvářen propojováním více funkcí a funkčních bloků. Jazyk Funkčních blokových schémat svým vzhledem připomíná kreslení schémat a logických funkcí. Funkce jsou tvořeny např. logickými a aritmetickými operacemi. Díky své přehlednosti se v jazyce snadně a intuitivně programuje bez nutných znalostí programovacího jazyka. Využívá se při programování regulačních a měřících úloh.



Obr. č. 13: Function Block diagram

3.4.2.2 Textové

Posledním možným jazykem je jazyk SLC (Structured Control Language), který je zmodernizovanou verzí jazyka ST (Structure Text). Spadá tedy do sekce textového rozhraní a je velice podobný jazyku Pascal. Základem pro SLC je tedy „strukturovaný text“, který je velmi blízký lidem se zkušenostmi s jazykem Pascal nebo třeba C. [15]

3.5 PLC proměnné (Tagy)

Před samotným programováním je potřeba specifikovat globální PLC Tagy, jelikož při moderním programování, nepoužíváme absolutní adresy. Pomocí PLC Tags lze nastavit základní parametry (datový typ, adresa proměnných) a jména vstupů a výstupů, které využijeme v programu. K jednotlivým proměnným lze také připsat komentář. Při programování se potom uživatel odkazuje k jednotlivým jménům proměnných a nikoli k fyzickým adresám. Všechny tyto globální Tagy můžeme využívat v celém programu ve všech blocích. Tyto vlastnosti nám ulehčují programování a vytvářejí programování přehlednější. Seznam použitých Tagu nalezneme na obr č. 15.

PLC tags									
	Name	Tag table	Data type	Address	Retain	Visibl...	Acces...	Comment	
1	SB2	Default tag table	Bool	%I0.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	tlacitko STOP	
2	SB4	Default tag table	Bool	%I0.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	tlacitko start 1.stupen	
3	SB5	Default tag table	Bool	%I0.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	tlacitko start 2.stupen	
4	SB6	Default tag table	Bool	%I0.3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	tlacitko start 3.stupen	
5	SB3	Default tag table	Bool	%I0.4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	tlacitka TOTAL STOP	
6	SB7.1	Default tag table	Bool	%I0.5		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	reg. nahoru	
7	SB7.2	Default tag table	Bool	%I0.6		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	reg.dolu	
8	SB8	Default tag table	Bool	%I0.7		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	tlacitko chyba	
9	KM1_IN	Default tag table	Bool	%I12.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1.st. zapnut	
10	KM2_IN	Default tag table	Bool	%I12.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	2.st. zapnut	
11	KM3_IN	Default tag table	Bool	%I12.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	3.st. zapnut	
12	KO1_IN	Default tag table	Bool	%I12.3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	m. total zapnut	
13	KM4_IN	Default tag table	Bool	%I12.4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	bud.odpor 625A zkratován	
14	TR1_U_IN	Default tag table	Bool	%I12.5		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	reg.tr. nahore	
15	TR1_D_IN	Default tag table	Bool	%I12.6		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	reg.tr. dole	
16	KA40_IN	Default tag table	Bool	%I12.7		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	tep.ochrana proud.trafa	
17	KA50_IN	Default tag table	Bool	%I13.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	tep.ochrana bud.odporu 624A	
18	KM21_IN	Default tag table	Bool	%I13.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	zkrat. 2.st. zapnut	
19	KM31_IN	Default tag table	Bool	%I13.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	zkrat 3.st. zapnut	
20	FA1_2	Default tag table	Bool	%I13.3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	jisticke 1.stupne	
21	FA3_5	Default tag table	Bool	%I13.4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	jisticke 2.a3. stupne	
22	KA51_IN	Default tag table	Bool	%I13.5		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	tep.ochrana bud.odporu 345A	

Obr. č. 15: PLC Tagy

3.5.1 Adresování input/output signály Simatic S7 – 1200

Specifikování určitých vstupů a výstupů v programu se říká adresování.

PLC vstupy a výstupy, jsou standardně kombinovány do skupin po osmi na modulech digitálních vstupů a výstupů. Tato jednotka osmi je nazývána **byte**. Každá taková skupina dostane číslo, kterému se říká **byte address**.

Pokud chceme adresu jednotlivých vstupů nebo výstupů v jednom byte, rozdělíme ho na osm individuálních **bitů**. Ty jsou číslovány od 0 do 7. Tak se dostaneme k **bit adrese**. PLC zde ukázané má vstupní byte 0 a 1 a také výstupní byte 0 a 1.

Příklad 1:

Pro adresování například pátého digitálního vstupu, specifikujeme tuto adresu:

%I 0.4

Kde: **%I** zde indikuje vstupní adresu, **0** je byte adresa, a **4** je bit adresa

Poznámka: Pro bit adresu, 4 je ve skutečnosti pátý vstup, protože začíná 0. [6]

4 ŘÍDÍCÍ PROGRAM

V této kapitole je naznačeno postupné řešení zadaných úloh. Pro tvorbu programu je použit inženýrský nástroj TIA portál.

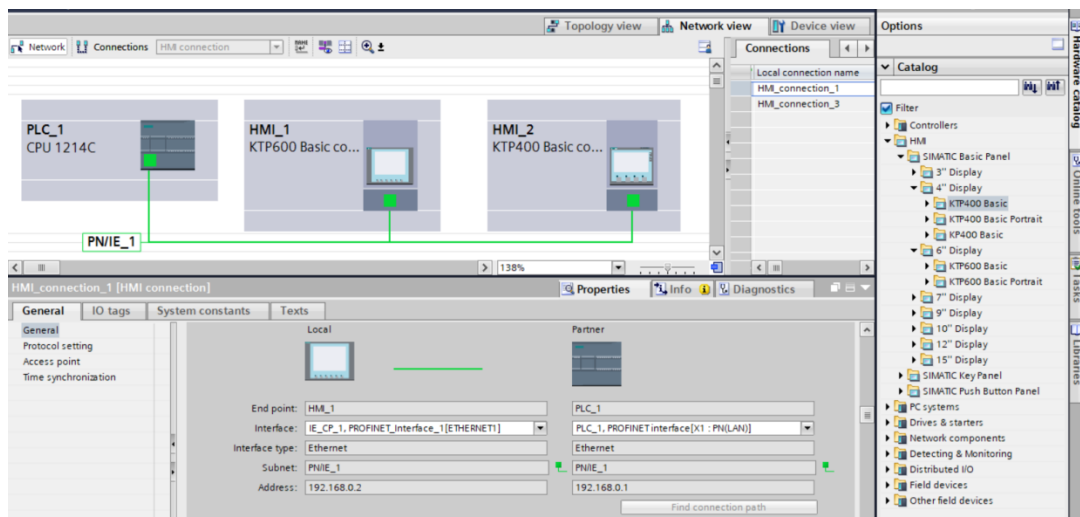
4.1 Založení projektu

Vzhledem k tomu, že použité PLC je napájeno ze stejného zdroje jako zdroj ACB, je potřeba před spuštěním aplikace nejprve zapnout napájecí zdroj k ACB produktu.

Po spuštění TIA portálu se nacházíme v prostředí *Portal View* (Obr. č. 9), kde založíme nový projekt. Po založení projektu přejdeme k definování hardwaru, pro který budeme aplikaci programovat.

4.2 Hardwarová konfigurace (HW)

Prvním krokem je potřeba přidat stanici PLC Simatic S7 – 1200. Po přidání našeho PLC se software přepne do prostředí *Project view*, kde už je přidáné naše PLC stanice. Dále je nutné nadefinovat rozšiřovací moduly *digitál input SM 1221, 8 DI, 24 V DC, digitál I/O SM 1223, 16 DI/16 DO, 16 DI 24 V DC* a *analog input, 4 AI, 0-20 mA 12-bit + sign bit (13 bit ADC)*. Rozšiřovací moduly připojujeme k pravé straně PLC a to přetažením z pravé nabídky položky *Catalog* do zvolené sekce. Nedílnou součástí projektu jsou operátorské panely KTP400 a KTP600. Panely se nacházejí v katalogu TIA portálu, tudíž je lze jednoduše nakonfigurovat. Konfiguraci provedeme v okně *Device & Network*. Z vhodného katalogu importujeme naše HMI panely do projektu a spojíme je PLC sběrnici PN/IE, viz obr. Č. 15. V sekci *Connections* zvolíme podsekcí *General* a zkontrolujeme či nastavíme IP adresu zařízení. TIA portál umožňuje programovat Simatic S7 – 1200 a HMI panel ve stejném projektu, avšak program poté musíme nahrát do obou zařízení zvlášť.

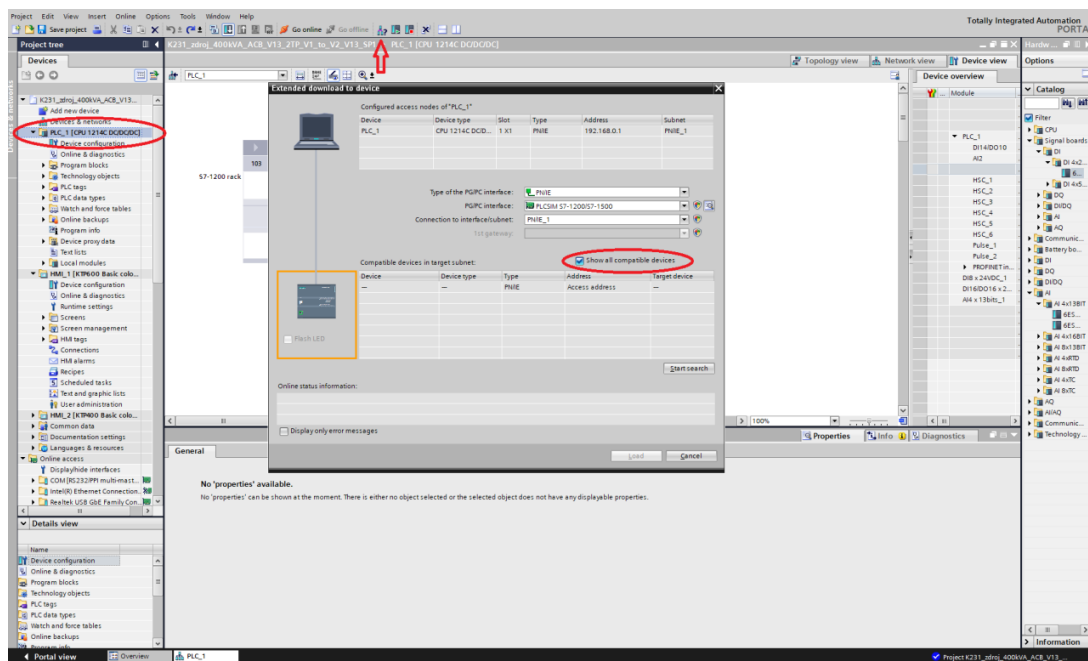


Obr. č. 15 : Propojení TIA prostředí s HMI panely

Nesmíme zapomenout nastavit také komunikační rozhraní PLC. V okně v němž se nachází PLC klepneme na symbol rozhraní *Ethernet* na PLC. Dále v sekci *General* nastavíme potřebnou IP adresu ke komunikaci.

Bez řádného připojení a funkčnosti spojení PC s TIA portálem, dále jen stanice a PLC nebude možné přenést naprogramovaný program do PLC. Taktéž bychom nevládnou kontrolovat, editovat a sledovat události v PLC on-line režimu. Proto TIA portál obsahuje složku *Online access*, kde jsou zobrazeny všechny momentální komunikační možnosti.

V této chvíli lze projekt uložit a nahrát HW konfiguraci. Nahrání Hardwarové konfigurace provedeme kliknutím na ikonu *Download to device*. V nově otevřeném okně nastavíme komunikaci se stanicí a prostřednictvím tlačítka *Start search* zobrazíme seznam dostupných kompatibilních zařízení. Ze seznamu vybereme PLC podle IP adresy a nahrajeme konfiguraci. (viz. Obr. č. 16)



Obr. č 16: Propojení TIA prostředí s HMI panely

4.3 Zapojení zařízení

Pro inspiraci zapojení posloužilo schématické zapojení ACB zdroje bez programovacího automatu od německých kolegů z firmy Siemens.

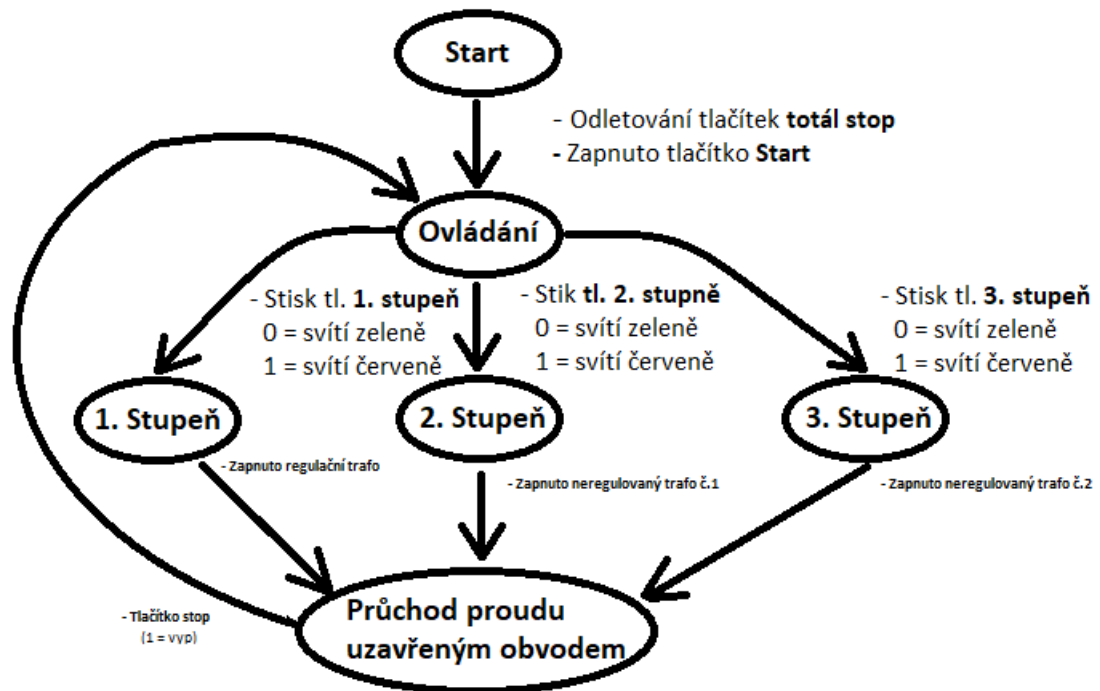
4.4 Implementace programu

V následujících podkapitolách je znázorněn popis tvorby programu pro zařízení ACB. Celá část programu je obsažena v příloze *Zdrojové kódy PLC*.

4.4.1 Stavový automat

Stavový automat neboli konečný automat je výpočetní model primitivního počítače, který se skládá z několika stavů a z několika přechodů. Přechody mezi stavy jsou podmíněné různým logickým podmínkám.

První stavový automat byl vytvořen pro základní ovládání mechanických tlačítek ACB zdroje (viz. Obr. č: 26). Kde po přivedení napětí do ovládací části zdroje odletujeme tlačítko *Total stop* a zapneme tlačítko *Start*. Tímto úkonem se dostáváme do stavu *Ovládání*, které dále pokračuje podle stavového automatu na obrázku č. 17



Obr. č. 17: Stavový automat pro ovládní tlačítek

4.4.2 Tagy

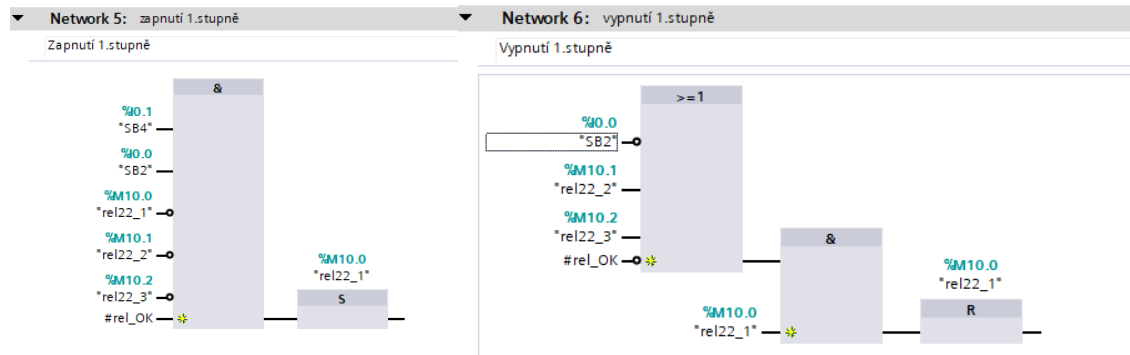
Pro deklaraci PLC Tagu je v TIA portále využit editor „PLC Tags“, ve kterém lze upravovat parametry proměnných. Více informací v kapitole 3.5 PLC proměnné (Tagy)

4.4.3 Logické ovládní stykačů

Pro jednoduchou orientaci a možnosti vývoje programu bez znalostí programovacího jazyka, byl zvolen jazyk FBD (kapitola 3.4.2 programovací jazyky). Pro logické ovládní stykačů je zvolený FB blok ve kterém jsou použité základní aritmetické a logické funkce

Podmínky pro ovládní jednotlivých ovládacích stupňů jsou tvořeny pomocí logického operandu *AND*. Nejdříve vyřešíme podmínky, které nám znázorňují správný chod živých částí zařízení, například tepelná ochrana proudového transformátoru, izolační stav proudového transformátoru a další. Výstup operátoru je sepnut v případě splněných všech podmínek a na výstupu ovládá pomocnou proměnnou „#rel_OK“. Tato proměnná nám demonstruje podmínky potřebné pro ovládní prvního stupně. Proměnná „#rel_OK“ se neobejde bez alokace paměti. Alokaci provedeme pomocí globálního datového bloku (DB). Jako datový typ je potřeba zvolit typ *Bool*. Další logický operand

AND je využit pro zapnutí pomocné proměnné prvního stupně. Kde vstupní Tagy jsou reprezentovány mechanickými tlačítky (viz. Obr. Č.18).

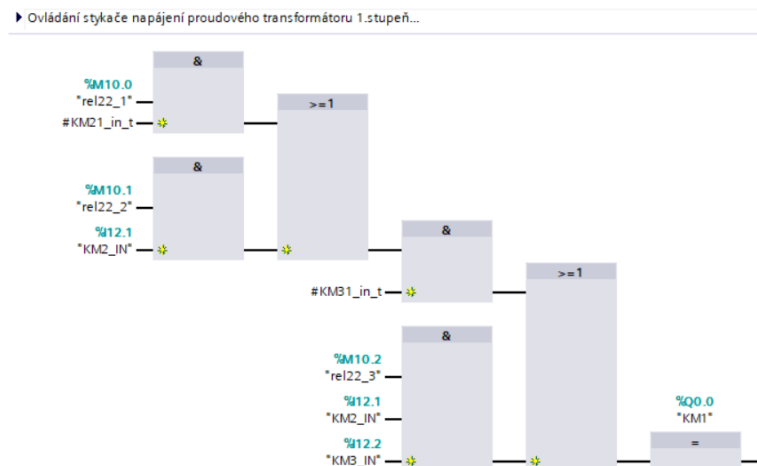


Obr. č. 18: Řešení zapnutí a vypnutí pomocné proměnné ovladacího stupně

4.4.4 Ovládání výstupu

Ošetření ovládacích výstupů je provedeno také ve funkčním bloku s názvem *Výstupy*. Tento FB blok má za úkol ovládat veškeré výstupy zvolené uživatelem.

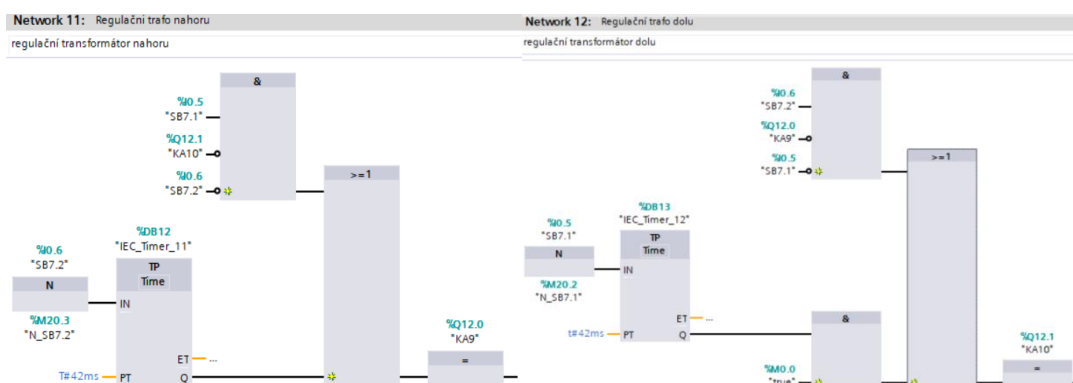
Nejdůležitějšími částmi ve funkčním bloku *Výstupy* jsou proměnné, které ovládají stykače jednotlivých stupňů a zajišťují průchod proudu uzavřeným obvodem. Pro první stupeň a tedy pro regulovaný transformátor, se jedná o proměnnou „KM1“. Pro sepnutí této proměnné slouží opět logické operandy s proměnnými, kterým byly přiděleny podmínky v bloku *Ovládání_1_DB*. (viz. Obr. č. 19)



Obr. č. 19: Zapnutí proudového transformátoru 1. Stupně v programu

Regulovaný transformátor je v této práci reprezentován autotransformátorem. Pro regulování transformátoru nahoru či dolů slouží otočný přepínač. Polohu přepínače

nahoru zastupuje proměnná „SB7.1“ a polohu dolů proměnná „SB7.2“. Samotný pohyb regulovatelného transformátoru je zastoupen výstupem „KA9“ nahoru a výstupem „KA10“ dolů. Rychlé změny polohy přepínače je ošetřeno pomocí časového pulzu „TP“, který v případě rychlého přechodu přepínače má implicitně nastavených 42ms časové prodlevy. Podmínky pro regulaci transformátoru jsou znázorněny na obrázku č. 20.



Obr. č. 20: Způsob provedení regulace transformátoru v programu

Dalšími výstupy v tohle funkčním bloku jsou světelné kontrolky zapnutého či vypnutého stupně.

4.4.5 Měření

Oproti binárním signálům, které lze používat jen za dvoustavové, analogové signály v určitém signálu můžeme považovat za jakoukoliv číselnou hodnotu. V téhle práci analogový signál zastupuje signál z Rogowského cívky. Analogový signál je nastaven na frekvenci 50Hz (20ms).

Analogové hodnoty přicházející z Rogowského cívky do PLC musí být převedeny na hodnotu digitální. Tento převod se nazývá Analog/Digital převod (A/D převodník).

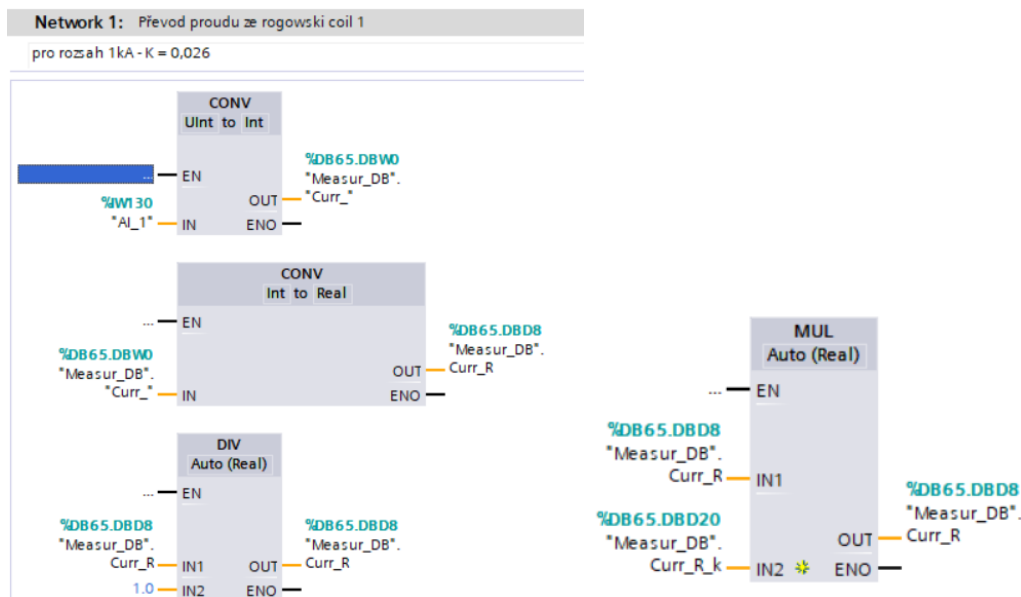
Simatic S7 – 1200 poskytuje široké spektrum datových typů, které můžeme využít pro reprezentaci různých číslicových formátů. Veškeré druhy formátů podporovaných Simatic S7 -1200 nalezneme v *tabulce č. 2.*

Tabulka č. 2: Seznam číslcových formátů Simatic S7 - 1200

Datový typ	Velikost (Bit)	Rozsah	Příklad vstupní konstanty
Bool	1	0 to 1	TRUE, FALSE, 0,1
Byte	8	16#00 to 16#FF	16#12, 16#AB
Word	16	16#0000 to 16#FFFF	16#ABCD, 16#0001
DWord	32	16#00000000 to 16#FFFFFFFF	16#02468ACE
Char	8	16#00 to 16#FF	'A', 't', '@'
Sint	8	-128 to 127	123, -123
Int	16	-32768 to 32767	123, -123
Dint	32	-2.147.483.648 to 2.147.483.647	123, -123
USInt	8	0 to 255	123
UInt	16	0 to 65.535	123
UDInt	32	0 to 4.294.967.295	123
Real	32	+/-1.18 x 10 ⁻³⁸ to +/-3.40 x 10 ³⁸	123,456, -3.4, -1.2E+12, 3.4E3
LReal	64	+/-2.23 x 10 ⁻³⁰⁸ to +/-1.79 x 10 ³⁰⁸	12345.123456789 -1.2E+40
Time	32	T#-24d_20h_31m_23s_648ms_ to T#-24d_20h_31m_23s_647ms Stored as -2.147.483.648 ms to +2.147.483.647 ms	T#5m_30s 5#-2d T#1d_2h_15m_30x_45ms
String	Variable	0 to 254 characters in byte size	'ABC'

Analogové hodnoty jsou čtené či zapisované v PLC jako informace typu *Word*. První analogový vstup je proud procházejícím Rogowského cívkou „*Al_0*“ typu *Word* a s adresou *%IW128*. Napětí regulačního transformátoru „*Al_1*“ znázorňuje druhý analogový vstup typu *Word* a adresou povýšenou na *%IW130*.

Pro převod proudu z R Rogowského cívky je použit konverzní operand „*Convert value*“. Jelikož je měřená analogová hodnota reprezentována jako „*UInt*“, je zapotřebí pro vyloučení zaokrouhlovací chyby nejprve převést na typ „*INT*“ a později na proměnnou s pohyblivou desetinou čárkou typu „*Real*“. Pro měření ve správných jednotkách je zapotřebí převedený proud vynásobit předem zvoleným rozsahem. Pro vynásobení dvou proměnných lze v TIA portále použít matematická funkce „*Multiply*“. Řešení převodu analogového vstupu je na obr. č.21.



Obr. č. 21: A/D převod proudu z Rogowského cívky v programu

4.5 Tvorba vizualizace

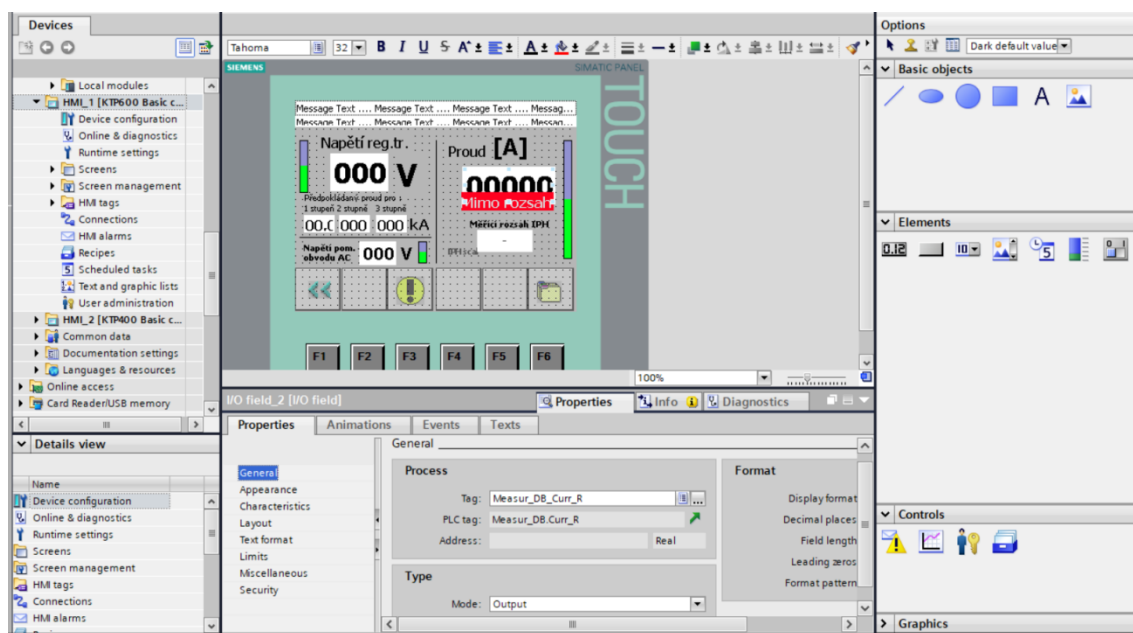
V následující kapitole je znázorněná tvorba vizualizace pro monitorování informací o stavu úlohy. Pro tvorbu vizualizace je využito grafických prvků nástroje WinCC Basic, který je součástí TIA portálu.

4.5.1 Sestavování vizualizace

Do grafického editoru WinCC je možné přejít v TIA portále pomocí vedlejšího okna „Project tree – projektový strom“. V podsekcí *Devices* se nacházejí již nakonfigurované HMI panely. Pod složkou HMI_1 je zastoupen hlavní HMI pane KTP600 Basic color, kde pro tvorbu vizualizace slouží záložka Screen. Ve složce HMI_2 se tedy nachází druhý nakonfigurovaný HMI panel KTP400 Basic color. Pro tento panel platí stejný princip tvorby vizualizace.

Pro každý zvolený HMI panel je vyobrazená odlišná hlavní obrazovka. Ta odpovídá půdorysem danému HMI panelu. Na obrázku č. 22 je znázorněn operátorský panel KTP600 Basic color. Tvorba vizualizace je velmi intuitivní a jednoduchá. Většinu operací je možné provádět metodou „přetáhni a pusť“ (drag and drop). Grafické prvky se vkládají do půdorysu daného panelu. Grafické prvky jsou rozděleny ve vedlejším okně *Toolbox* do čtyř kategorií. V první kategorii jsou obsaženy základní objekty

(Basic objects), které zastupují kreslicí objekty typu přímky, obdélníky, kruhy apod., a dále textové pole a pole obrázků. V druhé části se nachází ovládací elementy (elements). Zde se vyskytují prvky I/O field, button, switch apod.. V poslední řadě také Symbol library. Další kategorií jsou obsažené pokročilé funkce (Controls), kde nalezneme např. Trend view, Authentication, apod. a v poslední řadě zde jsou grafické prvky (Graphics).



Obr. č. 22 : Vizualizace

Pro znázornění měřícího proudu či napětí regulovaného transformátoru jsou použity ovládací elementy *I/O field*. Tyto prvky jsou nejčastěji použity pro zobrazení číselných hodnot. Dále se na hlavní obrazovce nacházejí funkce *Alarm View* obsažený v kategorii Controls, objekty *text field* nacházející se v kategorii Basic objects a ovládací prvky *Bar* nalézající se taktéž v kategorii Elements.

4.5.2 Nastavení vizualizace

K oživení, přidání parametru či přiřazení vlastností všech grafických prvků slouží v TIA portále spodní okno „Properties“. Ve vyobrazeném okně můžeme nalézt podsečky *Properties*, *Animation*, *Events* a *Text*. Zobrazené podsečky závisí na zvoleném grafickém prvku.

Aby byly grafické prvky plně funkční, musíme jim přiřadit jejich funkce. Základním a nejdůležitějším grafickým prvkem je na hlavním panelu zobrazování proudu. Tento prvek je typu *I/O field* a v záložce *properties* můžeme této funkci přiřadit příslušnou výstupní proměnou (Tag). V našem případě se bude jednat o proměnnou „*Measur_DB_Curr_R*“. Pomocí animace *visibility*, je na hlavní obrazovce vytvořeno okno pro varování přesáhnutí rozsahu. Prvním parametrem pole „Mimo provoz“ je proměnná „*DB_Panel_ORG_F_scale_ofo*“, na který bude animace reagovat. Tuto proměnnou přiřadíme v sekci *Animations* ve vytvořené podsekci „*Visibility*“. Okno bude viditelné jen při proměnné ve stavu 1.

5 POPIS ZAŘÍZENÍ

5.1 Zařízení pro jednofázovou kalibraci ACB

Účelem tohoto zkušebního zařízení je provést na jističi ACB jednofázovou proudovou zkoušku. Výkon AC zdroje je 400kVA (12V, 30kA)

5.2 Části stroje

Srdcem stroje jsou čtyři kusy proudových transformátorů se sekundáry spojenými do série

a mechanicky spojeny do jednoho celku. Dále je zde regulační transformátor 200kVA. Výkon je rozdělen do tří výkonových stupňů. Další části jsou dva kusy budících odporů, rozvaděč s jištěním a silovým ovládním proudových traf, rozvaděč s ovládacími obvody, HMI rozhraní, měření zkušebního proudu (Rogowského cívky) a zdroji (AC/DC) pro pomocné obvody ACB.

5.3 Měření sekundárního (zkušebního) proudu

Pro měření sekundárního (zkušebního) proudu proudového transformátoru je zařízení vybaveno měřícím zařízením na bázi Rogowského cívky. Zařízení se sestává vlastních dvou kusů Rogowského cívky a z dvoukanálového integrátoru. První kanál slouží pro vyhodnocení proudu v PLC a zobrazení na dotekovém panelu. Druhý kanál je určen pro napojení externího měřícího přístroje (voltmetr).

5.4 Výkonné stupně

Zařízení obsahuje proudový transformátor s celkovými parametry:

- Primár: 969A, 400V
- Sekundár: 12,9V, 30kA

Skládá se ze třech výkonových stupňů.

1. stupeň, plně regulovatelný pomocí regulačního transformátoru, 2x172 primár / 4,6V 30kA sekundár.
2. stupeň, neregulovaný 312A primár /4,16V 30kA sekundár.
3. stupeň, neregulovaný 312A primár /4,16V 30kA sekundár.

Tlačítka na ovládacím panelu se zapínají tyto kombinace:

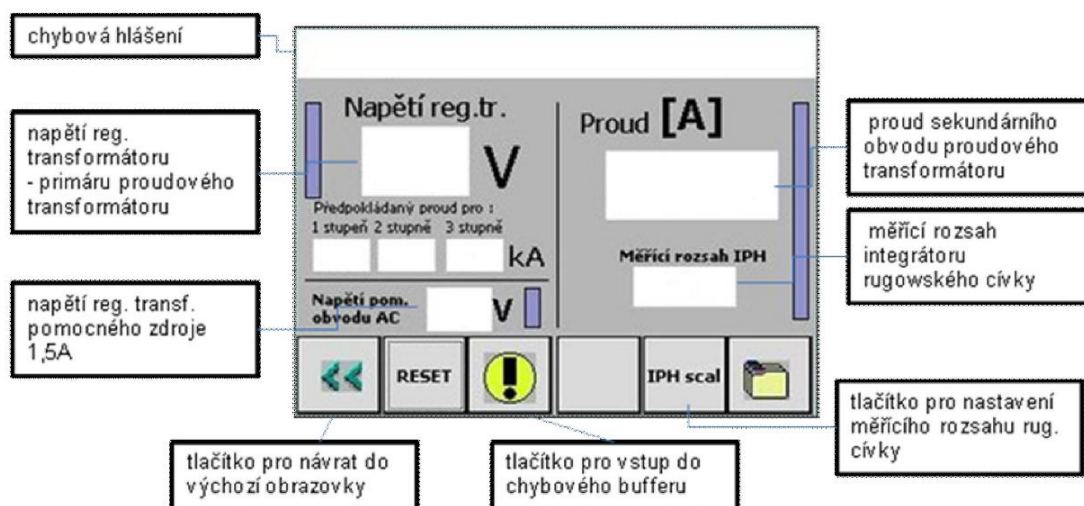
- a) 1. Stupeň
- b) 1. + 2. Stupeň
- c) 1. + 2. + 3. stupeň

5.5 Napájení pomocí obvodů

Pro napájení pomocí obvodů testovacího jističe (UVR, SHT cívky) je zařízení vybaveno:

- a) Regulovatelný zdroj AC 0 -230V / 1,5 A – regulační transformátor z oddělovacího transformátoru
- b) Regulovatelný zdroj DC – Statron – 0 – 300V / 1,5A

5.6 Ovládací panel



Obr. č. 23: vizualizace ovládacího panelu

5.7 Bezpečnostní štítky

Elektrický rozvaděč je opatřen štítky „Pozor elektrické zařízení“, „Nehas vodou“. Zařízení je opatřeno štítkem „Zařízení smí obsluhovat jen pověřený pracovník“. Přívodní svorkovnice, hlavní vypínač, zásuvky 230 pro údržbu, osvětlení stroje a některé další el. Komponenty v rozvaděči jsou opatřeny štítkem „Pozor i při vypnutí hlavním vypínači“.

6 BEZPEČNOSTNÍ POKYNY

6.1 Obecné pokyny

Zařízení je vyrobeno jako zkušební elektrické zařízení pro testovací laboratoř, do které nebude mít samostatný přístup personál bez elektrotechnického vzdělání.

Obsluhovat zařízení může pracovník seznámený s ovládním zařízení a poučený o možných nebezpečích.

- Proudový transformátor při zapnutí generuje silné magnetické pole.
- Zařízení nesmí obsluhovat osoby s kardiostimulátorem.
- Pokud je zařízení zapnuto – zákaz pohybu oso s kardiostimulátorem v okruhu 3 metrů od proudového transformátoru.
- Zařízení nesmí obsluhovat osoby s kloubními náhradami (endoprotézami) a jinými kovovými implantáty.
- Pokud je zařízení zapnuto – zákaz pohybu osob s kovovými implantáty v okruhu 3 metrů od proudového transformátoru.

Zařízení je konstruováno pro bezpečný provoz v souladu se současným stavem techniky. Přesto mohou při jeho používání vznikat nebezpečí, jestliže je provozován neproškolenými pracovníky nesprávně nebo v rozporu s účelem použití. Těmto úrazům může být zabráněno pouze odborným zacházením.

Musí být respektovány a dodržovány obecné bezpečnostní předpisy.

6.1.1 Povinnosti provozovatele při provozu

Provozovatel zařízení se zavazuje, že na zařízení budou pracovat pouze osoby, které jsou do obsluhy zasvěceny a disponují znalostmi bezpečnostních předpisů. Provozující společnost nepovinna provozovat zařízení pouze v technicky bezvadném stavu. Poruchy, které by mohly ohrozit bezpečnost, musí být neprodleně odstraněny. Provozující se také musí prostřednictvím kontrol zajistit čistotu a přehlednost pracovních prostorů zařízení a jeho okolí.

6.1.2 Zaškolení obsluhujícího personálu

Každá osoba, která je pověřena obsluhou zařízení, je před začátkem práce povinna dbát všech bezpečnostních předpisů a bezpečnosti práce. Dále musí být všechny osoby obsluhující zařízení prokazatelně seznámeny s bezpečnostními pokyny, musí ji rozumět a musí toto stvrdit podpisem. Zaučovaný personál smí se zařízením pracovat pouze pod dohledem zkušené osoby. Uživatel se zavazuje hlásit svému nadřízenému všechny nastalé změny, které mohou ohrozit bezpečnost. Svévole provedené opravy jsou nepřijatelné.

6.1.3 Pokyny pro obsluhující personál

Zařízení smí být používáno pouze k funkci, jež jsou v souladu s účelem použití, a při zohlednění Vámi daných pokynů. Dbejte upozornění na typovém štítku a dalších označení spojený se strojem (příkazy, zákazy, varování). Pracujte se zařízením pouze v případě, pokud jste k tomu byli pověřeni a pokud jste byli poučeni o zacházení se zařízením a jeho funkcích. Provozovatel zařízení je povinen poskytnout k dispozici potřebné osobní prostředky. Bezpečnostní zařízení je třeba pravidelně kontrolovat a případně uvést do pořádku. Pro práci se zařízením používejte pouze nezávadné a k tomu určené ruční nástroje. Pro bezpečnost práci jsou zcela zásadními předpoklady čistota a pořádek.

6.1.4 Ochranná a bezpečnostní zařízení

Před uvedením do provozu prověřte stroj, zda je správně nastaven a zda jsou funkční požadovaná bezpečnostní opatření. (např. tlačítko nouzového zastavení). Před každým spuštěním stroje musí být všechna bezpečnostní a ochranná zařízení pořádku a plně funkční. Ujistěte se o poloze ovladače nouzového zastavení a hlavního vypínače.

6.2 Způsobené nebezpečí

6.2.1 Nebezpečí způsobená elektrickou energií

Pozor: údržbu a opravy elektrické části zařízení smí provádět pracovník s minimální kvalifikací dle § 5 vyhlášky č. 50/78 SB., tj. pracovník znalý.

Pozor: v rozvaděčích se nacházejí části, které jsou pod napětím i při vypnutém hlavním vypínači

Elektrické zařízení je nutné pravidelně kontrolovat U všech kabelů a připojení je nutné zkontrolovat jejich pevnost a neporušenost a případně okamžitě vyměnit. Skříň rozvaděčů musí být vždy uzamčená a otevřít ji smí pouze autorizovaný personál.

6.2.2 Nebezpečí způsobená technickými vlivy

Při provozu blížícím se hranici maximálního výkonu některé části, zejména pouhého transformátoru – sekundární obvod – dosáhnout teploty přesahující 110°C. Hrozí nebezpečí popálení. Budící odpory 1. stupně a 2. + 3. stupně mohou dosahovat teplot přesahující 110°C. Hrozí nebezpečí popálení.

6.2.3 Nebezpečí způsobená magnetickým polem

Proudový transformátor při zapnutí generuje silné magnetické pole. Zařízení nesmí obsluhovat osoby s kardiostimulátorem. Pokud je zařízení zapnuto – zákaz pohybu osob s kardiostimulátorem v okruhu 3 metrů od proudového transformátoru. Zařízení nesmí obsluhovat osoby s kloubními náhradami (endoprotézami) a jinými kovovými implantáty. Pokud je zařízení zapnuto – zákaz pohybu osob s kovovými implantáty v okruhu 3 metrů od proudového transformátoru.

7 ZÁVĚR

Práce se zaměřuje na obslužný program a vizualizaci pro řízení proudového transformátoru ve zdroji ACB 400 kVA.

První část bakalářské práce byla založena na teoretické části, která má za úkol uvést do hardwarové problematiky řízení proudového transformátoru. Nejprve seznamuje s principy a vlastnostmi transformátoru, které se nacházejí v kapitole číslo dvě „Transformátory“. Další nutné seznámení potřebné k realizaci této práci je tentokrát s programovatelnými automaty. Tyto informace jsou obsaženy ve třetí kapitole této práce. Čtvrtou kapitolou začíná praktická část, kde je znázorněna tvorba programu. K vytvoření obslužného programu byl využit inženýrského nástroje TIA Portal. Před samotnou implementací programu, bylo nezbytné vytvořit Hardwarovou konfiguraci, kde se povedlo propojit PLC Simatic S7 - 1200 a dva HMI panely. Poté byl vytvořen obslužný program pro základní ovládaní pomocí mechanických tlačítek. Po implementaci funkčního bloku výstupů byla možnost, za pomoci bočníku, který zvyšuje měřicí rozsah, a osciloskopu, naplno využívat ACB zdroj. V dalším kroku byla vytvořena funkce určena pro měření analogového vstupu z Rogowského cívky. Na závěr byla vytvořena vizualizace pro zobrazení procházejícího proudu uzavřeným obvodem. Kámen úrazu přišel až s měření proudu. Po zapnutí napájecího napětí pro ACB zdroj. Dotykový HMI panel zobrazuje hodnoty proudu i přes neuzavřený obvod. Tyto hodnoty se pohybují od 0A až do 100A. Parazitní chování znemožňuje přesné měření času pro průchod proudu od 0A. Tato chyba byla konzultována a dočasně vyřešena externími stopkami s vývodem z měřícího transformátoru proudu. V další kapitole číslo pět „Popis zařízení“ se nachází informace o zařízení. Účelem tohoto zkušebního zařízení je provést na jističi ACB jednofázovou proudovou zkoušku. V neposlední řadě je nutné informovat o bezpečnosti zařízení. Provoz a pokyny pro bezpečnou obsluhu jsou tedy uvedeny v kapitole číslo šest „Bezpečnostní pokyny“.

Bylo dosaženo původního cíle práce, a to vytvoření řídicího programu pro ACB zdroj, a tedy možnost provést jednofázovou proudovou zkoušku na ACB jističi.

POUŽITÁ LITERATŮRA

- [1] TKOTZ, Klaus. Příručka pro elektrotechnika. 2. doplněné vydání. Německo: Europa Sobotáles, 2006. ISBN 8086706133. [cit. 2017-12-16].
- [2] KONÍČEK, Václav. *Elektrické stroje* [online]. [cit. 2017-12-16]. Dostupné z: <http://www.vosaspsekrizik.cz/cs/download/studium/vos/el-stroje-a-pristroje/transformatory.pdf>
- [3] *Elektrické stroje*. Fakulta elektrotechniky a informatiky - Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 2008. [cit. 2017-12-16].
- [4] MAHONEN, P., VIRTANEN, V., HAKOLA, T. The Rogowski coil and the voltage divider in power system protection and monitoring. [cit. 2017-12-16].
- [5] VOJÁČEK, Antonín. Co je, k čemu je a jak funguje Rogowského cívka ? *Automatizace.hw.cz*. 2007. [cit. 2017-12-16]. Dostupné z: <http://automatizace.hw.cz/co-je-k-cemu-je-jak-funguje-rogowskeho-civka>
- [6] *SCE_CZ_010-010_R1209_S7-1200_Startup* [online]. 2008, , 64 [cit. 2018-05-01]. Dostupné z: http://stest1.etnetera.cz/ad/current/index.php?ctxnh=2416f2e791&ctxp=doc_manualy
- [7] *Novinky v oblasti mikroPLC Simatic* [online]. 2014 [cit. 2018-05-01]. Dostupné z: http://www.automa.cz/cz/casopis-clanky/novinky-v-oblasti-mikroplc-simatic-2014_08_52827_7618/
- [8] SIRIUS soft starter 200-480 V 13 A, 24 V AC/DC spring-type terminals Thermistor input. In: <https://www.siemens.com/global/en/home.html> [online]. [cit. 2018-05-01]. Dostupné z: <https://www.automation.siemens.com/bilddb/search.aspx?lang=en>
- [9] *Siemens nabízí nové vývojové prostředí pro všechny typy PLC řady Simatic* [online]. [cit. 2018-05-01]. Dostupné z: <http://www.siemens.cz/press/siemens-nabizi-nove-vyvojove-prostredi-pro-vsechny-typy-plc-rady-simatic>

- [10] KOSEK, Rastislav, Ladislav PLACHÝ a Vojtěch KUBÁŇ. TIA PORTAL - jednotné vývojové prostředí pro automatizaci s technikou Siemens. *Automa* [online]. 2011, **2011**(2), 2 [cit. 2018-05-01]. Dostupné z: http://automa.cz/Aton/FileRepository/pdf_articles/44434.pdf
- [11] PLACHÝ, Ladislav a Rostislav KOSEK. Step7 V13 a WinCC V13 v platformě TIA Portal. *Automa* [online]. 2014, (8), 1 [cit. 2018-05-01]. Dostupné z: http://automa.cz/cz/casopis-clanky/step7-v13-a-wincc-v13-v-platfome-tia-portal-2014_08_52826_7617/
- [12] HMI (vizualizace a ovládání). *PLC AUTOMATIZACE* [online]. [cit. 2018-05-01]. Dostupné z: <http://plc-automatizace.cz/knihovna/hmi.htm>
- [13] *Standardní panely SIMATIC HMI* [online]. [cit. 2018-05-01]. Dostupné z: <http://www1.siemens.cz/ad/current/index.php?ctxnh=c350a9fd02>
- [14] Delivery Release for SIMATIC HMI KP400 Basic color PN / KTP400 Basic color PN. *SIEMENS* [online]. 2012, 29 MAY 2012 [cit. 2018-05-01]. Dostupné z: <https://support.industry.siemens.com/cs/document/60494853/delivery-release-for-simatic-hmi-kp400-basic-color-pn-ktp400-basic-color-pn?dti=0&lc=en-WW>

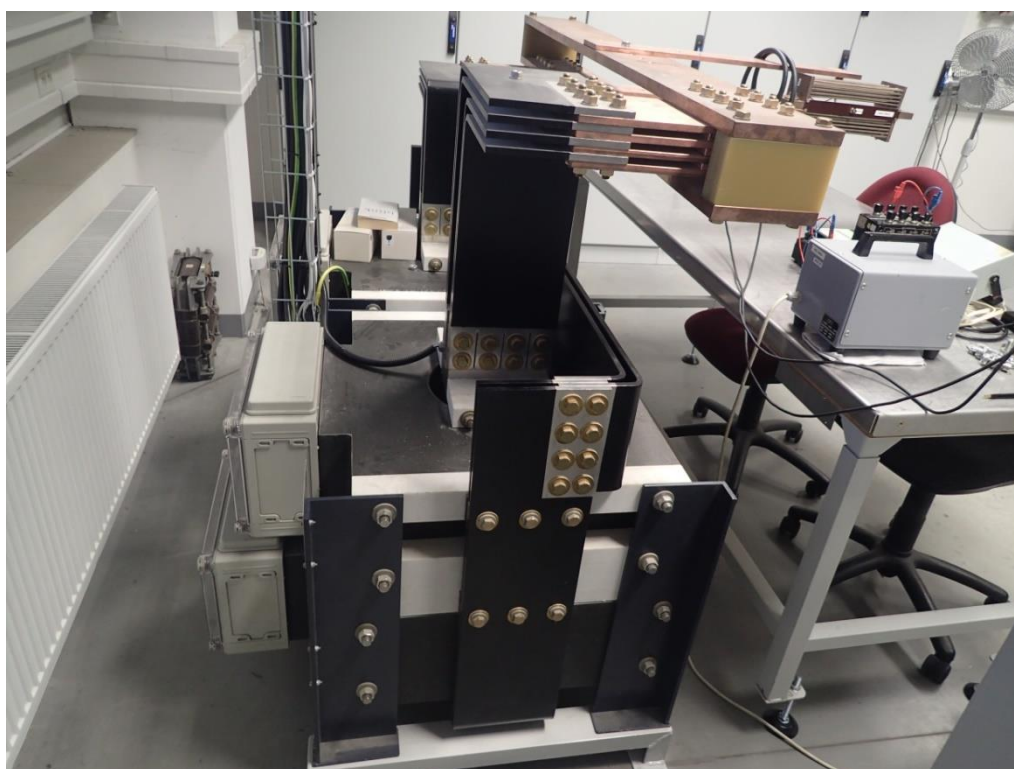
SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č.1: Fotografie pracoviště	51
Příloha č.2: Zdrojové kódy PLC	(na přiloženém CD)
Příloha č.3: Vizualizace	(na přiloženém CD)
Příloha č.4: Elektronická verze Bakalářské práce	(na přiloženém CD)

Příloha č.1



Obr. č. 24: Celkový pohled na pracoviště



Obr. č. 25: Konstrukce transformátoru Ruhstrat



Obr. č. 26: Ovládací panel



Obr. č. 27: Zapojení ovládacího zdroje