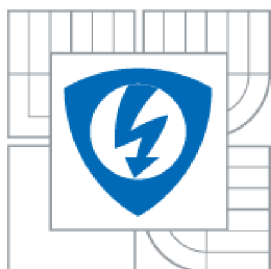




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH  
TECHNOLOGIÍ

ÚSTAV ELEKTROENERGETIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION  
DEPARTMENT OF ELECTRICAL POWER ENGINEERING

## PROJEKT LOGICKÉ OCHRANY PŘÍPOJNIC

PROJECT OF LOGICAL BUSBAR PROTECTION

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

Bc. IVAN KULAČ

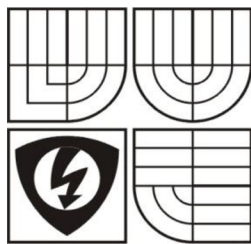
AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE

doc. Ing. JAROSLAVA ORSÁGOVÁ,  
PH.D.

SUPERVISOR

BRNO 2013



VYSOKÉ UČENÍ  
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky  
a komunikačních technologií

Ústav elektroenergetiky

# Diplomová práce

magisterský navazující studijní obor

**Elektroenergetika**

**Student:** Bc. Ivan Kulač

**ID:** 115212

**Ročník:** 2

**Akademický rok:** 2012/2013

**NÁZEV TÉMATU:**

## Projekt logické ochrany přípojnic

### POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Technický popis laboratorního modelu chránění v rozvodně (zkušební panely).
2. Problematika chránění přípojnic, současné trendy.
3. Realizace logické ochrany přípojnic prostřednictvím terminálu vývodových polí REF.
4. Návrh a aplikace metodiky testování logické ochrany přípojnic.

### DOPORUČENÁ LITERATURA:

dle pokynů vedoucího práce

**Termín zadání:** 11.2.2013

**Termín odevzdání:** 24.05.2013

**Vedoucí projektu:** doc. Ing. Jaroslava Orságová, Ph.D.

**doc. Ing. Petr Toman, Ph.D.**

*předseda oborové rady*

### UPOZORNĚNÍ:

Autor diplomové práce nesmí při vytváření diplomové 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 zákonníku č.40/2009 Sb.

Bibliografická citácia práce:

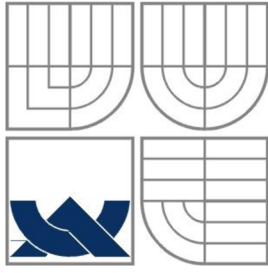
KULAČ, I. *Projekt logické ochrany přípojnic*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2013. 53 s. Vedúci diplomovej práce doc. Ing. Jaroslava Orságová, Ph.D..

Ďakujem vedúcej svojej diplomovej práce doc. Ing. Jaroslave Orságovej, Ph.D. za pedagogickú a odbornú pomoc a praktické rady pri spracovávaní mojej diplomovej práce.

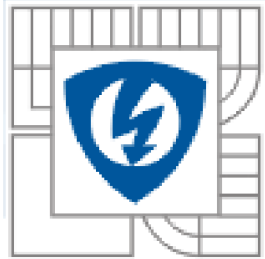
.....

Prehlasujem, že som svoju diplomovú prácu vypracoval samostatne a použil som iba podklady (literatúru, projekty, SW atd.) uvedené v priloženom zozname.

.....



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**



**Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií**

**Ústav elektroenergetiky**

**Diplomová práce**

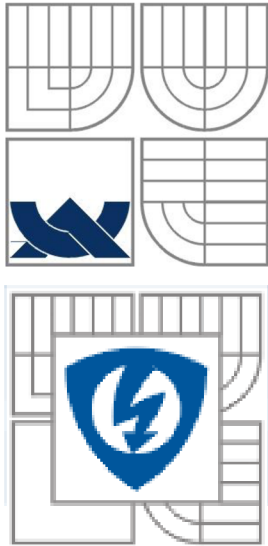
# **Projekt logickéj ochrany prípojnic**

**Bc. Ivan Kulač**

**vedúci: doc. Ing. Jaroslava Orságová, Ph.D.**

**Ústav elektroenergetiky, FEKT VUT v Brně, 2013**

**Brno**



**BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY**

**Faculty of Electrical Engineering and Communication  
Department of Electrical Power Engineering**

**Master's thesis**

# **Project of logical busbar protection**

**by**

**Ivan Kulač**

**Supervisor: doc. Ing. Jaroslava Orságová, Ph.D.**

**Brno University of Technology, 2013**

**Brno**

## ABSTRAKT

Hlavným cieľom diplomovej práce bolo vytvorenie logickej nadprúdovej ochrany prípojnic. V prvej časti boli popísané výukové skúšobné panely osadené ochrannými terminálmi REF od firmy ABB. Tieto panely sú inštalované v Laboratóriu elektrických ochrán na Ústave elektroenergetiky, Fakulty elektrotechniky a komunikačných technológií Vysokého učení technického v Brne. Na týchto paneloch je možné nasimulovať zapojenie reálnej rozvodnej stanice.

Následne boli popísané použité digitálne ochranné terminály REF 543. Bola navrhnutá konfigurácia týchto panelov tak aby sme dosiahli logickú ochranu prípojnic, ktorá bude schopná vyhodnotiť skratovú poruchu a odstaviť čo najmenšiu časť prípojnicového systému. V rámci konfigurácie bolo potrebné vyriešiť spoluprácu jednotlivých ochranných terminálov. Toto bolo nakoniec uskutočnené pomocou prepajovacích vodičov medzi jednotlivými skúšobnými panelmi.

Po uskutočnení konfigurácie bolo potrebné ju otestovať. Na to bolo využité sekundárne testovacie zariadenie ochrán CMC 256plus. Po ukončení testovania bola vykonaná analýza poruchových záznamov a tým bola overená správnosť navrhutej logickej ochrany prípojnic.

**KEÚČOVÉ SLOVÁ:** logická ochrana prípojnic, digitálny ochranný terminál, prípojnice, nadprúdová ochrana, REF 543

## **ABSTRACT**

The main objective of master's thesis was creation logical overcurrent busbar protection. The first part of document describes teaching test panels with ABB REF feeder protection's terminals. These panels are installed in Laboratory of electrical protections at Department of electrical power engineering, Faculty of electrical engineering and communication, Brno University of technology. On these panels we can simulate the real involvement of the distribution station.

Were subsequently describes used digital protection's terminals REF 543. Then was designed configuration of these panels so to achieve logical busbar protection, which will be able to assess the short circuit fault and shut the smallest part of the busbar system. Within the configuration it was necessary to solve the cooperation of protection terminals. This was finally accomplished through connecting wires between each test panel.

After the configuration it was necessary make the tests. We used secondary protection tester CMC 256plus. After the tests was analysis fault's records and has been verified the accuracy of the proposed logical busbar protection.

**KEYWORDS:** logical busbar protection, feeder protection's terminals, busbars, overcurrent, REF 543

# OBSAH

Zoznam obrázkov .....	10
Zoznam tabuliek .....	11
Zoznam symbolov a skratiek .....	12
1 Úvod .....	13
2 Panely s ochranami REF .....	14
2.1 Dispozícia panelov .....	14
2.2 Vnútorne zapojenie panelov .....	16
2.3 Prepojenie prívodného a vývodových panelov .....	18
2.4 Logo! 230RCL .....	18
3 Digitálne ochranné terminály .....	20
3.1 Terminál REF 543 .....	20
3.2 Vlastnosti ochranného terminálu REF 543 .....	20
3.2.1 Ochranné funkcie .....	21
3.2.2 Meracie funkcie .....	21
3.2.3 Riadiace (ovládacie) funkcie .....	21
3.2.4 Poruchový zapisovač .....	21
3.2.5 Funkcie merania kvality energie .....	21
3.2.6 Funkcie monitorujúce prevádzkové funkcie .....	21
3.2.7 Komunikačné funkcie .....	22
3.2.8 Funkcia lokalizátora poruchy .....	22
3.2.9 Štandardné funkcie .....	22
3.2.10 Univerzálne funkcie .....	22
3.3 Ovládací panel terminálu REF 543 .....	22
3.4 Zadná strana ochranného terminálu REF 543 .....	23
3.5 Binárne vstupy a výstupy .....	24
3.6 Konfigurácia terminálu vývodového pola .....	27
3.7 Konfigurácia funkčnej schémy .....	27
4 Ochrana prípojnic .....	28
4.1 Prípojnice .....	28



4.2	Schémy rozvodní.....	28
4.3	Prípojnicové systémy.....	29
4.3.1	Jednoduchý systém prípojnic.....	29
4.3.2	Dvojitý systém prípojnic.....	29
4.3.3	Trojité systém prípojnic.....	30
4.3.4	Pomocný systém prípojnic.....	30
4.4	Ochrany vývodov rozvodní.....	31
4.4.1	Nadprúdová ochrana.....	32
4.4.2	Smerová nadprúdová ochrana.....	32
4.4.3	Priečna rozdielová ochrana.....	33
4.4.4	Záblesková ochrana.....	34
4.4.5	Kostrová ochrana.....	34
5	Logická ochrana prípojnic.....	35
5.1	Konfigurácia terminálu REF 543.....	35
6	Otestovanie navrhutej konfigurácie.....	43
6.1	Testovacie zariadenie Omicron CMC 256 plus.....	43
6.1.1	Softvér OMICRON Test Universe.....	43
6.1.2	Konfigurácia testovacieho zariadenia CMC 256 plus.....	44
6.2	Použité nastavenie testovacieho zariadenia pre testovanie.....	47
6.3	Príprava testu.....	48
7	Grafické priebehy získané z testov.....	49
8	Záver.....	52
	Použitá literatúra.....	53

## ZOZNAM OBRÁZKOV

Obr. 2-1 Dispozícia panelu inštalovaného v laboratóriu .....	14
Obr. 2-2 Fotografia panelov.....	15
Obr. 2-3 Napájanie panelov .....	16
Obr.2-4 Vnútorne zapojenie skúšobných panelov (časť prvá) .....	17
Obr. 2-5 Vnútorne zapojenie panelov (časť druhá) .....	18
Obr. 3-1 Terminál vývodového pola – prevzaté z [1] .....	22
Obr. 3-2 Pohľad na zadnú stranu terminálu vývodového pola – prevzaté z [1] .....	23
Obr. 3-3 Príklad zapojenia rýchleho výkonového výstupu .....	26
Obr. 3-4 Príklad zapojenia výkonového výstupu.....	26
Obr. 3-5 Príklad zapojenia signalizačného výstupu.....	27
Obr. 4-1 Jednoduchý systém prípojnic.....	29
Obr. 4-2 Dvojitý systém prípojnic .....	29
Obr. 4-3 Trojitý systém prípojnic .....	30
Obr.4-4 Pomocný systém prípojnic.....	30
Obr. 4-5 Blokovanie nadprúdovej ochrany .....	32
Obr. 4-6 Priečna rozdielová ochrana.....	33
Obr. 5-1 Okno programu CAP 505 s načítanou konfiguráciou .....	36
Obr. 5-2 Stromová štruktúra konfigurácie ochranného terminálu .....	36
Obr. 5-3 Konfigurácia terminálu A01, funkčná schéma - PROTECT .....	37
Obr. 5-4 Konfigurácia terminálov, funkčná schéma - MEASURE .....	38
Obr. 5-5 Konfigurácia terminálu A01, funkčná schéma - MEDREC .....	39
Obr. 5-6 Konfigurácia terminálov, funkčná schéma - CONTROL.....	39
Obr. 5-7 Konfigurácia terminálov, funkčná schéma - ALARM.....	40
Obr. 5-8 Konfigurácia terminálov A02,A03 a A04, funkčná schéma - PROTECT .....	40
Obr. 5-9 Nahratie konfigurácie do ochranného terminálu.....	41
Obr. 5-10 Nastavenie ochranných funkcií .....	41
Obr. 5-11 Nastavenie poruchového zapisovaču.....	42
Obr. 6-1 Základné okno softvéru Omicron Test Universe .....	44
Obr. 6-2 Základné okno modulu State Sequencer .....	44

Obr. 6-3 Hardvérová konfigurácia výstupov .....	45
Obr. 6-4 Priradenie analógových výstupov .....	45
Obr. 6-5 Priradenie binárnych vstupov .....	46
Obr. 6-6 Okno modulu State sequencer po vykonaní HW konfigurácie.....	46
Obr. 6-7 Nastavenie pre prípad poruchy v niektorej z vývodových odbočiek .....	47
Obr. 6-8 Zapojenie testovacieho zariadenia k panelom .....	48
Obr. 7-1 Priebeh testu pri skrate vo vývodovej odbočke .....	49
Obr. 7-2 Priebeh testu pri skrate na prípojniciach .....	50

## ZOZNAM TABULIEK

<b>Tab. 2-1</b> Popis jednotlivých prvkov panelu .....	15
<b>Tab. 3-1</b> Binárne vstupy ochrany REF 543 .....	25
<b>Tab. 3-2</b> Binárne výstupy ochrany REF 543.....	25

## ZOZNAM SYMBOLOV A SKRATIEK

ABB	ASEA Brown Boverly
BI	Binary Input
BIO	Binary Input Output
BO	Binary Output
HMI	Human Machine Interface
HSPO	High speed power output
$I_{L1}, I_{L2}, I_{L3}$	Fázové prúdy
$I_{stab}$	Stabilizačný prúd
$k_{st}$	Stabilizačný faktor
LED	Light Emitting Diode
LON	Local Operating Network
nn	Nízke napätie
P1, P2	Porucha 1, Porucha 2
PLC	Programmable Logic Controller
PO	Power output
SF6	Fluorid sírový
SO	Signal output
$U_1, U_2, U_3$	Napätie v jednotlivých fázach
vn	Vysoké napätie
VUT	Vysoké učení technické
vvn	Veľmi vysoké napätie
$\Delta I$	Rozdielový prúd

# 1 ÚVOD

Vo výrobe a prenose elektrickej energie ku konečnému zákazníkovi, je úplnou samozrejmosťou chránenie jednotlivých zariadení a súčastí celej prenosovej cesty. Je dôležité aby sa dodržali štandardy bezpečnosti práce, obmedzili sa na minimum ekonomické straty spôsobené nedodaním elektrickej energie, ochránili sa pracujúce zariadenia a predchádzalo sa vzniku porúch.

Pri poruchových stavoch je dôležité aby bola dodržaná nepretržitosť dodávky, pokiaľ možno, čo najväčšiemu množstvu zákazníkov. Preto je potrebné používať rôzne typy ochrán. Ochrany prípojnicových systémov sú veľmi dôležité, kvôli tomu, že v rozvodných stanicích sú cez ne prenášané veľké výkony. Poruchy na prípojnicovom systéme môžu spôsobiť veľké škody, pretože hlavne vo veľkých rozvodných stanicích je distribuovaná elektrická energia pre veľké množstvo zákazníkov. Pri poruche prípojnic nimi prechádza veľký skratový prúd, ktorý môže spôsobiť až ich nenávratné poškodenie.

Cieľom tejto práce je teoreticky popísať a navrhnúť logickú ochranu prípojnicového systému, ktorá bude vedieť účinne zamedzovať vzniku nenávratných poškodení prípojnic a zároveň pri skratovej poruche správne ju lokalizovať a odstaviť čo najmenšiu časť prípojnicového systému.

V prvej časti práce budú popísané skúšobné panely inštalované v Laboratóriu elektrických ochrán na Ústave elektroenergetiky Fakulte elektrotechniky a komunikačných technológií VUT v Brne. Tieto panely sú osadené ochrannými terminálmi REF od firmy ABB, na nich bude v praktickej časti navrhnutá a otestovaná logická ochrana prípojnic.

Ďalej budú teoreticky popísané digitálne ochranné terminály REF 543, ktoré ponúkajú viacero typov ochrán (nadprúdová, diferenciálna, prepäťová, zemná a i.). Bude rozobratá problematika chránenia prípojnic. Následne bude vykonaný samotný návrh logickej ochrany prípojnic, konfigurácia a odskúšanie tohto navrhnutého systému chránenia prípojnic.

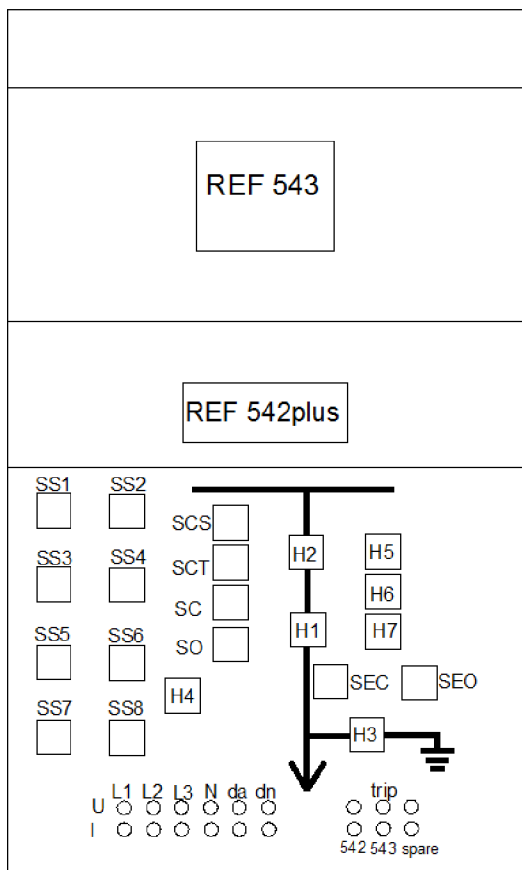
## 2 PANELY S OCHRANAMI REF

Tieto panely sú inštalované v Laboratóriu elektrických ochrán na Ústave elektroenergetiky, Fakulty elektrotechniky a komunikačných technológií Vysokého učení technického v Brne. Panely slúžia ako výukové simulátory, na ktorých je možno nakonfigurovať a vyskúšať zapojenie reálnej rozvodnej stanice. Celkový počet panelov je štyri. Panely sú prevedené ako jeden prívodný a tri vývodové. Panely sú navzájom poprepájané a je nakonfigurované ich ovládanie.

Panely dodala firma ABB a sú v nich nainštalované ochranné terminály, pomocné obvody signalizačné prvky, prepínače a vstupy a výstupy ochrán. Na týchto paneloch bude vykonávané meranie a konfigurácia pre účely diplomovej práce.

### 2.1 Dispozícia panelov

Všetky štyri panely majú rovnakú dispozíciu čo sa týka ich čelnej strany. Na čelnej strane panelov je umiestnená ochrana REF 543 a HMI rozhranie ochrany REF 542plus. Pre diplomovú prácu budú využívané iba ochrany REF 543. Ďalej sa na paneloch nachádzajú signalizačné diódové prvky, ovládacie prvky, prúdové, napät'ové a binárne vstupy. Usporiadanie panelov je na Obr. 2-1. Na čelnej strane panelu je vidieť aj usporiadanie odbočky (hrubá čiara).



Obr. 2-1 Dispozícia panelu inštalovaného v laboratóriu

**Tab. 2-1** Popis jednotlivých prvkov panelu

SS1	Ovládanie pružiny vypínača	H4	Nestály kontakt
SS2	Vysunutie vypínača	H5	Medzipoloha odpojovača
SS3	Nestály kontakt	H6	Vysunutý vypínač
SS4	Obmedzovač skratového prúdu	H7	Pružina nazbieraná
SS5	Manuálne vybavenie vypínača	SC	Zatvorenie vypínača
SS6	Voľné	SO	Otvorenie vypínača
SS7	Pripojenie napätia z terminálu/svoriek	SCS	Otvorenie odpojovača
SS8	Pripojenie prúdu z terminálu/svoriek	SCT	Zatvorenie odpojovača
H1	Otvorený/zatvorený vypínač	SEC	Zatvorenie uzemňovača
H2	Otvorený/zatvorený odpojovač	SEO	Otvorenie uzemňovača
H3	Otvorený/zatvorený uzemňovač		

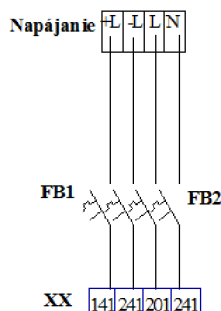


*Obr. 2-2* Fotografia panelov

Na Obr. 2-2 sú odfoTENÉ panely inštalované v laboratóriu. Na fotografii je ďalej vidieť testovacie zariadenie CMC 256 plus ako aj počítač s monitorom, v ktorom je nainštalovaný softvér na konfiguráciu ochranných terminálov a softvér na konfiguráciu a ovládanie testovacieho zariadenia. Panel označený číslom 1 reprezentuje prívodnú odbočku a je v ňom inštalovaný ochranný terminál REF 543. Panely označené číslami 2,3 a 4 reprezentujú vývodové odbočky v rozvodni. V paneloch 2 a 4 sú takisto inštalované ochranné terminály REF

543. V paneli číslo 3 je inštalovaný ochranný terminál REF 541, ktorý sa od ochranného terminálu REF 543 líši v počte binárnych vstupov a výstupov. Ochranný terminál REF 541 má 15 binárnych vstupov a 12 binárnych výstupov zatiaľ čo ochranný terminál REF 543 má 25 binárnych vstupov a 18 binárnych výstupov. Pre aplikáciu ochranných terminálov v rámci riešenia diplomovej práce je dostatočný počet vstupov a výstupov obsiahnutých v termináli REF 541 a preto z použitia tohto terminálu v jednej vývodovej odbočke neplynú žiadne obmedzenia.

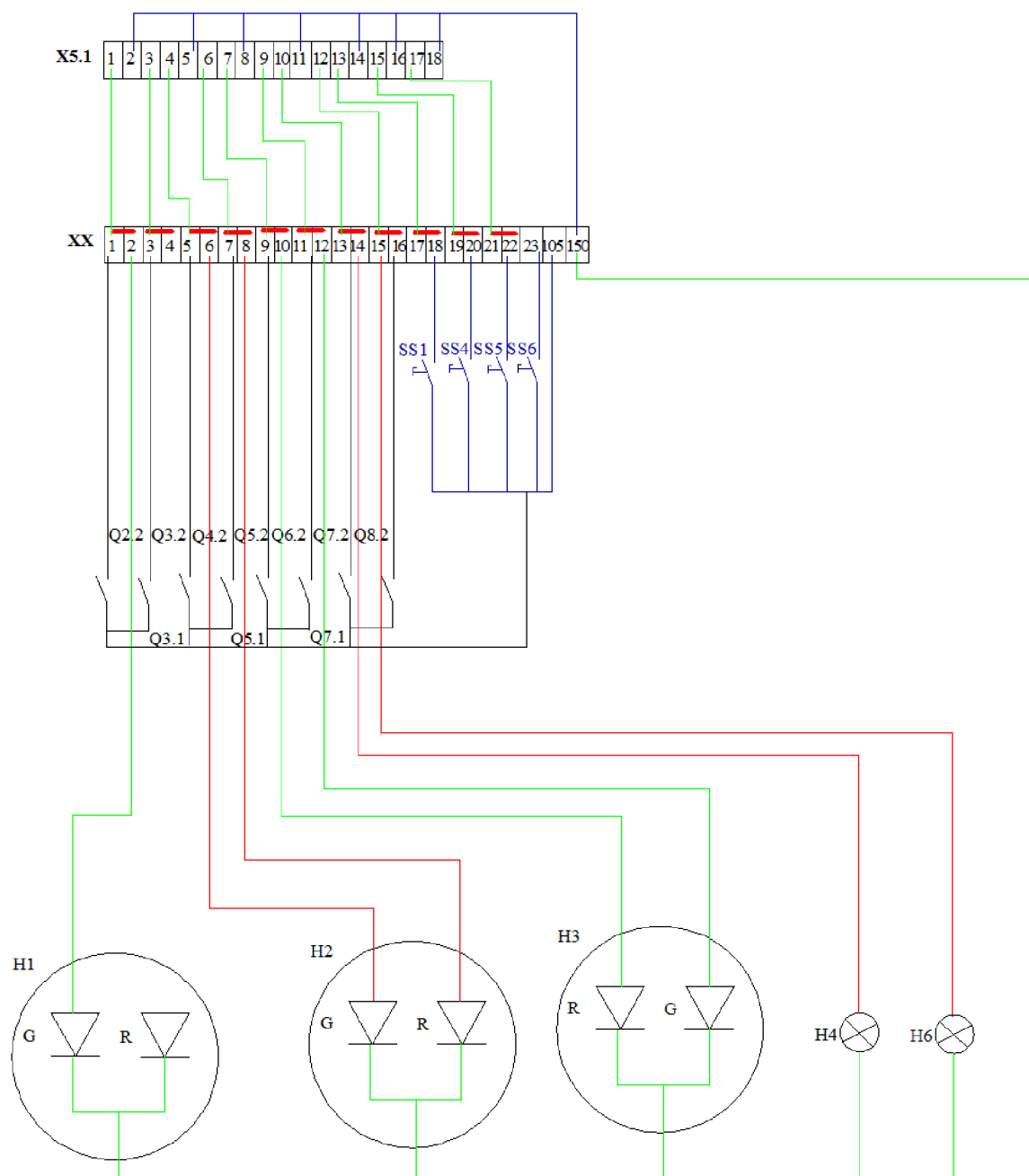
## 2.2 Vnútorne zapojenie panelov



*Obr. 2-3 Napájanie panelov*

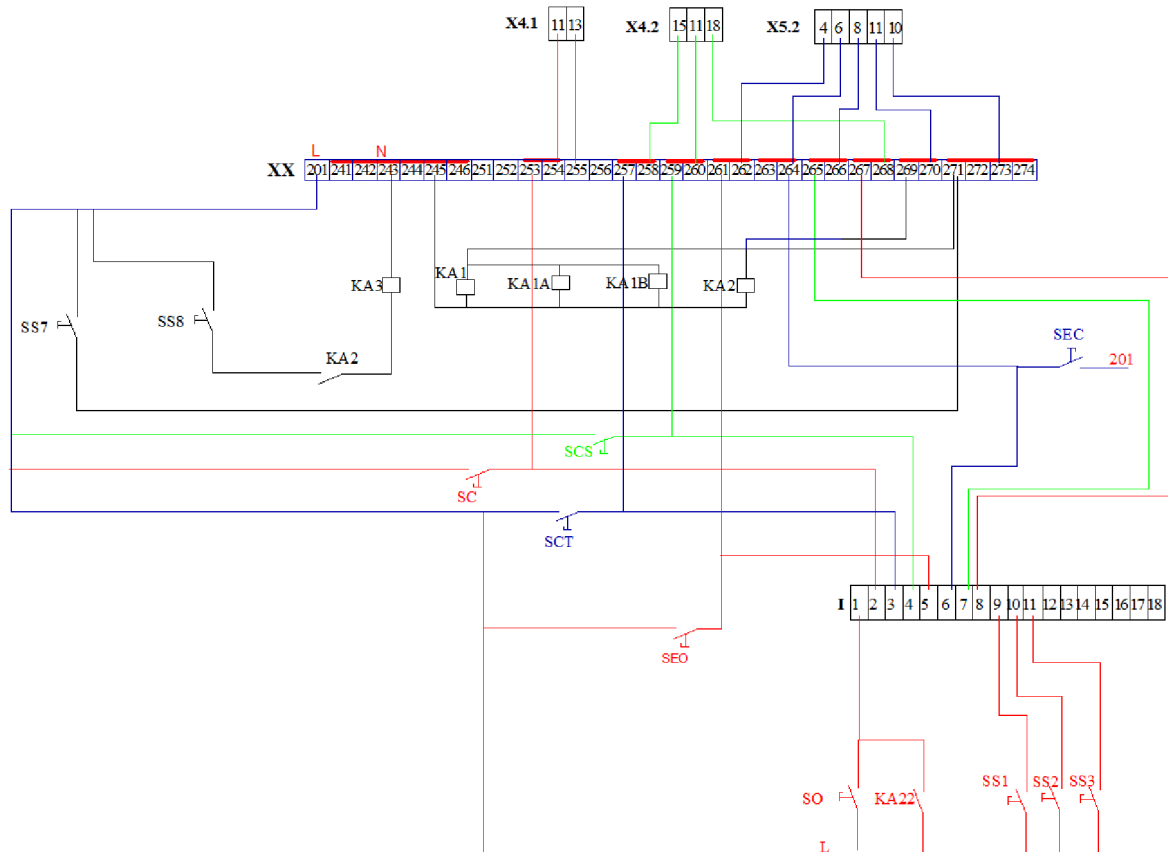
Na Obr. 2-3 je zobrazené napájanie panelov. Svorky +L a –L reprezentujú jednosmerné napájanie 110 V a svorky L a N reprezentujú striedavé napájanie panelov. Napájanie je realizované pomocou vodičov, ktoré sú pripojené na istiacie prvky FB1 a FB2. Z istiacich prvkov pokračuje napájanie na svorkovnicu XX umiestnenú na zadnej strane panelov a odtiaľ je ďalej distribuované do jednotlivých prvkov panelov.





*Obr.2-4 Vnútorné zapojenie skúšobných panelov (časť prvá)*

Na Obr. 2-4 je vidieť časť vnútorného zapojenia panelov. Svorkovnica X5.1 je svorkovnica na ochrannom termináli REF 543. Vo vnútri terminálu sú na ňu napojené binárne vstupy. Z tejto svorkovnice sú vodiče vedené na svorkovnicu XX umiestnenú na zadnej strane panelov. Odtiaľ sú vodiče pripojené na signalizačné diódy (H..), prepínače (SS..) a kontakty logického modulu Logo! (Q..).



Obr. 2-5 Vnútorné zapojenie panelov (časť druhá)

Na Obr. 2-5 je naznačené zapojenie zvyšných binárnych vstupov ochranného terminálu REF 543, potrebných na ovládanie skúšobných panelov. Ďalej sú tu naznačené cievky ovládacích stýkačov (KA..) a zvyšných prepínačov použitých na čelnej strane skúšobných panelov. Svorkovnica XX je umiestnená na zadnej strane panelov a svorkovnica I je svorkovnica logického modulu Logo!.

## 2.3 Prepojenie prívodného a vývodových panelov

Prepojenie panelov je realizované pomocou prepojovacích káblov, ktoré sú na každom paneli zapojené do rovnakej svorkovnice. Prepojenie napájania je pomocou svorkovnice XI1. Binárne vstupy a výstupy sú prepojené pomocou svorkovnice XI2. Prúdy privádzané na svorky panelu, ktoré sú umiestnené na spodnej časti predného panelu, sú prepojené pomocou svorkovnice XIA a napätia sú prepojené pomocou svorkovnice XIV.

## 2.4 Logo! 230RCL

Text kapitoly je vytvorený podľa [9]. LOGO! je univerzálny logický modul od firmy Siemens, ktorý v sebe integruje

- riadiaci automat
- obslužnú a riadiacu jednotku
- napájací zdroj

- digitálne vstupy a výstupy
- rozhranie pre pamäťový modul a PC – kábel
- obvyklé logické kombinačné i sekvenčné funkcie



Obr. 2-6 Logický modul LOGO! 230RCL – prevzaté z [9]

Tento logický modul, zobrazený na Obr. 2-6, je inštalovaný na zadnej strane panelov. Modul je napájaný striedavým jednofázovým prúdom. Všetky moduly LOGO! na paneloch majú spoločné napájanie, oddelené od napájania ochranných terminálov. Modul obsahuje dvanásť digitálnych vstupov, ktoré sú rozdelené do skupín po štyroch a osem reléových výstupov. Kontakty relé sú potenciálovo oddelené od napájacieho napätia a od vstupov.

V module LOGO! je naprogramovaný program, ktorý riadi reléové výstupy podľa aktuálneho zapojenia binárnych vstupov a hodnôt, ktoré sú na tieto vstupy privádzané z ochrany REF 543. Tento program je súčasťou dodania panelov od firmy ABB.

Funkcia logického modulu je v týchto paneloch potrebná pre simulovanie skutočných stavov, ktoré by nastali ak by boli ochranné terminály zapojené v rozvodnej stanici a chránili by prípojnice. Skutočnými stavmi sú myslené polohy vypínačov, uzemňovačov a ostatných zariadení, ktoré sú v reálnej rozvodnej stanici. Principiálne je logický modul v týchto paneloch zapojený tak, že binárne výstupy z ochrany REF 543 sú privedené na binárne vstupy logického modulu. Následne program uložený v logickom module spracuje signály a dá pokyny k svojim reléovým výstupom aby sa nastavili do požadovanej polohy. Reléové výstupy sú potom privedené na signalizačné diódy umiestnené na prednej strane panelov, aby bolo obsluhu zrejme v akom stave sa nachádzajú jednotlivé zariadenia. Ďalej sú reléové výstupy privedené na binárne vstupy ochranného terminálu REF 543. Sú to binárne vstupy BIO1\_5\_BI1..8, ktoré sú ovládané (aktivované) napätím a sú opticky izolované.

## **3 DIGITÁLNE OCHRANNÉ TERMINÁLY**

Kapitola je vytvorená podľa [1]. Digitálne ochranné terminály sú univerzálne zariadenia, ktoré vykonávajú mnoho funkcií. Spájajú v sebe niekoľko typov ochrán a k tomu ponúkajú možnosti riadenia spínacích prvkov a monitorovania elektrických zariadení. Najväčšie využitie týchto terminálov je v aplikácii automatizovaných systémov a v komplexných otázkach chránenia a riadenia spínacích procesov v elektrických staniaciach. Pre každú funkciu, danú požiadavkami v prevádzke je potrebné terminály nakonfigurovať, až potom sa môže terminál zapojiť. Konfigurácia terminálov sa robí vytvorením logických schém zapojenia funkčných blokov z knižníc terminálu. Terminály je možné medzi sebou prepojiť a tak vytvoriť možnosť riadenia celej elektrickej sústavy.

### **3.1 Terminál REF 543**

Terminál vývodového poľa REF 543 je určený na chránenie, ovládanie, meranie a monitorovanie vývodu v sieťach vn. Tieto terminály je možné použiť pre rôzne typy rozvodní, ktoré sú vybavené jednoduchou aj dvojistou prípojnou. Ochranné funkcie je možné použiť pre rôzne typy sietí napr. pre siete s izolovaným uzlom, siete účinne uzemnené ako aj siete kompenzované. Okrem ochranných, meracích, riadiacich a kontrolných funkcií sú terminály vybavené veľkým rozsahom PLC funkcií, ktoré umožňujú, aby bolo viacero funkcií automatizácie a sekvenčnej logiky, potrebných pre automatizáciu stanice, integrovaných do jedného terminálu. Dátová komunikácia obsahuje komunikáciu po SPA zbernici alebo LON zbernici so zariadením na vyššej úrovni. Okrem toho LON komunikácia spolu s PLC funkciami minimalizuje potrebu kabeľáže medzi terminálmi strojov. [1]

### **3.2 Vlastnosti ochranného terminálu REF 543**

Kapitola je popísaná na základe [1]. Terminál vývodového poľa REF 543 obsahuje široký rozsah špecifických funkcií:

- Ochranné funkcie
- Meracie funkcie
- Riadiace (ovládacie) funkcie
- Funkcie poruchového zapisovača
- Funkcie merania kvality energie
- Funkcie monitorujúce prevádzkové funkcie
- Funkcia lokalizátora poruchy
- Komunikačné funkcie
- Štandardné funkcie
- Univerzálne funkcie

### **3.2.1 Ochranné funkcie**

Chránenie je jednou z najdôležitejších funkcií terminálu vývodového poľa REF 543. Ochranné funkcie sú navzájom nezávislé a majú svoje vlastné skupiny nastavených hodnôt, záznam dát a i.

Typické ochranné funkcie založené na prúde môžu na meranie použiť Rogowského cievku, alebo konvenčný prúdový transformátor. Podobne napäťové funkcie využívajú napäťové deliče, alebo napäťové transformátory.

Ďalšie ochrany sú nesmerové i smerové nadprúdové a zemné ochrany, prepäťová a podpäťová ochrana, funkcia vyhodnotenia nulovej zložky napätia, ochrana pri nesprávnej funkcii vypínača, funkcia automatického opätovného zapnutia.

### **3.2.2 Meracie funkcie**

Meracie funkcie umožňujú merať trojfázové prúdy, nulový prúd, trojfázové napätie, zvyškové napätie, frekvenciu, činný a jalový výkon a účinník. Ako štandardnú funkciu obsahuje terminál REF 543 vstupy s funkciou impulzného počítadla.

### **3.2.3 Riadiace (ovládacie) funkcie**

Riadiace funkcie sa používajú pre indikáciu stavu výkonových vypínačov a odpojovačov, a pre prenos povelov na zapnutie alebo vypnutie ovládateľných spínacích prvkov v rozvodni. Okrem toho sú v terminály aj funkcie pre ovládanie logiky ako napr. funkcie výstrahy, funkcie ovládania výstražných LED diód, funkcie zobrazenia dát na funkčnej schéme atď.

### **3.2.4 Poruchový zapisovač**

Dokáže zaznamenať priebeh 16 prúdových alebo napäťových signálov a 16 binárnych logických signálov. Vzorkovacia frekvencia je 2 kHz. Záznamy je možné potom načítať pomocou modulu „DR-Collector Tool“, ktorý je súčasťou programu CAP 505.

### **3.2.5 Funkcie merania kvality energie**

Meranie kvality elektrickej energie, celkového harmonického skreslenia prúdu aj napätia. Jednotlivé harmonické zložky sú merané po 13. harmonickú základnej frekvencie. Ďalej umožňuje meranie krátkodobých zmien napätia ako sú poklesy, nárasty a krátkodobé výpadky napätia.

### **3.2.6 Funkcie monitorujúce prevádzkové funkcie**

Kontrola stavu zahŕňa monitorovanie stavu výkonového vypínača, kontrolu vypínacieho obvodu a vnútornú samokontrolu terminálu vývodového poľa.

Pre terminály vývodových polí REF 543 sú k dispozícii funkčné bloky monitorovania stavu. Ako je sledovanie prúdových a napäťových vstupných obvodov, počítadlo

prevádzkového času, elektrické opotrebovanie výkonového vypínača, plánovaná údržba, kontrola vypínacieho obvodu a spínacích časov vypínača.

### 3.2.7 Komunikačné funkcie

Komunikácia obsahuje tri komunikačné rozhrania: jedno pre miestnu komunikáciu s PC a dve pre súčasne prebiehajúcu komunikáciu na zdvojenom porte. Napr. komunikácia s riadiacim systémom rozvodne a komunikácia s monitorovacím systémom rozvodne.

Terminál stroja REF 543 poskytuje sériové komunikačné protokoly IEC\_103, ProfibusDPV1, Modbus, DNP 3.0, SPA a LON.

### 3.2.8 Funkcia lokalizátora poruchy

Funkcia je určená pre radiálne distribučné systémy. Lokalizátor dokáže určiť skratovú poruchu vo všetkých druhoch distribučných sietí ako aj pre zemné spojenie v účinne uzemnených, neuzemnených a odporovo uzemnených sieťach.

### 3.2.9 Štandardné funkcie

Štandardné funkcie sa využívajú pre logiky blokovacích podmienok, signalizačné a riadiace sekvencie. Použitie logických funkcií nie je obmedzené a funkcie možno prepojiť na ochranné, riadiace, kontrolné a iné štandardné funkcie. Okrem toho možno použitím nástroja na konfiguráciu relé (Relay Configuration Tool), spojiť štandardné funkcie s binárnymi vstupmi, výstupmi, LON vstupmi a výstupmi.

### 3.2.10 Univerzálne funkcie

Sú to doplnkové funkcie pre rôzne štandardné účely ako napr. pre aktiváciu osvetlenia pozadia displeja systému HMI (Human-Machine-Intefrace), k resetu indikácie vypnutia, k resetu prídržnej funkcie výstupných signálov a k resetu poruchového zapisovača.

## 3.3 Ovládací panel terminálu REF 543



Obr. 3-1 Terminál vývodového pola – prevzaté z [1]

Vývodový terminál je vybavený grafickým HMI panelom. Displej pozostáva z 19 riadkov rozdelených do dvoch okien. Hlavné okno (17 riadkov) a pomocné okno (2 riadky).

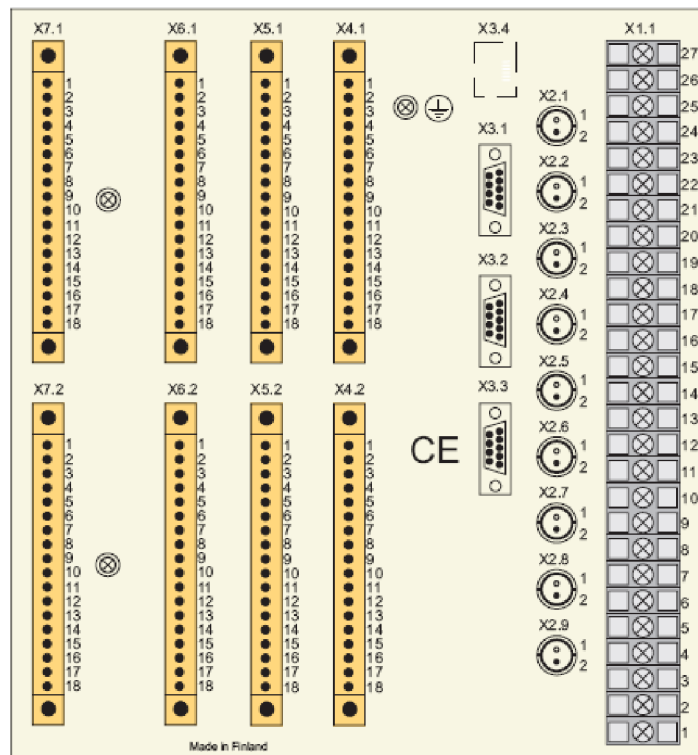
Grafický HMI panel poskytuje podrobné informácie o objektoch, udalostiach, meraní, výstrahách a parametroch. Pomocné okno sa používa v závislosti na type zariadenia pre výstrahy.

Čelný panel ďalej obsahuje nasledujúce prvky HMI:

- kláves pre voľbu spôsobu ovládania (miestne/diaľkové/logika)
- tri klávesy pre ovládanie objektu (I, 0, voľba objektu)
- osem voľne programovateľných signalizačných LED diód s rôznymi farbami podľa konfigurácie
- LED dióda blokovania pre indikáciu riadiaceho a testovacieho režimu
- klávesovú sekciu so štyrmi kurzorovými klávesmi, klávesy pre vymazanie [C] clear a potvrdenie [E] enter
- opticky izolovaný sériový komunikačný port
- voľne programovateľný kláves (F), ktorý môže byť použitý pri konfigurácii relé

HMI má dve hlavné pracovné úrovne: užívateľskú úroveň a technickú úroveň. Užívateľská slúži pre meranie a kontrolu a technická úroveň pre progresívne programovanie ochrany.

### 3.4 Zadná strana ochranného terminálu REF 543



Obr. 3-2 Pohľad na zadnú stranu terminálu vývodového pola – prevzaté z [1]

Zadná časť terminálu (Obr. 3-2) obsahuje konektory pre:

*Analógové vstupy X1.1* – určené pre pripojenie obvodov meracích transformátorov. Tvoria ich pevné skrutkové svorky pripevnené k vstupnému modulu meracích obvodov. Každá svorka je dimenzovaná pre jeden vodič s maximálnym prierezom  $6 \text{ mm}^2$  alebo pre dva vodiče s prierezom  $2,5 \text{ mm}^2$ .

*Konektory X2.1...9* – sú určené pre pripojenie ABB senzorov (Rogovského cievky alebo napäťové deliče). Pre zvýšenie spoľahlivosti pripojenia signálov a ochrany proti rušeniu, sú použité špeciálne tienené a zdvojené konektory BNC. Ak je terminál, na ktorom nie sú tieto konektory vyvedené musia byť skratované špecifickými konektormi (1MRS120515).

*Konektor X3.1* – nepoužitý vyhradený pre budúcu potrebu

*Konektor X3.2* – rozhranie RS-232, k dispozícii sú komunikačné protokoly Modbus, DNP 3.0, SPA a IEC - 103

*Konektor X3.3* – rozhranie RS-485, k dispozícii sú komunikačné protokoly SPA a LON

Zariadenie pripojené k zadným komunikačným portom X3.2 a X3.3 musí byť od terminálu galvanicky oddelené.

*Konektor X3.4* – galvanicky izolované rozhranie RJ45 určené pre externý zobrazovací modul

*Binárne vstupy a výstupy X4.1...X7.2* – sú to rozpojiteľné 18 pólové skrutkové konektory, ktorých zástrčkové časti sú pripevnené na doskách plošných spojov. Zásuvkové časti sú dodávané s terminálom a je možné do nich pripojiť vodiče a zaistiť ich pomocou upevňovacieho príslušenstva a skrutiek.

### **3.5 Binárne vstupy a výstupy**

Text kapitoly vytvorený podľa [1]. Terminál REF 543 obsahuje 25 binárnych vstupov, ktoré sú rozdelené na viacerých vstupno/výstupných kartách. Zoznam binárnych vstupov je uvedený v Tab. 3-1. Binárne vstupy terminálu vývodových polí REF 543 sú ovládané napätím a sú opticky izolované. Je možné na nich nastavovať rôzne parametre ako filtráciu vstupu, inverziu vstupu a parametre počítačového impulzu. Tieto parametre sa nastavujú v konfiguračnom menu pod položkou *Configuration/BIO1/Input filtering*.



**Tab. 3-1** Binárne vstupy ochrany REF 543

Binárny vstup	Konektor	Pripojené svorky
PS1_4_BI1	X4.1	1,2
PS1_4_BI2	X4.1	4,5
PS1_4_BI3	X4.1	6,7
BIO1_5_BI1	X5.1	1,2
BIO1_5_BI2	X5.1	2,3
BIO1_5_BI3	X5.1	4,5
BIO1_5_BI4	X5.1	5,6
BIO1_5_BI5	X5.1	7,8
BIO1_5_BI6	X5.1	8,9
BIO1_5_BI7	X5.1	10,11
BIO1_5_BI8	X5.1	11,12
BIO1_5_BI9	X5.1	13,14
BIO1_5_BI10	X5.1	15,16
BIO1_5_BI11	X5.1	17,18
BIO1_5_BI12	X5.2	1,2
BIO2_7_BI1	X7.1	1,2
BIO2_7_BI2	X7.1	2,3
BIO2_7_BI3	X7.1	4,5
BIO2_7_BI4	X7.1	5,6
BIO2_7_BI5	X7.1	7,8
BIO2_7_BI6	X7.1	8,9
BIO2_7_BI7	X7.1	10,11
BIO2_7_BI8	X7.1	11,12
BIO2_7_BI9	X7.1	13,14
BIO2_7_BI10	X7.1	15,16

Terminál REF 543 obsahuje 18 binárnych výstupov, ktoré sú taktiež rozdelené na viacerých vstupno/výstupných kartách. Zoznam binárnych výstupov je v Tab. 3-2.

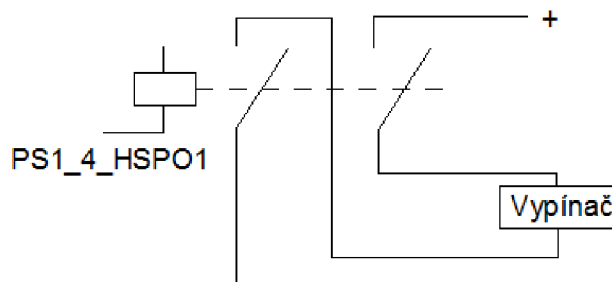
**Tab. 3-2** Binárne výstupy ochrany REF 543

Binárny výstup	Konektor	Pripojené svorky
PS1_4_HSPO1	X4.1	10,11,12,13
PS1_4_HSPO2	X4.1	15,16,17,18
PS1_4_HSPO3	X4.1	6,7,8,9
PS1_4_HSPO4	X4.2	8,9,10,11
PS1_4_HSPO5	X4.2	12,13,14,15
PS1_4_SO1	X4.2	16,17,18
BIO1_5_SO1	X5.2	3,4

BIO1_5_SO2	X5.2	5,6
BIO1_5_SO3	X5.2	7,8,9
BIO1_5_SO4	X5.2	10,11,12
BIO1_5_SO5	X5.2	13,14,15
BIO1_5_SO6	X5.2	16,17,18
BIO2_7_PO1	X7.1	17,18
BIO2_7_PO2	X7.2	1,2
BIO2_7_PO3	X7.2	3,4,5,6
BIO2_7_PO4	X7.2	7,8,9,10
BIO2_7_PO5	X7.2	11,12,13,14
BIO2_7_PO6	X7.2	15,16,17,18

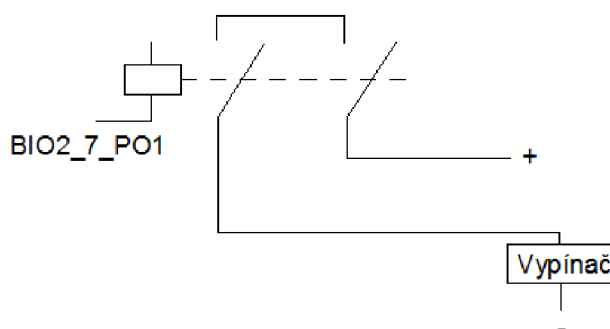
Binárne výstupy sa rozdeľujú do troch kategórií, a to:

HSPO – rýchly výkonový výstup, dvojpólový kontakt, preferované použitie je na vypínanie a ovládanie vypínača a odpojovača príklad zapojenia je na Obr. 3-3.



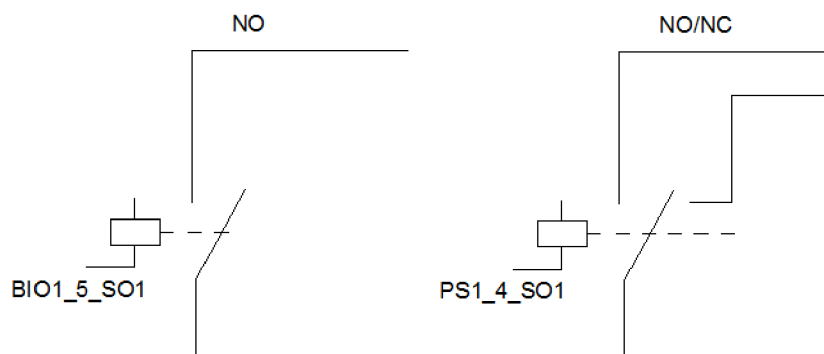
Obr. 3-3 Príklad zapojenia rýchleho výkonového výstupu

PO – výkonový výstup, ktorý tvorí jedнопólový alebo dvojpólový kontakt a jeho odporúčané použitie je na ovládanie vypínača a odpojovača, zapojenie jedнопólového výstupu je na Obr. 3-4



Obr. 3-4 Príklad zapojenia výkonového výstupu

SO – signalizačný výstup, použitý ako pracovný kontakt NO alebo prepínací kontakt NO/NC je zobrazený na Obr. 3-5.



Obr. 3-5 Příklad zapojenia signalizačného výstupu

### 3.6 Konfigurácia terminálu vývodového pola

Pre konfiguráciu sa používa nástroj „Relay Configuration Tool“, ktorý je založený na štandarde IEC 1131-3. Tento štandard definuje programovací jazyk, ktorý je použitý pre konfiguráciu. Programovateľný systém terminálov vývodového poľa REF 543 umožňuje ovládanie výstupných kontaktov v súlade so stavom logických vstupov a výstupov funkcií chránenia, riadenia, merania a kontroly stavu. PLC logiky sú programovateľné pomocou booleovských funkcií, časových členov, počítadiel, komparátorov a klopných obvodov. Program sa píše v jazyku schematických funkčných blokov pomocou konfiguračného software CAP 505.

Ak je konfigurácia terminálu úspešne skompilovaná a je navrhnutá konfigurácia funkčnej schémy tak je možné konfiguračný projekt vrátane konfigurácie terminálu a konfigurácie funkčnej schémy, zaviesť do terminálu nástrojom „Relay Download Tool“. V prípade potreby je týmto nástrojom možné aj stiahnuť aktuálnu konfiguráciu nahranú v terminály do konfiguračného nástroja. Aby boli zmeny v terminály uložené je potrebné ich zapísať pomocou parametru „Store“ (uložiť) a následne musí byť terminál vývodového pola resetovaný.

### 3.7 Konfigurácia funkčnej schémy

Ovládacie funkcie konfigurované nástrojom „Relay Configuration Tool“ je možné prepojiť so stavovými indikátormi, ktoré sú súčasťou konfigurovanej funkčnej schémy zobrazenej na grafickom displeji jednotky HMI. Funkčná schéma sa navrhuje v nástroji „Relay Mimic Editor“. V tomto nástroji je možné nakonfigurovať jednopólovú schému vývodu, požadované merané hodnoty s jednotkami meraných veličín, voľne programovateľné texty a ďalšie dáta. V tomto editore je ešte možné definovať funkcie výstrah a textu výstrah pri ôsmich programovateľných LED diódach na čelnom paneli, ako aj definovanie prevádzkových režimov výstrah a pre definovanie textu pri LED dióde blokovacích podmienok.

## 4 OCHRANA PRÍPOJNÍC

### 4.1 Prípojnice

Text kapitoly vytvorený podľa [2]. Prípojnice sú spojovacím vedením všetkých odbočiek v rozvodni. Sú z neizolovaných vodičov, na ktoré pripájame prívodné odbočky, a z ktorých napájame vývodové odbočky.

Prípojnice sú v rozvodných zariadeniach vn a vn najčastejšie prevedené ako holé tuhé vodiče resp. tyče z elektricky vodivého hliníku alebo medi. Ich profil a veľkosť prierezu je daná prúdovým zaťažením, skratovými pomermi a požiadavkami na pevnosť. Najčastejším používaným profilom je plochý, ale používajú sa aj „U“ profil, kruhový profil atď.

V rozvodných zariadeniach vvn vonkajšieho prevedenia sú používané oceľovo hliníkové laná AlFe prípadne zväzkové vodiče s rozperami alebo elektricky vodivé rúry s vonkajším priemerom 100 mm a hrúbkou steny 10 mm. V rozvodných zariadeniach vvn vnútorného prevedenia sú používané vodiče profilové. Pre väčšie prúdové zaťaženie sa používajú paralelné ploché tyče, ktoré sú spevnené výstužnými vložkami. Rozvodné zariadenia vvn sa ešte okrem klasických vzduchom izolovaných vodičov konštruujú s vodičmi, ktoré sú zapuzdrené a izolované plynom SF<sub>6</sub>.

### 4.2 Schémy rozvodní

Vytvorené podľa [6]. Schéma zapojenia rozvodne sa navrhuje tak, aby vyhovovala požiadavkám predpokladanej prevádzky, bezpečnosti a hospodárnosti. Základná schéma by mala byť pokiaľ možno čo najjednoduchšia a prehľadná.

**Požiadavky predpokladanej prevádzky** závisia na mieste kde je rozvodňa pripojená do elektrizačnej sústavy, aká je tam skladba odberov, výrobní, požadovaný stupeň zabezpečenia ai.

**Bezpečnosť** sa dá rozdeliť na bezpečnosť pred úrazom elektrickým prúdom a bezpečnosť prevádzková. Bezpečnosť pred úrazom spočíva v opatreniach, ktoré zabezpečujú ochranu osôb pred úrazom elektrickým prúdom a to pri bezporuchovom aj poruchovom stave. Bezpečnosť prevádzková spočíva v jednoduchosti, prehľadnosti a spoľahlivosti zariadenia.

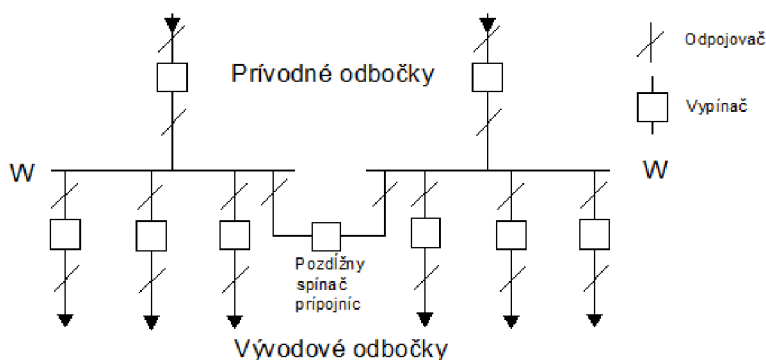
**Hospodárna schéma** je taká kde spotreba materiálu a priestoru je najnižšia možná pri zachovaní všetkých požadovaných parametrov.

Pri návrhu schémy sa musí ešte prihliadať na mnoho ďalších hľadísk ako napr. výkon, počet zdrojov a ich skratové hodnoty, skratová odolnosť zdrojov, plynulosť dodávky, selektivita a možnosti chránenia alebo istenia atď.

## 4.3 Prípojnicové systémy

### 4.3.1 Jednoduchý systém prípojnic

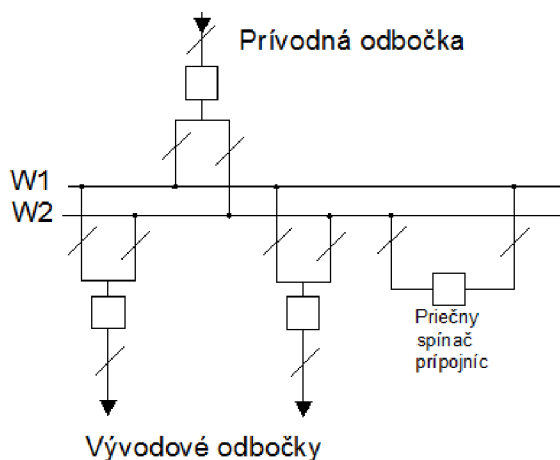
Popis prípojnicových systémov je vytvorený podľa [6]. Takéto zapojenie sa používa vtedy, ak nie je nutný neprerušovaný chod zariadenia pri revíziách a opravách. Napájajú sa z neho spotrebiče, ktoré pri prerušení nespôsobia národnospodárske straty a neohrozia zdravie ľudí. Výhodou je jednoduché usporiadanie, prehľadnosť, jednoduchá obsluha, nízke náklady. Nevýhodou je, že každá porucha na prípojniciah vyradí celú rozvodňu z prevádzky. Túto nevýhodu čiastočne odstráni pozdĺžne delenie prípojnic na viac úsekov ako je uvedené na Obr. 4-1.



Obr. 4-1 Jednoduchý systém prípojnic

### 4.3.2 Dvojitý systém prípojnic

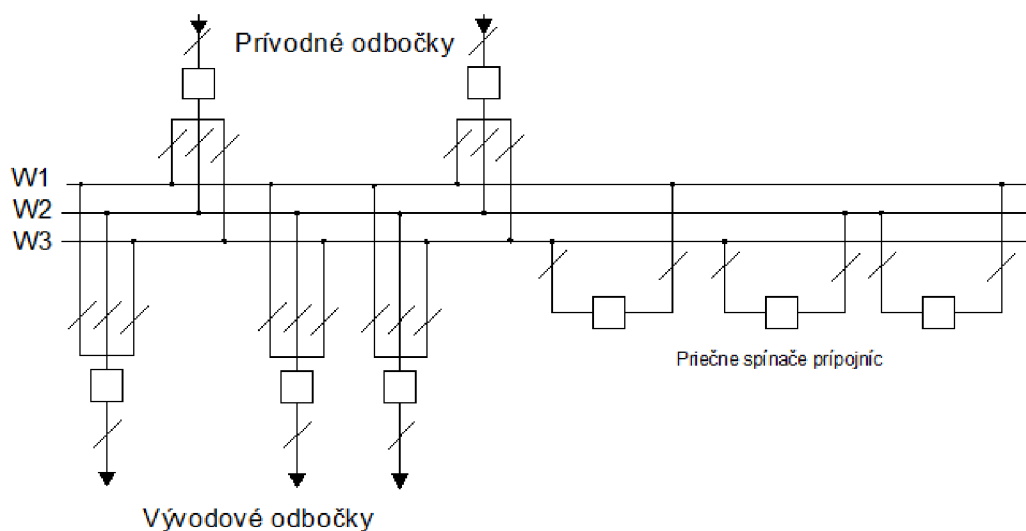
Dvojitý systém prípojnic sa používa tam, kde sa vyžaduje zvýšená spoľahlivosť dodávky elektrickej energie. Tam kde nie je dovolené prerušenie dodávky elektrickej energie z dôvodu kontroly, údržby, revízie. Prípadne ak sa musia rozdeliť napájacie zdroje z dôvodu obmedzenia skratových pomerov, z dôvodu súčasného napájania dvoch nespolupracujúcich zdrojov, zaistenie dôležitých odberov a i. Dvojitý systém prípojnic je zobrazený na Obr. 4-2. Dvojitý systém prípojnic musí byť vybavený priečnym spínačom prípojnic.



Obr. 4-2 Dvojitý systém prípojnic

### 4.3.3 Trojitý systém prípojnic

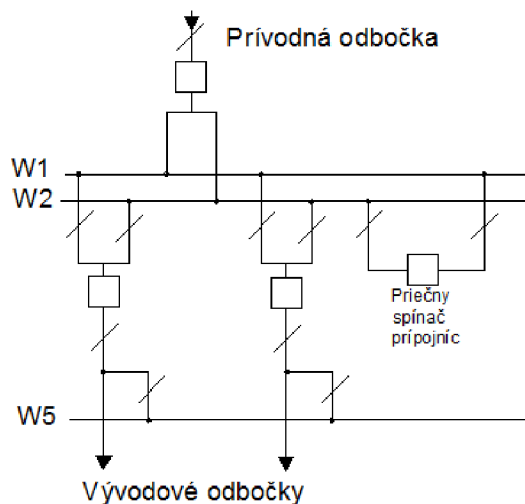
Používa sa tam, kde je potrebné rozdeliť zdroje z hľadiska obmedzenia skratových a prevádzkových prúdov alebo tam kde je potrebné prevádzkovať siete s rovnakým napätím oddelene s ohľadom na dôležitosť prevádzky. Tam kde nie je dovolené ani krátkodobé prerušenie dodávky elektrickej energie. Schéma trojitého systému prípojnic je na Obr. 4-3.



Obr. 4-3 Trojitý systém prípojnic

### 4.3.4 Pomocný systém prípojnic

Používa sa v rozvodniach kde nie je možné aby bol bez napät'ový stav na odbočke po celú dobu údržby alebo revízie vypínača alebo ostatných zariadení vybavenia odbočky. Prevádzka, pri ktorej je odbočka napájaná cez pomocnú prípojnicu sa nazýva náhradná. Na pomocnú prípojnicu je možné zapojiť vždy iba jednu odbočku. Príklad zapojenie tohto systému je na Obr. 4-4.



Obr.4-4 Pomocný systém prípojnic

## 4.4 Ochrany vývodov rozvodní

Vytvorené podľa [4]. Vývody v rozvodných staniách sú vystavené rôznym druhom porúch. Preto musíme zabezpečiť ochranu jednotlivých zariadení a vedení vo vývodoch.

Jednotlivé poruchy rozdeľujeme na :

- skrat
- nadpätie
- podpätie
- preťaženie
- zemné spojenie
- spätný výkon
- nesymetria napätí a prúdov

System ochrany pre napájací systém, by mal zahŕňať celý systém proti všetkým možným typom poruchy. Neobmedzené formy ochrany vedení, ako je nadprúdová a dištančná ochrana musia spĺňať túto požiadavku, aj keď niektoré poruchy na prípojnicích budú vypnuté s časovým oneskorením. Ale ak sú ochrany aplikované na prívode alebo vývode tak prípojnice nie sú v podstate chránené.

Pretože cez prípojnice sú prenášané oveľa väčšie výkony v porovnaní s vedením, pri skratoch na prípojnicích zväčša tečie nimi najväčší skratový prúd a poruchy na prípojnicích sú nebezpečné z hľadiska rozpadu elektrizačnej sústavy a s tým súvisí prerušenie dodávky elektrickej energie veľkému počtu odberateľov, je nutné aby boli prípojnice dokonale chránené. Ochrany musia byť selektívne, spoľahlivé a hlavne dostatočne rýchle. Ochrany sú volené podľa konštrukčného riešenia prípojnic, usporiadania a schémy rozvodného zariadenia. Ochrana prípojnic je najlepšia ak je v rozvodni čo najviac sekcií, ktoré môžu byť vypnuté, tzn. že ak v jednej sekcii bude porucha bude vypnutá iba táto príslušná sekcia a ostatné môžu fungovať ďalej bez prerušenia napájania.

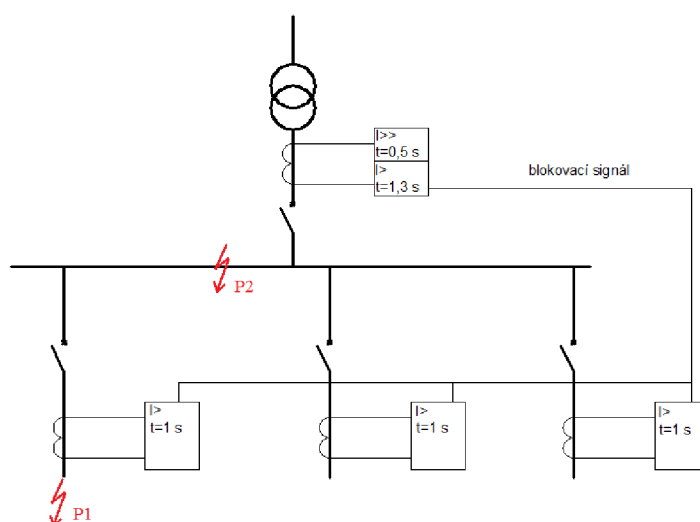
Ochrany prípojnic musia pri prípojnicových skratoch zaistiť:

- rýchle vypnutie pretože pri neskorom vypnutí veľké skratové prúdy môžu spôsobiť značné poškodenie vnútorného zariadenia rozvodne
- veľkú selektivitu aby nedošlo k zapôsobeniu ochrany pri blízkych vonkajších skratoch mimo rozvodňu
- selektivitu medzi jednotlivými vývodmi tak aby bol, pokiaľ možno, vypnutý iba postihnutý vývod

Preto sú obvykle používané nadprúdové ochrany, rozdielové ochrany, zábleskové ochrany, ochrany kostrové a logické ochrany.

#### 4.4.1 Nadprúdová ochrana

Pre prípojnice v distribučnej sieti môže byť prípojnicová ochrana dosiahnutá dvomi spôsobmi a to tak, že buď bude blokována nadprúdová ochrana na prívode do rozvodni alebo umiestnením zábleskovej ochrany vo vnútri rozvodne. Druhý spôsob je využiteľný hlavne v uzatvorených rozvádzačoch. Naopak prvý spôsob môžeme využiť v akejkoľvek rozvodni ak máme na to prispôsobené ochrany. Princíp blokovania nadprúdovej ochrany môžeme vidieť na Obr. 4-5.



Obr. 4-5 Blokovanie nadprúdovej ochrany

Blokovanie spočíva v tom, že ochrany umiestnené vo vývodových odbočkách posielajú informáciu ochrane umiestnenej v prívodnej odbočke. Ak je porucha v niektorej vývodovej odbočke (P1) tak ochrana v tejto odbočke posielá ochrane umiestnenej v prívodnej odbočke blokovací signál. Potom sa ochrana v prívodnej odbočke prepne do nastavenia dlhšieho času pôsobenia ako je čas nastavený v odbočke vývodu postihnutého poruchou. Ochrana v prívodnej odbočke reaguje teda iba po zlyhaní ochrany vo vývodovej odbočke. Ak sa podarí ochrane vo vývodovej odbočke v nastavenom čase vypnúť a porucha tým zanikne tak ochrana v prívodnej odbočke nezareaguje. Ochrany v ostatných vývodoch tak isto nereagujú, pretože ony chránia iba príslušný vývod a teda ak v ňom nie je porucha tak nereagujú. V prípade skratu na prípojniciach (P2) alebo v prívodnej odbočke, ochrana v prívode reaguje v kratšom nastavenom čase a vypína celú rozvodňu

#### 4.4.2 Smerová nadprúdová ochrana

Smerová nadprúdová ochrana vyhodnocuje smer prúdu. Pri skrate na prípojniciach vo vnútri rozvodne je smer prúdu vo všetkých vývodoch smerom do prípojnice čiže do skratu, ale pri vonkajšom skrate skratový prúd vo vývode, na ktorom je skrat smeruje od prípojnice. Táto skutočnosť je používaná pri aplikovaní smerovej nadprúdovej ochrany. Ochrana podľa smerových členov potom vyhodnotí či sa jedná o vnútorný skrat alebo vonkajší skrat. To či prúd tečie do prípojnice alebo z prípojnice zistí ochrana porovnaním fázorov prúdu základnej

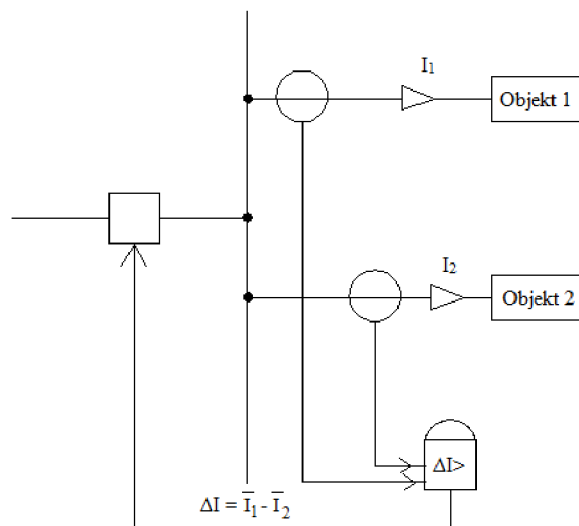


frekvencie. V normálnom prevádzkovom stave, alebo pri vonkajšej poruche je aspoň jeden prúd oproti ostatným posunutý o  $180^\circ$ . Avšak v prípade vnútornej poruchy sú všetky fázory prúdov približne rovnaké.

Nevýhodou smerových ochrán je, že horšie reaguje pri prípojnicových skratoch a pri vonkajších skratoch, ktoré sú blízko rozvodni. Pretože pri skratoch dochádza k zrúteniu napätia ochrana má zlú rozlišovaciu schopnosť.

#### 4.4.3 Priečna rozdielová ochrana

Popis ochrany vytvorený podľa [3]. Priečna rozdielová ochrana porovnáva prúdy dvoch zhodných objektov, ktoré pracujú paralelne pri rovnakých podmienkach. Príklad zapojenia je uvedený na Obr. 4-6. Používa sa pri chránení prípojnic, dvoch rovnakých transformátorov pracujúcich v paralelnej prevádzke, paralelných vedení, paralelných vetvách satorového vinutia synchronného generátora a pod. Základom algoritmu chránenia je meranie stabilizovaného diferenciálneho prúdu. Algoritmus spočítava komplexné prúdové fázory základnej zložky. Všetky jednosmerné a harmonické zložky sú potlačené. Pre každú časť prípojnic a pre každú fázu sú prúdy vyhodnocované samostatne.



Obr. 4-6 Priečna rozdielová ochrana

Pretože prúdov, ktoré sa sčítavajú je mnoho, je potrebné aby ochrana vykonala kompenzáciu citlivosti rozdielových meracích členov pomocou  $I_{stab}$ . Jeho hodnota je závislá na počte zapnutých vývodov  $N$ . Nastavená citlivosť rozdielového členu  $\Delta I$  musí rešpektovať celkové zaťaženie prípojnic aby pri vonkajšom skrato ochrana nepôsobila. Preto je potrebné aby hodnotu stabilizačného faktoru  $k_{st}$  bolo možné v ochrane meniť podľa aktuálnej potreby.

Rozdielový (diferenciálny) prúd

$$\Delta I = \left| \sum_{j=1}^n \bar{I}_j \right| \quad (4.1)$$

Stabilizačný prúd

$$I_{stab} = \frac{\sum_{j=1}^n |\bar{I}_j|}{N} \quad (4.2)$$

Stabilizačný faktor

$$k_{st} = \frac{\Delta I}{I_{stab}} \quad (4.3)$$

Požiadavky na rozdielovú ochranu prípojnic sú z hľadiska spoľahlivého a selektívneho pôsobenia veľmi vysoké, pretože vo veľkých rozvodniach sú veľmi zložité prevádzkové vzťahy.

#### 4.4.4 Záblesková ochrana

Odsek vytvorený podľa [4]. Pri vzniku oblúku alebo iného svetelného javu, ktorý sprevádza izolačné poruchy, ochrana reaguje tak, že dôjde k vybaveniu nadprúdového článku ochrany. Na detekciu je používaný zábleskový senzor alebo optické vlákno umiestnené v prípojnicovom priestore. Hlavné použitie tejto ochrany je v zapuzdrených rozvodniach vn. Jej pôsobenie musí byť blokované pri otvorení priestoru rozvodne. Je to veľmi rýchlo pôsobiaca ochrana.

#### 4.4.5 Kostrová ochrana

Popísané podľa [2]. Používa sa v zapuzdrených rozvodniach pri vzniku zemných skratov. Jej princíp spočíva v tom, že obal každého zapuzdreného vodiča je spojený s uzemňovacou sústavou rozvodne vodičom, ktorý prechádza cez prístrojový transformátor prúdu. Pri zemnom skrato cez prístrojový transformátor prechádza prúd do zeme a prúdová ochrana vyvolá vypnutie.

## 5 LOGICKÁ OCHRANA PRÍPOJNÍC

Cieľom vytvorenia logickej ochrany prípojnic je taká ochrana, ktorá dokáže účinne reagovať na skratové poruchy v rôznych miestach rozvodnej stanici poprí prípade rozvodnej siete. Týmto rôznymi miestami je myslené aby reagovala na skratové poruchy na prípojniciach a rozlíšila ich od skratových porúch vo vývodových odbočkách za vypínačom odbočky smerom k rozvodnej sieti. Preto je potrebné aby ochrana v prívodnej odbočke mala rôzne nastavenia pri rôznych skratových poruchách. Táto práca sa zaoberá konkrétnym zapojením rozvodnej stanici kde je jedna prívodná odbočka a tri vývodové odbočky.

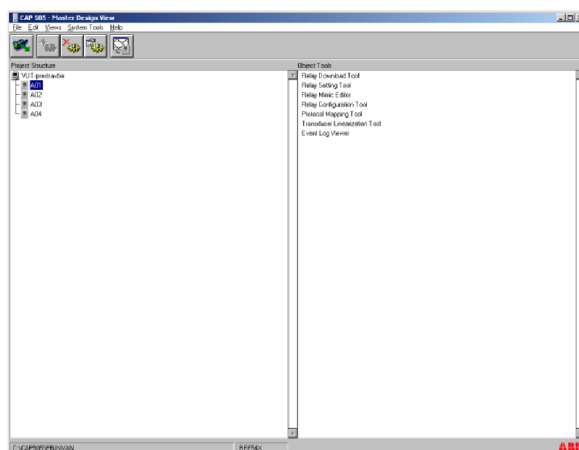
Vytvorenie logickej nadprúdovej ochrany prípojnic pomocou ochranných terminálov vychádza z teoretických znalostí popísaných v kapitole 4.4.1. V tejto kapitole na Obr. 4-5 je uvedený princíp blokovania nadprúdovej ochrany v prívodnej odbočke. Nadprúdová ochrana v prívodnej odbočke má teda dve nastavenia, ktoré majú rozdielne časy.

Samotné vytvorenie logickej ochrany vychádza z predpokladu vzájomného prepojenia binárnych výstupov a vstupov ochranných terminálov umiestnených v rozvodnej stanici. To znamená, že pri skrate vo vývodovej odbočke ochranný terminál umiestnený v tejto odbočke dá na svoj binárny výstup informáciu o štarte nadprúdovej ochrany. Táto informácia sa cez vzájomné prepojenie ochranných terminálov dostane na binárny vstup ochranného terminálu umiestneného v prívodnej odbočke. V konfigurácii ochranného terminálu prívodnej odbočky sa následne na blokovací signál nadprúdovej ochrany privedie tento binárny vstup. Týmto sa nadprúdová funkcia ochranného terminálu v prívodnej odbočke, s kratším nastaveným vypínacím časom, zablokuje. Naopak v prípade, že porucha bude na prípojniciach blokovací signál nie je vyslaný ani z jedného ochranného terminálu chrániaceho vývodovú odbočku. A tak nadprúdová funkcia ochranného terminálu prívodnej odbočky bude reagovať v kratšom nastavenom čase. Popis konfigurácie celého ochranného terminálu je uvedený v nasledujúcej kapitole.

### 5.1 Konfigurácia terminálu REF 543

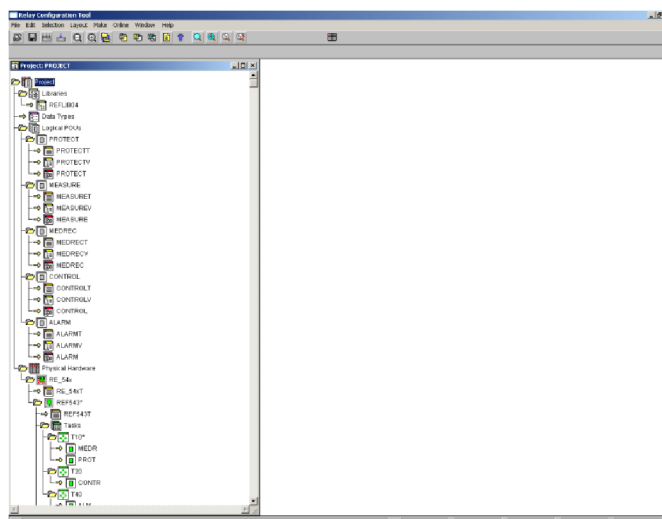
Konfigurácia terminálu vývodového poľa sa vykonáva pomocou softvéru CAP 505 od firmy ABB. V tejto práci boli ako základ použité konfigurácie jednotlivých digitálnych terminálov umiestnených v paneloch, ktoré boli dodané firmou ABB do Laboratória elektrických ochrán na Ústave elektroenergetiky, Fakulte elektrotechniky a komunikačných technológií, Vysokého učení technického v Brne. Táto konfigurácia bola potom upravená do podoby potrebnej k účelom práce.

Po otvorení programu Cap 505 sa nám zobrazí základné okno. V tomto okne zvolíme „File – Open“ a otvoríme si potrebnú konfiguráciu. Po otvorení konfigurácie sa nám zobrazí okno uvedené na Obr. 5-1.



Obr. 5-1 Okno programu CAP 505 s načítanou konfiguráciou

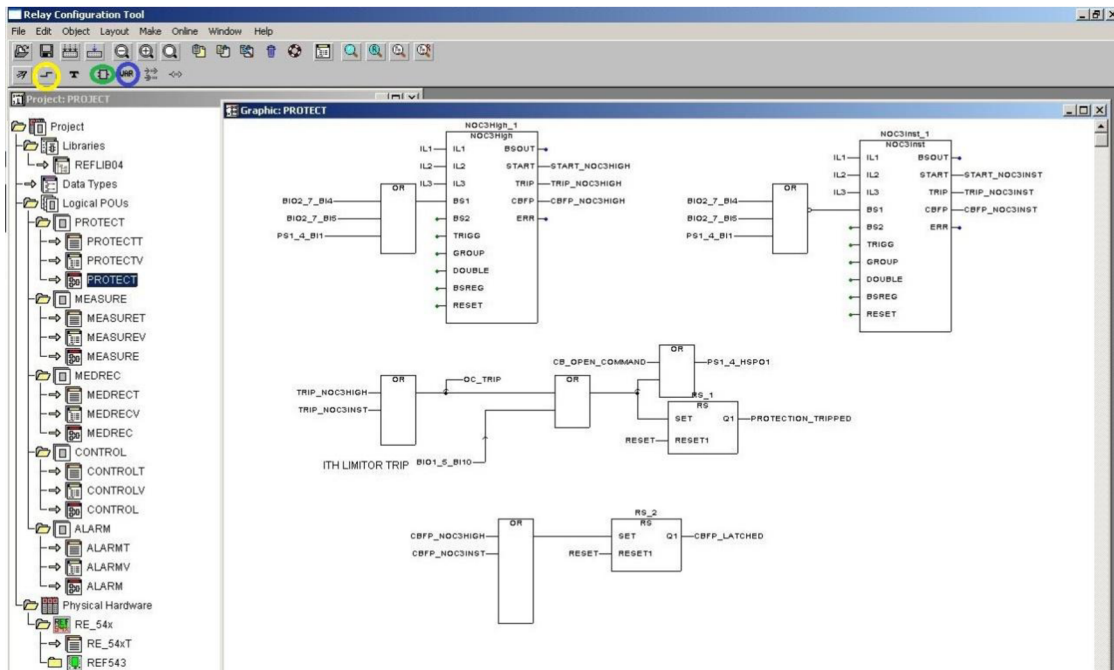
V dialógovom okne „Project structure“ vyberieme konkrétnu ochranu, kde A01 predstavuje ochranu v prívodnom poli. V dialógovom okne „Object tools“ sa po dvojitém kliknutí na položku „Relay Configuration Tool“ zobrazí okno uvedené na Obr. 5-2.



Obr. 5-2 Stromová štruktúra konfigurácie ochranného terminálu

V ľavej časti okna vidíme stromovú štruktúru konfigurácie ochrany. Jednotlivé programy v stromovej štruktúre obsahujú vždy tri pracovné háčky a to popisný napr. „PROTECTT“, hárok s premennými („PROTECTV“) a hárok na vkladanie funkčnej schémy („PROTECT“). Pre nás boli najdôležitejšie práve tie posledné háčky. Tam sme vkladali funkčnú schému. Ostatné háčky dopĺňa program sám. V stromovej štruktúre po zvolení háčku „PROTECT“ sa nám zobrazí okno uvedené na Obr. 5-3. Toto okno je už nami uskutočnená konečná konfigurácia programu „PROTECT“ pre prívodnú odbočku (A01). Zostavenie funkčnej schémy spočíva v umiestnení jednotlivých funkčných blokov a premenných do schémy a ich vzájomným pospojovaním. Funkčné bloky sa volia pomocou ikony umiestnenej na lište a je to štvrtá ikona zľava (označená na obrázku zeleným krúžkom). Premenné sa volia pomocou piatej ikony zľava na lište (modrý krúžok). Vzájomné pospojovanie je pomocou druhej ikony zľava na lište (žltý krúžok). Po dokončení funkčnej schémy je potrebné toto okno zavrieť a uložiť zmeny v ňom vykonané. Následne v hlavnom okne je potrebné dať projekt skompilovať a to

pomocou ikony umiestnenej na vrchnej lište tretej zľava. Ak prebehne kompilácia v poriadku program nič nevypíše. Ak sú nejaké nepripojené premenné tak program vypíše chybovú správu. V prípade ak je vo funkčnej schéme použitý nejaký funkčný blok alebo premenná, ktorá je neskôr zmazaná a nepoužitá, tak program automaticky túto premennú alebo funkčný blok zapíše do hárku premenných. Po vymazaní premenná v hárku zostáva ako použitá. Preto je potrebné po vymazaní upraviť aj hárk premenných tak aby tam nebola uvedená nepoužitá premenná poprípade funkčný blok. To sa dosiahne tak, že sa jednoducho nepoužité premenné alebo funkčné bloky zmažú.



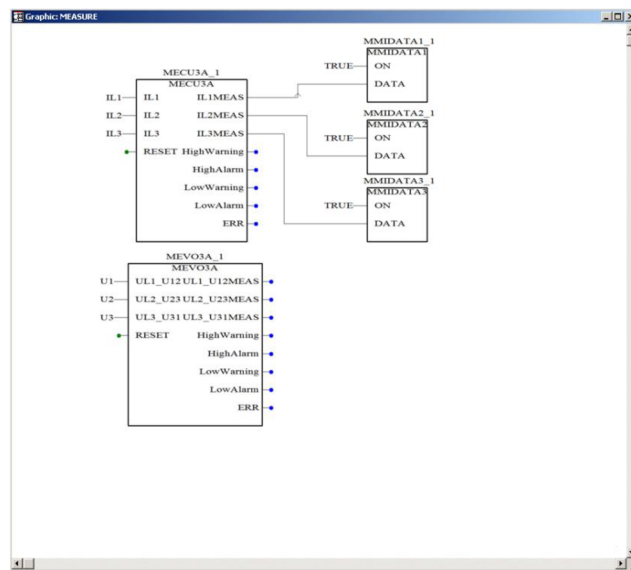
Obr. 5-3 Konfigurácia terminálu A01, funkčná schéma - PROTECT

Na obrázku vidíme funkčnú schému programu „PROTECT“ pre ochranu umiestnenú v prírodnej odbočke (A01). Zostáva z dvoch ochranných funkčných blokov „NOC3High\_1“ a „NOC3Inst\_1“. Tieto bloky reprezentujú trojfázovú nadprúdovú ochranu. Každý z blokov má iné nastavenie čo bude vysvetlené neskôr. Na vstup bloku „NOC3High\_1“ sú privedené tri fázové prúdy, ktoré by v skutočnosti tiekli cez prípojnice. Ďalej je na vstupe použitý funkčný blok „OR“ a na jeho vstup sú privedené signály z ochrán umiestnených vo vývodových odbočkách. Konkrétne sú tam privedené štartovacie signály nadprúdových ochrán. Výstup z bloku „OR“ je privedený na blokovací signál bloku „NOC3High\_1“, tzn. že ak v niektorej z vývodových odbočiek nadprúdová ochrana zaznamená poruchu a pošle signál štartu ochrany tak sa aktivuje blokovací signál na ochrane v prírodnej odbočke a tá zatiaľ nereaguje. Na výstupe bloku „NOC3High\_1“ sú signály štartu ochrany, pôsobenia ochrany a ochrany pri zlyhaní vypínača.

Pri funkčnom bloku „NOC3Inst\_1“ je to podobné akurát tam je na vstup blokovacieho signálu použitý logický člen „NOR“, tzn. že ak ochrany vo vývodových odbočkách nepošlú štartovací signál tak ochranná funkcia ja zablokovaná. Ostatné vstupy a výstupy sú prakticky rovnaké ako pri bloku „NOC3High\_1“.

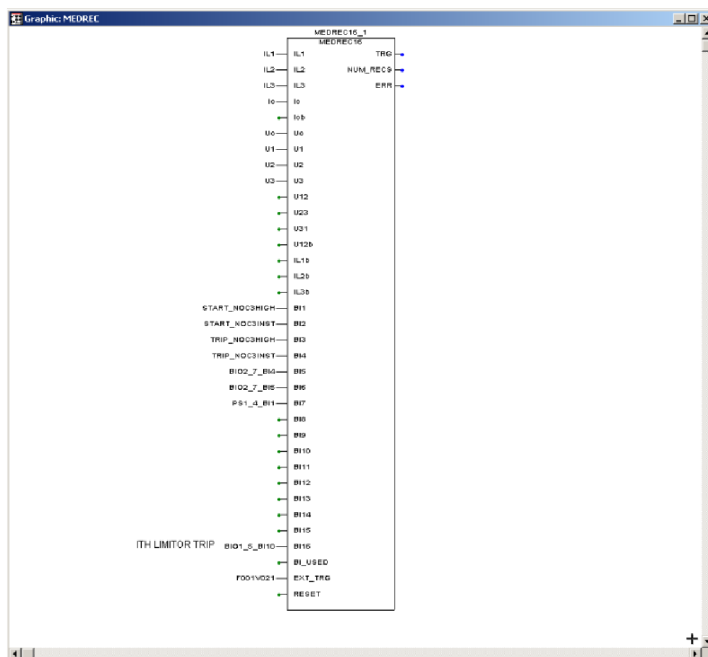
V spodnej časti obrázku sú na funkčný blok „OR“ privedené signály pôsobenia ochrany. Odtiaľ na výstup „OC\_TRIP“, ktorý bude použitý v programe „ALARM“, a ďalej na vstup funkčného bloku „OR“. Na ten funkčný blok je ešte privedený signál z prepínaču umiestneného na panely „ITH LIMITORS“. Výstup ide na funkčný blok „OR“ a na funkčný blok „RS\_1“, ktorý posiela informáciu o pôsobení ochrany logickému modulu LOGO!. Na vstup bloku „OR“ ide ešte informácia o tom bol zadany príkaz otvoriť vypínač z predného panelu. Výstupu z funkčného bloku „OR“ ide na výkonový výstup „PS1\_4\_HSPO1“, ktorý dáva pokyn na otvorenie vypínača.

Posledný blok „OR“ posiela informáciu o pôsobení ochrany pri zlyhaní vypínaču na blok „RS\_2“, ktorý posiela informáciu logickému modulu LOGO!.



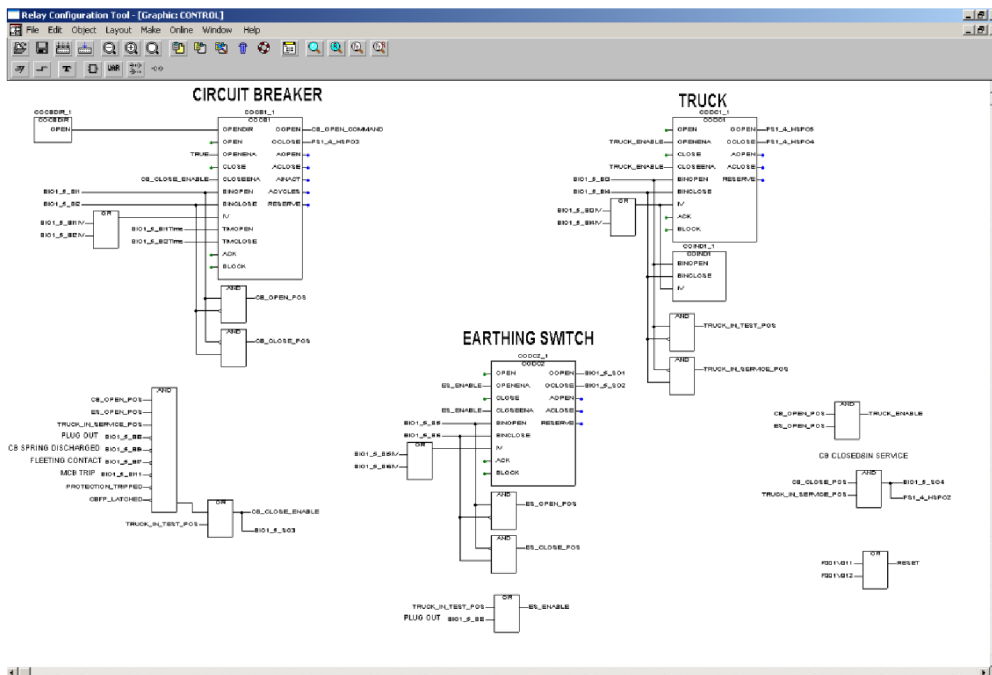
Obr. 5-4 Konfigurácia terminálov, funkčná schéma - MEASURE

Na Obr. 5-4 je funkčná schéma programu „MEASURE“, ktorý je vhodný pre všetky ochrany vo vývodových aj v prírodnej odbočke. Obsahuje 2 funkčné bloky kde na vstupy sú privádzané prúdy resp. napätia. Z bloku merania prúdov sú výstupy privedené na funkčné bloky „MMIDATA1\_1-3“ a to kvôli tomu aby bol prúd, ktorý meria ochrana viditeľný na jej HMI displeji v základnom zobrazení. Inak pre zobrazenie meraných prúdov aj napätí je potrebné na HMI jednotke stlačiť šípku doprava a zobrazia sa nám aktuálne merané hodnoty.



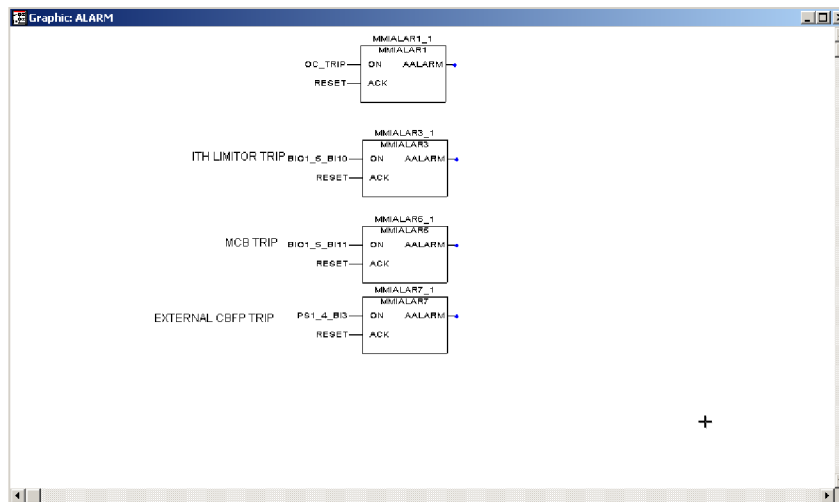
Obr. 5-5 Konfigurácia terminálu A01, funkčná schéma - MEDREC

Ďalšou zobrazenou funkčnou schémou je na Obr. 5-5 „MEDREC“ nakonfigurovaný v prívodnej odbočke. Obsahuje jeden funkčný blok, ktorý plní funkciu poruchového zapisovača. Na jeho analógové vstupy sú privedené prúdy resp. napätia. Na binárnych vstupoch sú privedené signály štartu a pôsobenia nadprúdovej ochrany v prívodnej odbočke (BI1-BI4) a na ďalších troch binárnych vstupoch sú štarty ochrán v jednotlivých vývodových odbočkách.



Obr. 5-6 Konfigurácia terminálov, funkčná schéma - CONTROL

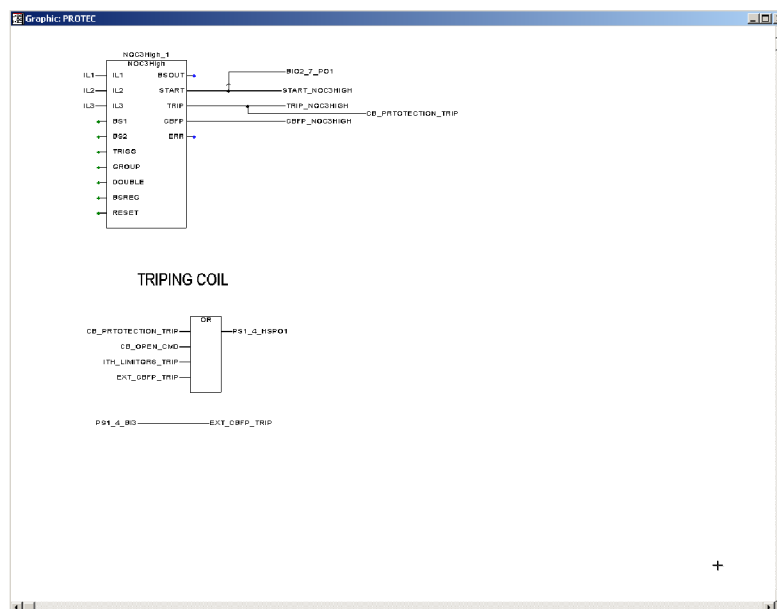
Funkčná schéma „CONTROL“, zobrazená na Obr. 5-6, je pôvodná schéma od firmy ABB a slúži na ovládanie panelov a simuláciu stavov v skutočnej rozvodni.



Obr. 5-7 Konfigurácia terminálov, funkčná schéma - ALARM

Vo funkčnej schéme „ALARM“, na Obr. 5-7, sú naprogramované programovateľné diódy na HMI displeji ochrany.

Na Obr. 5-8 je uvedená funkčná schéma „PROTECT“ pre ochrany vo vývodových odbočkách, ktorá sa mierne líši od funkčnej schémy použitej v prívodnej odbočke. Rozdiel je v tom, že vo vývodových odbočkách je použitý iba jeden blok nadprúdovej trojfázovej ochrany. Na vstup sú opäť privedené prúdy a na výstupe sú signály štartu ochrany, pôsobenia ochrany a ochrany pri zlyhaní vypínača. Zo signálu štartu ochrany ide signál na výkonový výstup „BIO2\_7\_PO1“, ktorý je potom privedený na blokovací signál ochrany v prívodnej odbočke. V tomto programe je ešte použitý funkčný blok „OR“, ktorého výstup ide na výkonový výstup, ktorý dáva povel k otvoreniu vypínača.

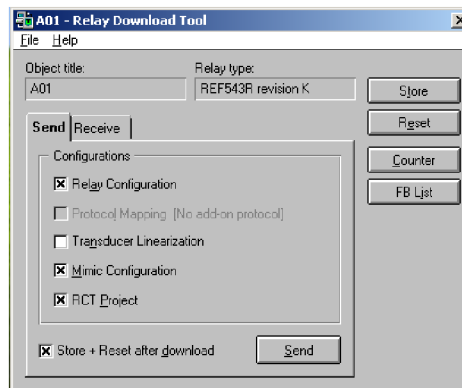


Obr. 5-8 Konfigurácia terminálov A02,A03 a A04, funkčná schéma - PROTECT

Po ukončení konfigurácie ju musíme nahráť do jednotlivých ochrán a to tak, že v hlavnom menu programu CAP 505, v dialógovom okne „Project structure“ a zvolíme konkrétnu ochranu.



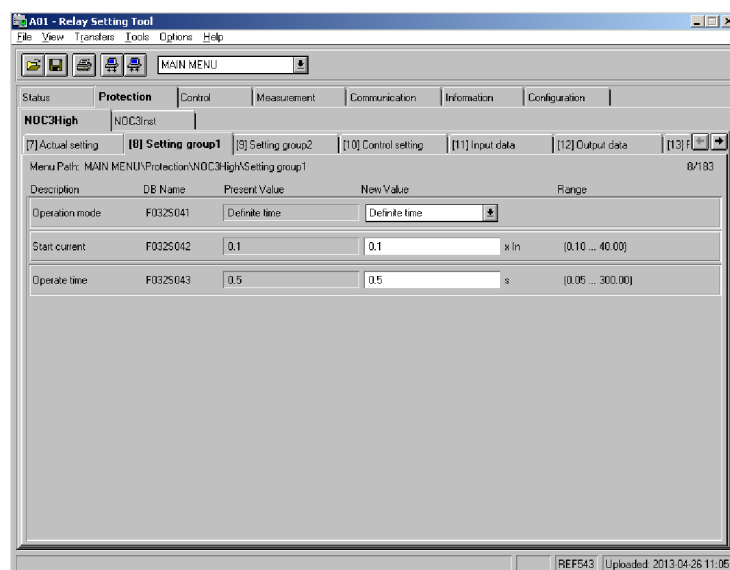
Kde A01 predstavuje ochranu v prívodnom poli a A02,A03,A04 ochrany vo vývodových odbočkách. V dialógovom okne „Object tools“ klikneme dvakrát na položku „Relay Download Tool“ a zobrazí sa nám okno uvedené na Obr. 5-9.



Obr. 5-9 Nahranie konfigurácie do ochranného terminálu

V tomto okne zvolíme, ktorú časť konfigurácie ochrany chceme nahráť do ochrany a zvolíme položku „Store + Reset after download“ a potvrdíme ikonou „Send“. Po nahratí konfigurácie do ochrany okno uzavrieme. Postup opakujeme pre každý ochranný terminál.

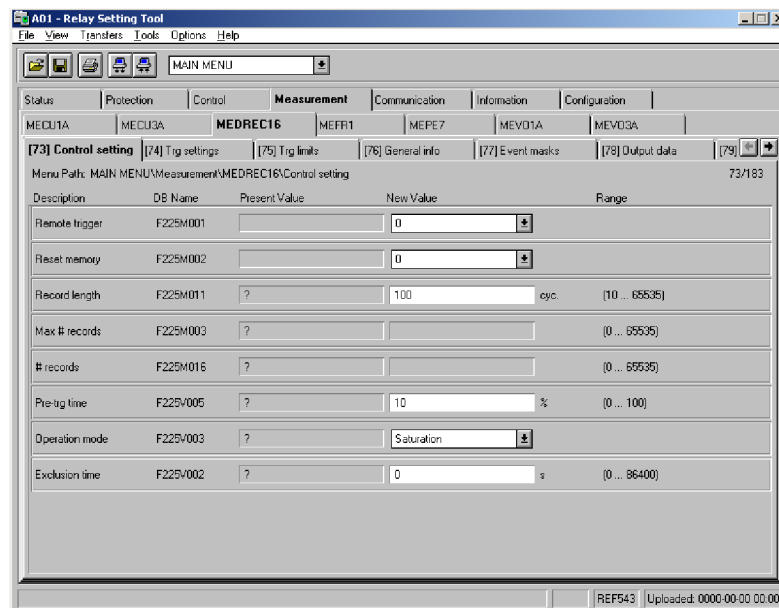
Po vrátení sa do hlavného menu programu CAP 505 v dialógovom okne „Object tools“ klikneme dvakrát na položku „Relay Setting Tool“, v ktorom nastavujeme jednotlivé ochranné funkcie. V prívodnej odbočke máme dve rôzne nastavenia ochrany a to pre ochranu pri skrate v odbočke a pre ochranu pri skrate na prípojniciach. Pre nastavenie ochrannej funkcie pri skrate na prípojniciach zvolíme záložku „Protection“ – „NOC3High“ – „Setting group 1“ a nastavíme mód na „Definite time“ štartovací prúd na „0,1 x In“ a čas za, ktorý ochrana bude reagovať na hodnotu 0,5s. Po nastavení zvolíme ikonu počítača so šípkami smerujúcimi dolu a tým nahráme naše nastavenie do ochrany. Toto nastavenie je vidieť na Obr. 5-10.



Obr. 5-10 Nastavenie ochranných funkcií

Podobný postup aplikujeme pri nastavení ochrany pri skrate vo vývodovej odbočke. Zvolíme záložku „Protection“ – „NOC3Inst“ – „Setting group 1“ a nastavíme mód na „Definite time“ štartovací prúd na „0,1 x In“ a čas za, ktorý ochrana bude reagovať na hodnotu 1,3s. Po nastavení zvolíme ikonu počítača so šípkami smerujúcimi dolu, umiestnenej na lište v hornej časti okna, a tým nahráme naše nastavenie do ochrany.

Na ochrannom terminály umiestnenom v prívodnej odbočke nastavíme ešte parametre poruchového zapisovača, z ktorého budeme po meraní získavať dáta o priebehu skúšky. To nastavenie sa uskutočňuje v záložke „Measurement“ – „Medrec16“ – „Control Setting“. Tu nastavíme počet cyklov, ktoré sa majú zaznamenať. V našom prípade je to hodnota 100 cyc. A zvolíme operačný mód zapisovača „Saturation“. Nastavenie je vidieť na Obr. 5-11.



Obr. 5-11 Nastavenie poruchového zapisovača

V záložke „Trg settings“ nastavíme parameter „BI enable“ na hodnotu 127 a to preto aby sa nám do poruchového záznamu uložili signály z prvých siedmych binárnych vstupov nakonfigurovaných na poruchovom zapisovači. Zvolené binárne vstupy sa ukladajú do poruchového záznamu aj v prípade, že nie sú aktívne. Zároveň aktivovaním ktoréhokoľvek binárneho vstupu je zaznamenaný poruchový záznam. V záložke „General info“ nastavíme parameter „AI chs used“ na hodnotu 455, znovu preto aby sa nám do poruchového záznamu zapísali iba priebehy napätí  $U_{L1}$ ,  $U_{L2}$ ,  $U_{L3}$  a prúdov  $I_{L1}$ ,  $I_{L2}$ ,  $I_{L3}$ . Po konfigurácii všetky nastavené hodnoty opäť pošleme do ochrany ikonou počítača so šípkami smerujúcimi dolu.

Nastavenie ochrany vo vývodových odbočkách bude podobné, ale v týchto ochránach nastavujeme iba jednu ochrannú funkciu a to pri skrate v príslušnej vývodovej odbočke. Opäť postupujeme ako pri nastavovaní ochranného terminálu v prívodnej odbočke a to tak, že zvolíme záložku „Protection“ – „NOC3High“ – „Setting group 1“ a nastavíme mód na „Definite time“ štartovací prúd na „0,1 x In“ a čas za, ktorý ochrana bude reagovať na hodnotu 1s. Po nastavení zvolíme ikonu počítača so šípkami smerujúcimi dolu, umiestnenej na lište v hornej časti okna, a tým nahráme naše nastavenie do ochrany.

## 6 OTESTOVANIE NAVRHNUTEJ KONFIGURÁCIE

### 6.1 Testovacie zariadenie Omicron CMC 256 plus

Popis testovacieho zariadenia je podrobne uvedený v predchádzajúcej práci autora [5]. Toto testovacie zariadenie umožňuje simulovať testy elektromerov, meničov, ochrán a i. Je ním možné simulovať reálne podmienky napájania ochrán v rôznych prevádzkach. Zariadené je spojené pomocou rozhrania ethernet s osobným počítačom a je ovládané a konfigurované pomocou testovacieho softvéru OMICRON Test Universe, v ktorom sú rôzne testovacie moduly. Zariadenie obsahuje niekoľko galvanicky oddelených blokov.

#### 6.1.1 Softvér OMICRON Test Universe

Popis softvéru je spracovaný podľa [8], [5], [7],. OMICRON Test Universe je užívateľský softvér pre ovládanie hardvéru (testovacieho zariadenia). Poskytuje komplexnú flexibilitu a prispôsobivosť pre rôzne testovacie aplikácie. Testovací softvér má viacero svojich verzií. Každá verzia obsahuje výber rôznych testovacích modulov. Testovacie moduly môžu pracovať nezávisle (pre jednotlivé skúšky) alebo byť vložené s ďalšími modulmi v pláne skúšok (Control center) pre kompletné multifunkčné testy. Toto nám umožňuje väčšiu pružnosť a prispôsobivosť v testovaní. OMICRON Control center (OCC) zahŕňa všetky informácie vzťahujúce sa k testu tj. rozpoznanie hardvéru, test objektu, test parametrov, výsledky testov, posúdenie testu, poznámky ale aj snímky z testu. Výsledky z testu sa dajú opakovane použiť pri ďalšom testovaní ale je ich možné aj uložiť v niektorom textových alebo výkresových formátoch podporovaných systémom Windows.

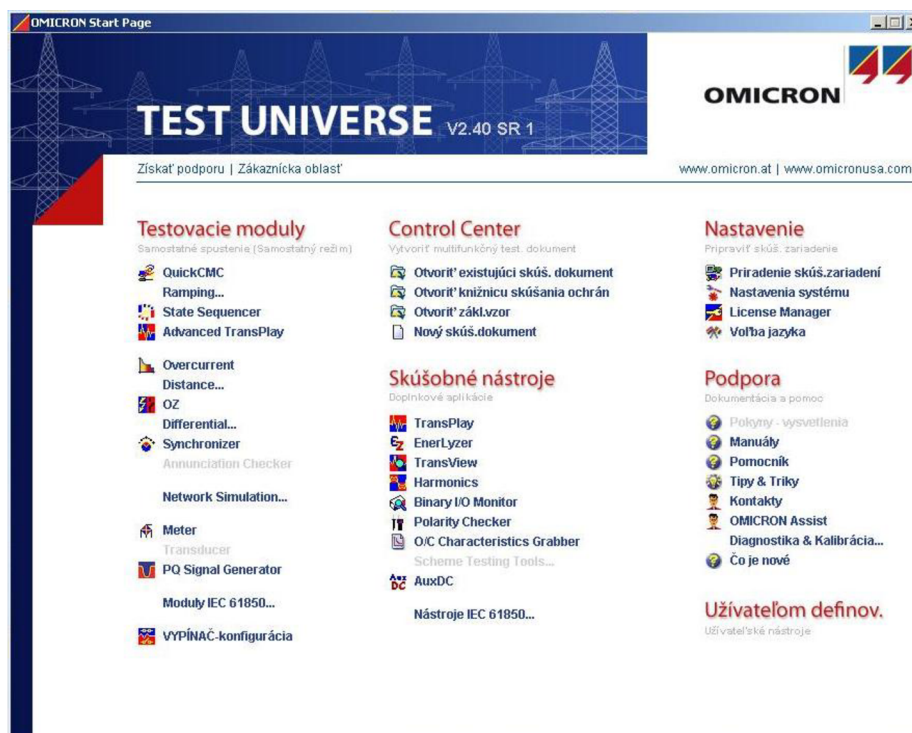
Pre testovanie nadprúdovej funkcie digitálneho ochranného terminálu REF 543 bol použitý modul „State Sequencer“. Tento modul umožňuje postupné spúšťanie definovaných stavov, v reálnom čase nastavovať hodnoty výstupov testovacieho zariadenia v každom z nastavených stavov a v neposlednom rade spúšťanie definovaných stavov v nekonečnej slučke. Reakcie skúšaného objektu je možné merať a zaznamenávať ako funkcie času a tieto sú analyzované automaticky alebo manuálne po skončení príslušného testu. Spúšťacie podmienky pre jednotlivé nastavené stavy môžu byť zadané:

- pomocou dopredu nastavenej hodnoty času
- ako funkcia zmeny stavu skúšaného objektu
- ako vonkajšie signály
- manuálne počas doby testu

Modul „State Sequencer“ sa skladá celkovo zo siedmych podokien, v ktorých je možné zobrazit' rôzne nastavenia testu, výsledky, priebeh skúšky, vektorové diagramy, meranie, časový priebeh signálu a meranie impedancie poruchy.

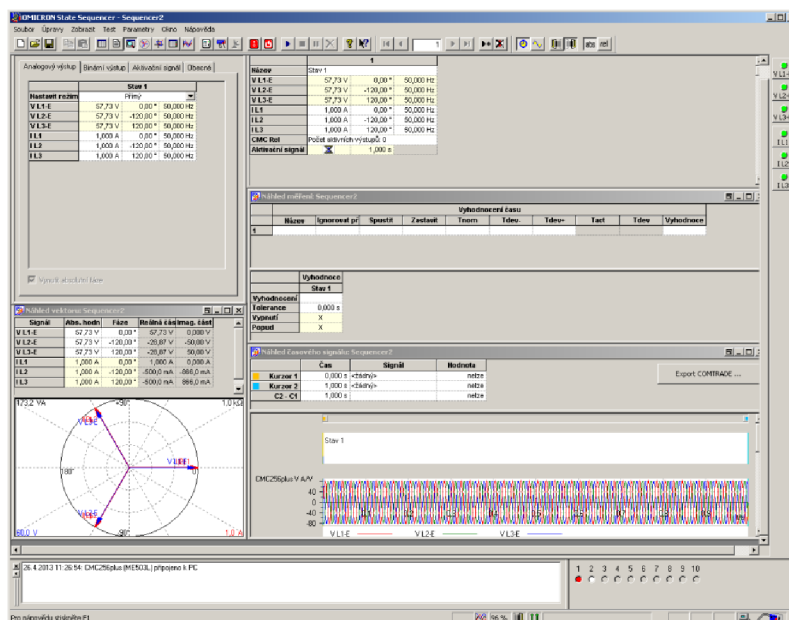
## 6.1.2 Konfigurácia testovacieho zariadenia CMC 256 plus

Konfigurácia bola vykonávaná pomocou softvéru Omicron Test Universe (V2.40 SR 1). Po otvorení programu sa otvorí okno zobrazené na Obr. 6-1.



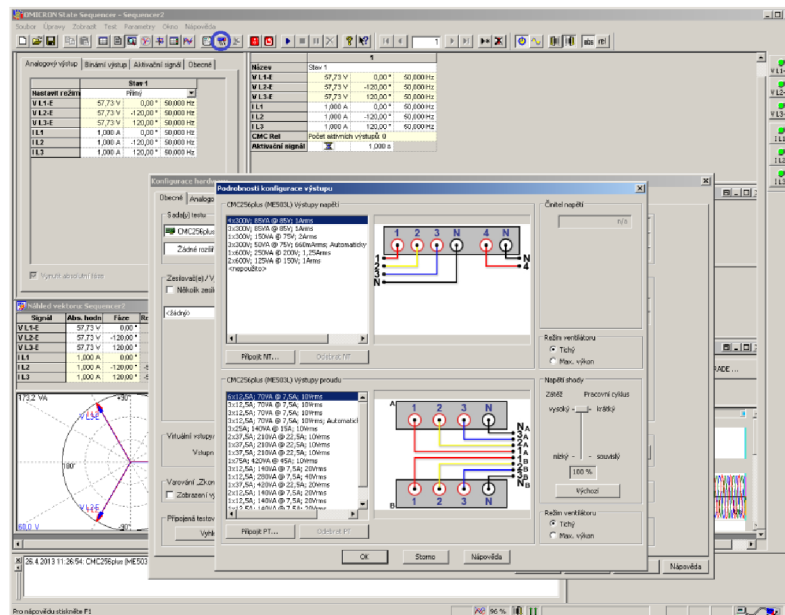
Obr. 6-1 Základné okno softvéru Omicron Test Universe

Zvolením testovacieho modulu „State Sequencer“ sa otvorí okno zobrazené na Obr. 6-2.



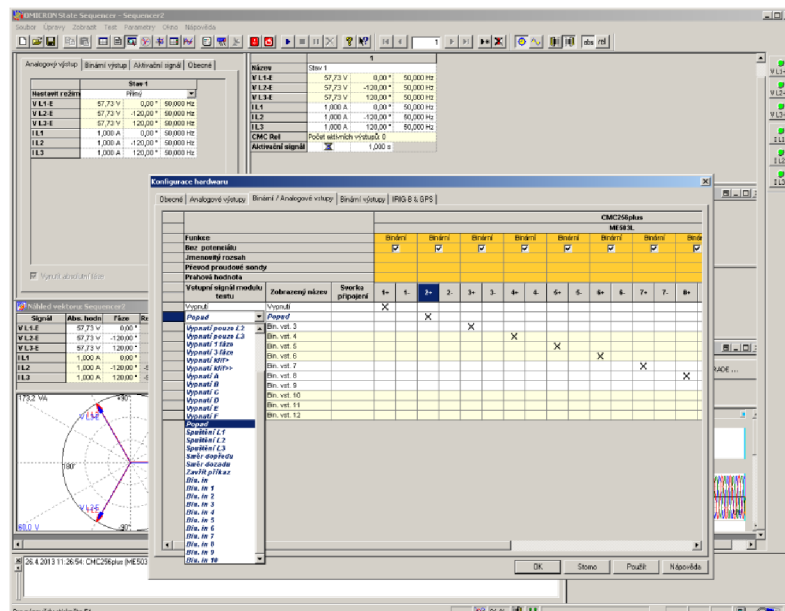
Obr. 6-2 Základné okno modulu State Sequencer

V tomto okne musíme zvoliť ikonu hardvérovej konfigurácie (označená na obrázku modrým krúžkom). A otvorí sa nám okno, v ktorom zvolíme položku podrobnosti a zobrazí sa nám okno uvedené na Obr. 6-3.



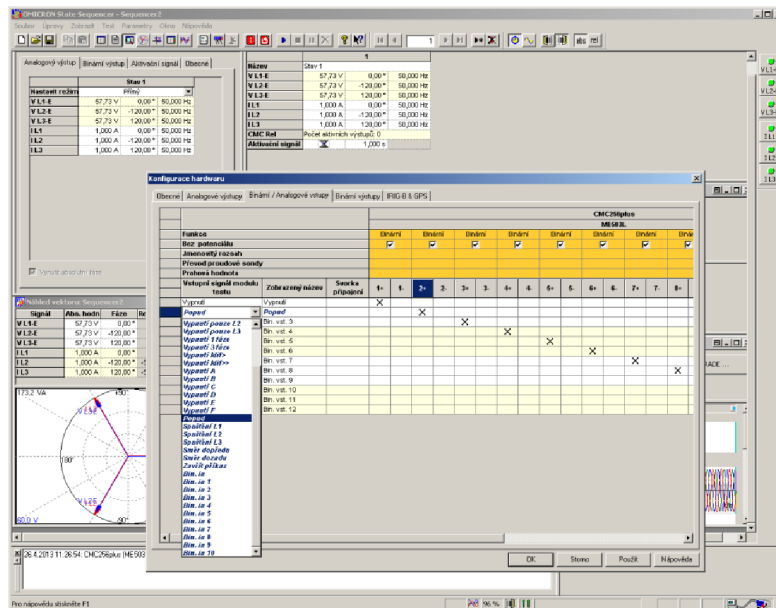
Obr. 6-3 Hardvérová konfigurácia výstupov

V okne nastavíme požadovaný počet vstupov napätia a prúdu. A potvrdíme to ikonou „OK“. Tu sa nám zobrazí okno hardvérovej konfigurácie a v ňom zvolíme záložku „Analogové výstupy“. V tej záložke zvolíme ako použité a priradíme pomenovanie jednotlivým analógovým výstupom, ktoré sme zvolili v predchádzajúcom bode. Postup priradenia je vidieť na Obr. 6-4.



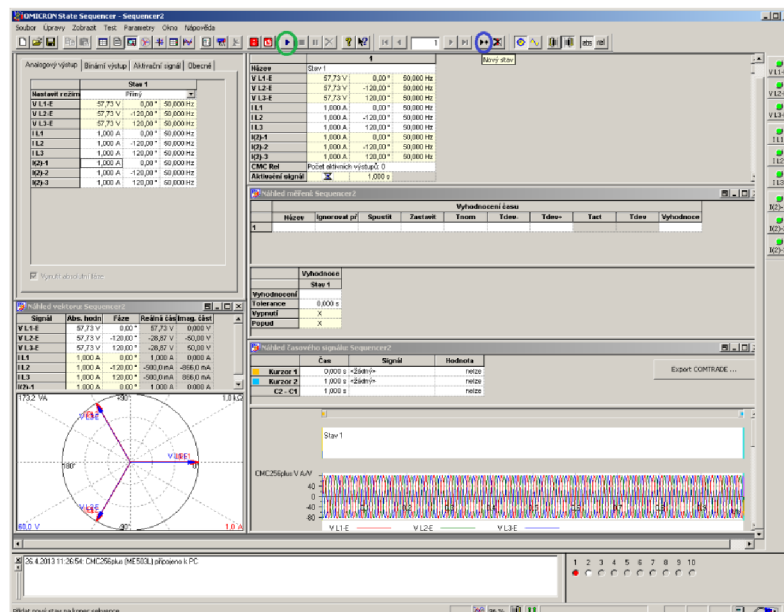
Obr. 6-4 Priradenie analógových výstupov

Zvolením ďalšej záložky „Binárne/Analogové vstupy“ sa zobrazí okno uvedené na Obr.6-5.



Obr. 6-5 Priradenie binárných vstupov

Tu je potrebné priradiť použité funkcie k zvoleným binárnym vstupom. Po dokončení všetko potvrdíme stlačením ikony „OK“. Týmto sa dostávame do základného okna modulu „State sequencer“, ktoré je zobrazené na Obr. 6-6.

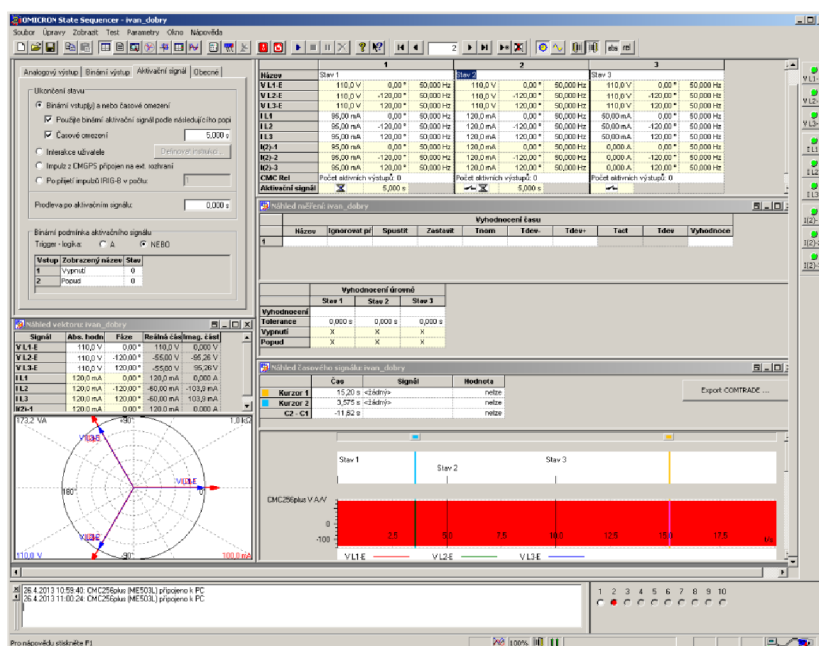


Obr. 6-6 Okno modulu State sequencer po vykonaní HW konfigurácie

V ľavej časti okna sa nastavujú hodnoty požadovaných prúdových a napät'ových výstupov. Takisto sa tu nastavujú aktivačné signály v záložke Aktivační signál, pre ukončenie daného stavu. Zvolením ikony „Nový stav“ (označená na obrázku modrým krúžkom) dostaneme nový stav a znova v ňom môžeme nastaviť požadované hodnoty analógových výstupov, popřípade aktivačných signálov. Ikonou „Play“ (zelený krúžok) spustíme samotné testovanie.

## 6.2 Použitie nastavenie testovacieho zariadenia pre testovanie

Ako už bolo spomínané pre testovanie nadprúdovej ochrany ochranného terminálu REF 543 bol použitý modul „State sequencer“ testovacieho zariadenia Omicron 256 plus, pretože ponúka nastavenie viacerých stavov testovacieho zariadenia. Tieto stavy boli potrebné kvôli tomu aby bolo možné vykonať skúšku z nastavenia bezporuchového stavu do stavu poruchy a následne do stavu po zapôsobení nadprúdovej funkcie ochranného terminálu vo vývodovej odbočke zasiahnutej poruchou, kedy vývody nezasiahnuté poruchou sa vrátia do bežného prevádzkového stavu. Celkovo boli teda použité tri stavy, ktorých nastavenie pre prípad poruchy v niektorej z vývodových odbočiek je uvedené na Obr. 6-7.



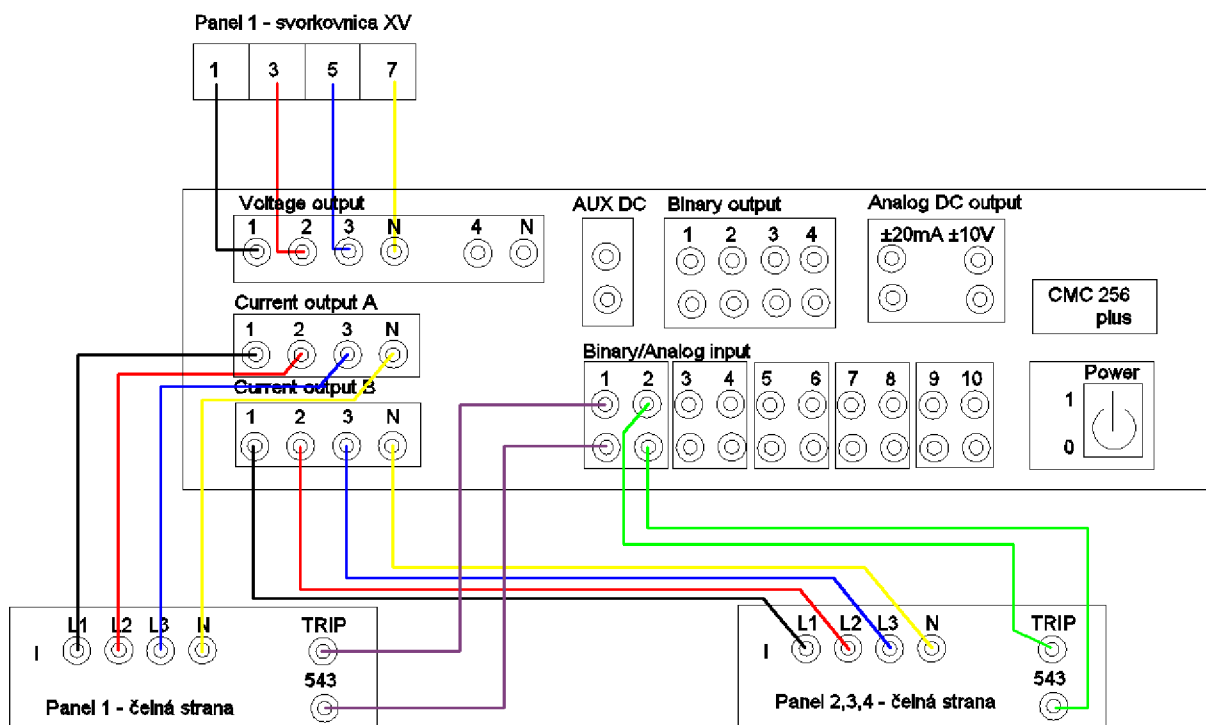
Obr. 6-7 Nastavenie pre prípad poruchy v niektorej z vývodových odbočiek

Vo všetkých stavoch je nastavené napätie na hodnotu 110 V, a to preto že menovitý prevod prístrojových transformátorov napätia ochranného terminálu je 0,1/20 kV. Tým teda dosiahneme napätie 22 kV. Prúdy tečúce cez prívodnú odbočku sú označené I L1, I L2 a I L3. Prúdy tečúce cez vývodové odbočky sú označené I(2)-1, I(2)-2 a I(2)-3. V prvom stave je prúd blízky maximálnemu prúdu, kde opäť menovitý prevod prístrojového transformátoru prúdu je 1/500 A, čiže pri našom prúde nám to dáva prúd 47,5 A. Maximálny prúd je 50 A. Prvý stav je časovo obmedzený na 5 s. Po uplynutí tejto doby sa aktivuje stav 2, v ktorom sa nám zvýši prúd nad nominálny prúd a ochrana musí reagovať. Tento prúd sa nám zvýšil v prívodnej odbočke ako aj vo vývodovej odbočke a teda nám reaguje ochrana vo vývodovej odbočke a poslať blokovací signál ochrane v prívodnej odbočke aby nereagovala. V tomto stave je definovaná binárna podmienka aktivačného signálu tzn. že ak nám vypne ochrana vo vývodovej odbočke tak sa stav ukončí a prejde do stavu 3. V stave 3 je definovaný prúd v prívodnej odbočke na polovicu maximálneho prúdu a to preto že nám už ochrana v jednej z vývodových odbočiek, v ktorej bola porucha zareagovala a tak je táto vývodová odbočka už odpojená a tečie cez prívodnú odbočku menší prúd.

Pre prípad poruchy na prípojniciach boli podobne definované tri stavy. Prvý stav bol definovaný rovnako ako v predchádzajúcom prípade. V druhom stave boli prúdy v prírodnej odbočke nastavené na hodnotu 120 mA a prúdy vo vývodovej odbočke boli ponechané na hodnote 95 mA. Tým sme dosiahli to, že ochranné terminály vo vývodových odbočkách nereagovali pretože v odbočkách nebol prekročený maximálny prúd. Naopak ochranný terminál umiestnený v prírodnej odbočke zaznamenal zvýšenie prúdu a preto dal popud na vypnutie. V tomto stave je definovaná binárna podmienka aktivačného signálu tzn. že ak nám vypne ochrana v prírodnej odbočke tak sa stav ukončí a prejde do stavu 3. V stave tri boli prúdy nastavené na nulovú hodnotu keďže zareagovala ochrana v prírodnej odbočke.

### 6.3 Príprava testu

Na Obr. 6-8 je zapojenie testovacieho zariadenia k panelom. Napäťový výstup testovacieho zariadenia je pripojený k panelu číslo 1 zo zadnej strany na svorkovnicu XV. Prúdový výstup A je pripojený na čelnú stranu panelu číslo 1 na vstupné prúdové svorky. Prúdový výstup B je zapojený na panely 2,3,4 takisto na vstupné prúdové svorky. Binárne vstupy 1 a 2 testovacieho zariadenia sú pripojené na čelnú stranu panelov na vypínacie svorky ochrany REF 543.



Obr. 6-8 Zapojenie testovacieho zariadenia k panelom

Pre začatie testovania je dôležité aby boli odpojovače a vypínače na jednotlivých paneloch zatvorené. Ďalej je dôležité aby boli prepínače na čelnej strane panelov prepnuté nasledovne:

SS1, SS2, SS3, SS5, SS6, SS8 – poloha vľavo → vypnuté

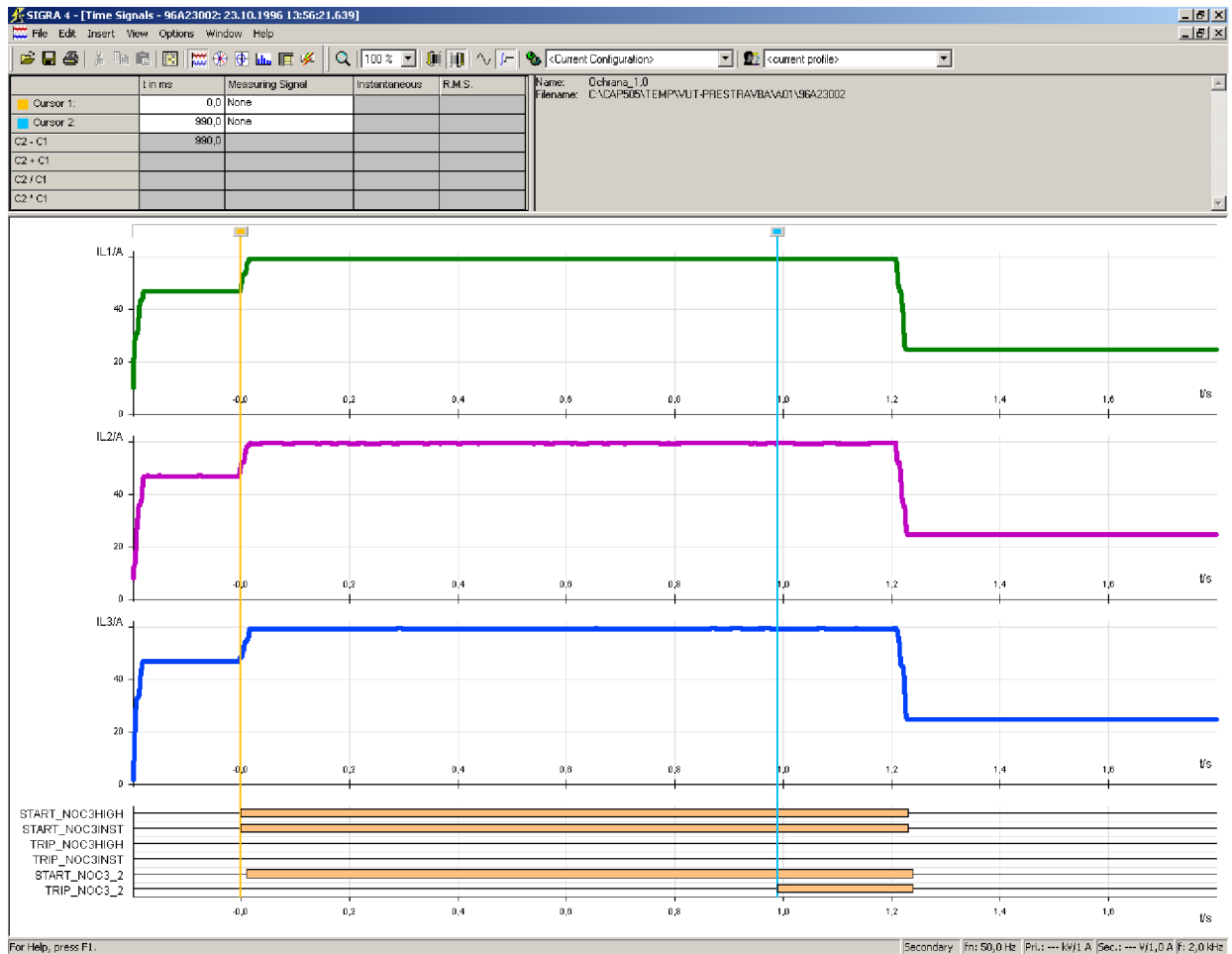
SS7 - poloha vpravo → zapnuté (týmto je privádzané napätie na všetkých paneloch paralelne pripojené pomocou prepojovacích vodičov medzi svorkami XV jednotlivých panelov)



## 7 GRAFICKÉ PRIEBEHY ZÍSKANÉ Z TESTOV

Z poruchového zapisovača ochranného terminálu boli po ukončení testovania stiahnuté poruchové záznamy vo formáte comtrade. Tieto záznamy boli následne spracované pomocou softvéru Siga 4 V4.20, ktorý umožňuje zobrazovanie súborov vo formáte comtrade.

Na Obr. 7-1 je zobrazený priebeh prúdov v prívodnej odbočke, pri testovaní ochrannej funkcie v prípade skratu v jednej z vývodových odbočiek.



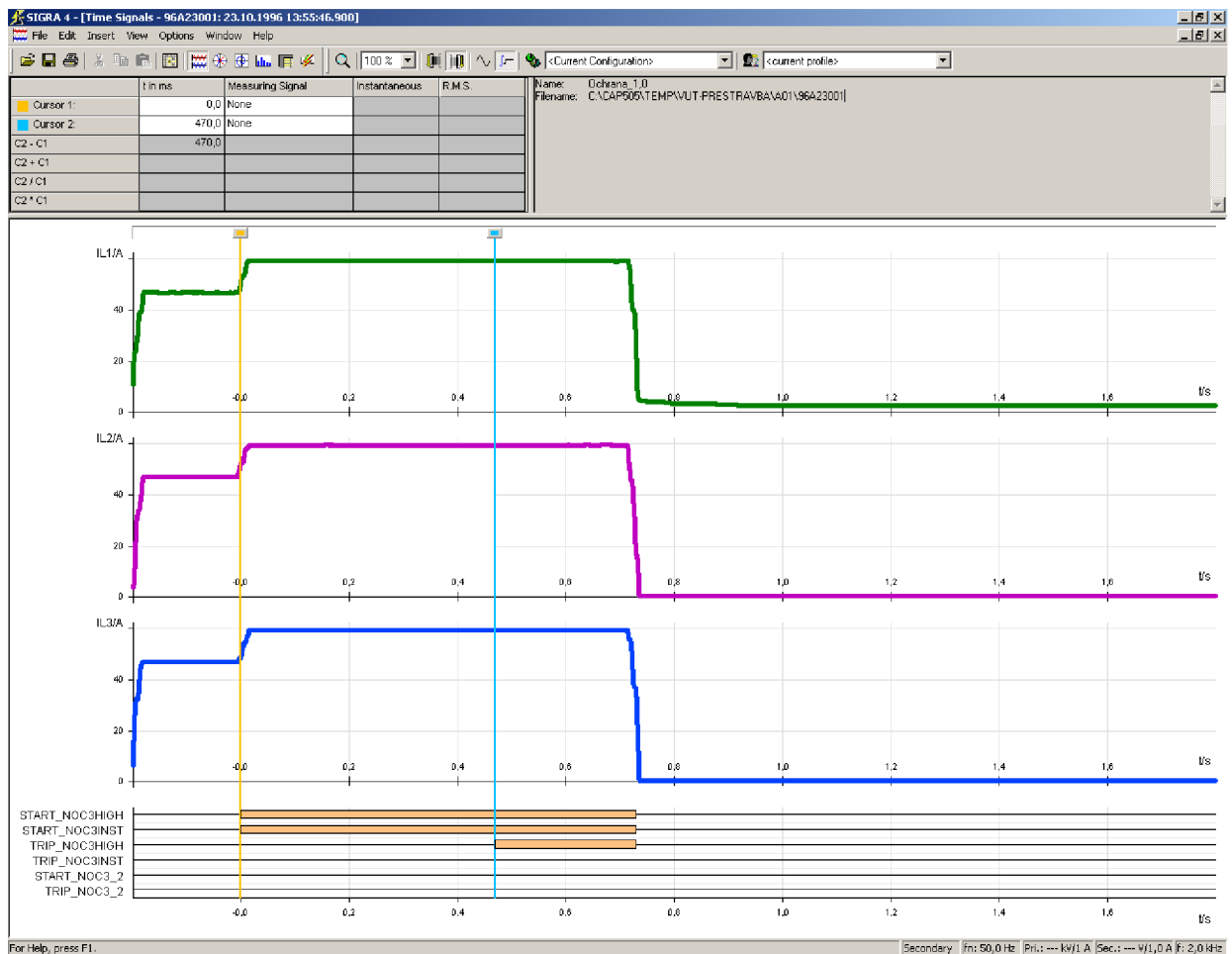
Obr. 7-1 Priebeh testu pri skrate vo vývodovej odbočke

V spodnej časti obrázku sú viditeľné binárne vstupy privedené do poruchového zapisovača. Prvé štyri binárne vstupy sú od ochranného terminálu v prívodnej odbočke. „START\_NOC3HIGH“ je štartovací signál stupňa „high“ nadprúdovej ochrany, ktorý je nastavený na čas pôsobenia 0,5 s. „START\_NOC3INST“ je štartovací signál stupňa „inst“ nadprúdovej ochrany, ktorý je nastavený na čas pôsobenia 1,3 s. „TRIP\_NOC3HIGH“ a „TRIP\_NOC3INST“ sú vypínacie signály uvedených stupňov nadprúdovej ochrany v prívodnej odbočke. Posledné dva binárne vstupy sú od ochranného terminálu umiestneného vo vývodovej odbočke. „START\_NOC3\_2“ je štartovací signál a „TRIP\_NOC3\_2“ je vypínací signál nadprúdovej ochrany umiestenej vo vývodovej odbočke, nastavenej na čas pôsobenia 1 s.

V prvej časti, do žltej čiary, priebehu prúdov na Obr. 7-1 je vidieť stav keď sú prípojnice aj vývodové odbočky bez poruchy. V momente zvýšenia prúdu, od žltej čiary, sa dostávame do poruchového stavu vo vývodovej odbočke. V tomto momente sa nám aktivujú štartovacie signály oboch stupňov nadprúdovej ochrany umiestnenej v prívodnej odbočke ako aj ochrany umiestnenej vo vývodovej odbočke. V čase 1 s, modrá čiara, sa aktivuje vypínací signál vo vývodovej odbočke a dôjde k vypnutiu postihnutej vývodovej odbočky v čase 1,24 s. Stupeň „high“ nadprúdovej ochrany umiestnenej v prívodnej odbočke nedá v čase 0,5 s povel k vypnutiu, pretože je blokovaný štartovacím signálom ochrany umiestnenej vo vývodovej odbočke. Zároveň stupeň „inst“ v prívodnej odbočke nestihne zareagovať, pretože porucha je vypnutá v čase 1,24 s.

Po odstránení poruchy je vidieť z priebehu prúdov v prívodnej odbočke, že je vypnutý iba postihnutá vývodová odbočka a v ostatné vývodové odbočky fungujú bez prerušenia dodávky elektrickej energie.

Na Obr. 7-2 je zobrazený priebeh prúdov v prívodnej odbočke, pri testovaní ochrannej funkcie v prípade skratu na prípojniciach v rozvodni.



Obr. 7-2 Priebeh testu pri skrate na prípojniciach

V spodnej časti obrázku sú opäť viditeľné binárne vstupy privedené do poruchového zapisovača.

V časti do žltej čiary, priebehu prúdov na Obr. 7-2 je vidieť stav keď sú prípojnice aj vývodové odbočky bez poruchy. V momente zvýšenia prúdu, od žltej čiary, vzniká skrat na prípojniciach. V tomto momente sa aktivujú štartovacie signály oboch stupňov nadprúdovej ochrany v prívodnej odbočke ale neaktivuje sa štartovací signál ochrany umiestnenej vo vývodovej odbočke, pretože skrat je pred touto ochranou a ona preto túto poruchu nevyhodnocuje. Stupeň „high“ v tomto prípade nie je blokovaný. V čase 0,5 s sa aktivuje vypínací signál stupňa „high“ nadprúdovej ochrany a dôjde k vypnutiu celej rozvodne v čase 0,7 s. Oneskorenie o 0,2 s je spôsobené citlivosťou ochrany. Po zapôsobení ochrany v prívodnej odbočke už cez prípojnice neprechádza žiaden prúd.

## 8 ZÁVER

Cieľom tejto práce bolo preskúmať problematiku chránenia prípojnic pomocou digitálnych ochranných terminálov, ktorými by bolo možné vytvoriť logickú ochranu prípojnic. Na tento účel boli použité digitálne ochranné terminály REF 543 od firmy ABB. Tieto terminály sú osadené v skúšobných paneloch inštalovaných v laboratóriu elektrických ochrán na Ústave elektroenergetiky na VUT v Brne. Doteraz bolo využitie panelov v rámci vyučovania obmedzené na použitie iba jedného samostatného panelu, ktorý reprezentuje jeden vývod rozvodni. V tej práci sme využili súčasne všetky štyri dostupné skúšobné panely a pracovali sme s nimi ako keby nám predstavovali jednu prívodnú odbočku a tri vývodové odbočky v rozvodnej stanici.

V prvej časti práce sme sa venovali teoretickému rozboru digitálnych ochranných terminálov, objasnili sme si čo sú vlastne prípojnice a ako by sa dala dosiahnuť určitá väzba medzi terminálmi aby spolu komunikovali. Ďalej bolo našou úlohou preskúmať a popísať skúšobné panely. K tomu účelu sme mali k dispozícii výkresovú dokumentáciu, dodanú firmou ABB, ktorá tieto panely vyrobila, a samotné panely, a ktorými bolo potrebné sa podrobne zoznámiť aby sme vedeli ako sú vnútorne zapojené. To sme potrebovali na to aby sme dosiahli náš cieľ a vytvorili logickú ochranu.

V ďalšej časti práci sme preskúmali konfiguráciu jednotlivých ochranných terminálov a upravili ju pre svoje potreby. Pretože pôvodná konfigurácia nepočítala s využitím skúšobných terminálov takým ako sme použili mi. Našou úlohou bolo teda navrhnúť konfiguráciu ochranných terminálov aby sme dosiahli účinnú vzájomnú spoluprácu ochranných terminálov. Tým je myslené to, aby ochranné terminály vypínali len tú časť prípojnicového systému, ktorá je zasiahnutá poruchou. Využili sme systém blokovania nadprúdovej ochrany v prívodnej odbočke povelmi z ochranných terminálov umiestnených vo vývodových odbočkách. Na to sme použili binárne výstupy a vstupy, ktoré sú privedené na prepojovacie vodiče medzi jednotlivými skúšobnými panelmi.

Následne po upravení konfigurácie sme museli otestovať naše predpoklady. Na tento účel sme použili sekundárne testovacie zariadenie ochrán CMC 256plus. Pomocou tohto testovacieho zariadenia sme dokázali simulovať skutočné stavy odohrávajúce sa na prípojniciach a to v bezporuchovom aj poruchovom stave.

Poslednou úlohou bolo stiahnutie si poruchových záznamov a ich zobrazenie a analyzovanie. Na základe týchto výsledkov si dovoľíme tvrdiť, že sa nám podarilo vytvoriť logickú nadprúdovú ochranu prípojnic použiteľnú v reálnej rozvodnej stanici.

## POUŽITÁ LITERATÚRA

- [1] ABB UTILITIES. *Feeder terminal – Product guide*. ABB Utilities. Vaasa 2005
- [2] DOHNÁLEK, P. *Ochrany pro průmysl a energetiku*. SNTL – nakladatelství technické literatury. Praha 1991
- [3] HALUZÍK, E. *Ochrany a jištění energetických zařízení*. Skriptum edičné středisko VUT Brno. Brno 2003
- [4] JANÍČEK, F., *Digitálne ochrany v elektrizačnej sústave*. 1. Vyd. Bratislava : Slovenská technická univerzita, 2004. Edícia vysokoškolských učebníc.
- [5] KULAČ, I., *Testování ochrany transformátoru* . Bakalárska práca. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2011. 52 s.
- [6] ORSÁGOVÁ, J., *Rozvodná zařízení*. Skriptum edičné středisko VUT Brno.
- [7] OMICRON ELECTRONICS. *CMC 256 Hardware*. Omicron electronics. Klaus 2004
- [8] OMICRON ELECTRONICS. *Protection Package*. Omicron electronics. Klaus 2004
- [9] SIEMENS UTILITIES. *Logo! 0BA6 Příručka*. Siemens. Praha 2008