

# 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

TESTOVÁNÍ SROVNÁVACÍCH OCHRÁN

POMOCÍ TESTERU CMC256+

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

JAKUB MACHOVIČ

AUTHOR

BRNO 2011



VYSOKÉ UČENÍ  
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky  
a komunikačních technologií

Ústav elektroenergetiky

# Bakalářská práce

bakalářský studijní obor

**Silnoproudá elektrotechnika a elektroenergetika**

**Student:** Jakub Machovič

**ID:** 119521

**Ročník:** 3

**Akademický rok:** 2010/2011

## NÁZEV TÉMATU:

**Testování srovnávacích ochran pomocí testeru CMC256+**

## POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Srovnávací ochrany.
2. Tester ochran CMC256+.
3. Návrh laboratorní úlohy pro testování srovnávacích ochran.
4. Realizace laboratorní úlohy.

## DOPORUČENÁ LITERATURA:

podle pokynů vedoucího práce

**Termín zadání:** 7.2.2011

**Termín odevzdání:** 26.5.2011

**Vedoucí práce:** doc. Ing. Petr Toman, Ph.D.

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

*Předseda oborové rady*

## UPOZORNĚNÍ:

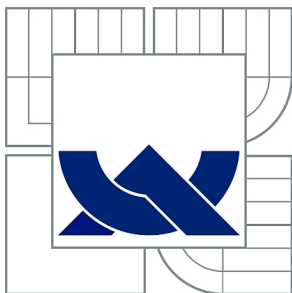
Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

Bibliografická citácia práce:

MACHOVIČ, J. *Testování srovnávacích ochran pomocí testeru CMC256+* . Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2011. 57 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Petr Toman, Ph.D..

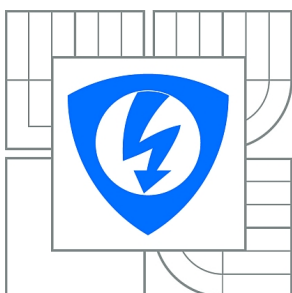
Prehlasujem, že som svoju bakalársku prácu vypracoval samostatne a použil som iba podklady (literatúru, projekty, SW atď.) uvedené v priloženom zozname.

.....



**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

## **TESTOVÁNÍ SROVNÁVACÍCH OCHRAN POMOCÍ TESTERU CMC256+**

TESTING OF THE DIFFERENTIAL PROTECTION RELAYS BY THE TESTER CMC256+

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

BACHELOR'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

**JAKUB MACHOVIČ**

**VEDOUCÍ PRÁCE**

SUPERVISOR

**doc. Ing. PETR TOMAN, Ph.D.**

BRNO 2011

## ABSTRAKT

Bakalárska práca je zameraná na návrh testov a meraní porovnávacích ochrán pomocou testeru CMC 256+. V úvode dokumentu sú rozpracované teoretické poznatky o poruchách elektrických vedení a ich následkoch, ktorým porovnávacie ochrany pomáhajú predchádzať. Ďalej nasleduje popis činnosti porovnávacích ochrán a ich rozdelenie podľa spôsobu porovnávania a kritéria chránenia.

Teoretický rozbor testovania porovnávacích ochrán zahŕňa stručný popis meraní vykonávaných klasickou laboratórnou technikou a podrobný popis merania pomocou testeru CMC 256+, spolu s vysvetlením jeho funkcií.

V práci je zahrnutý popis činnosti a parametre meranej porovnávacej ochrany S-30 od firmy ZPA Trutnov.

Výstupom práce je priložený návrh laboratórnej úlohy zameranej na testy porovnávacej ochrany S-30 spolu s popisom meracieho postupu za použitia CMC 256+. Návrh úloh vychádza z možností, ktoré sú dostupné za pomoci základného obslužného softwaru *Protection package* a z vykonaných meraní.

**KEÚČOVÉ SLOVÁ:** porovnávacie ochrany; CMC 256+; S-30; advanced differential; QuickCMC; EnerLyzer; laboratórna úloha

## ABSTRACT

The bachelor's thesis is focused on the concepting of tests and measurements for the differential protection relays by the tester CMC 256+. At the beginning of the document are elaborated theoretical knowledges of electrical wiring failures and their consequences, which differential protection relays help to prevent. Furthermore, the description of the function of differential protection relays and their splitting by way of comparison and protecting criteria.

Theoretical analysis of differential protection relays testing includes a brief description of measurements carried out by conventional laboratory techniques and a detailed description of the measuring by tester CMC 256 + along with an explanation of its functions.

The thesis include a description of functions and parameters measured by differential protection relay S-30 of the ZPA Trutnov company.

This work is accompanied by a laboratory task concept focusing on comparative tests of S-30 along with a description of the measuring procedure by using CMC 256+. The concept of tasks is based on the options that are available by using the basic operating software *Protection package* and the accomplished measurements.

**KEY WORDS:** differential protection relays; CMC 256+; S-30; advanced differential; QuickCMC; EnerLyzer; laboratory task

## OBSAH

ZOZNAM OBRÁZKOV.....	9
ZOZNAM TABULIEK.....	10
ZOZNAM SYMBOLOV A SKRATIEK.....	11
1 ÚVOD.....	12
2 CHARAKTERISTIKA SÚČASNÉHO STAVU RIEŠENEJ PROBLEMATIKY.....	13
3 CIELE PRÁCE.....	14
4 TEORETICKÝ ROZBOR.....	15
4.1 Poruchy vedení elektrizačnej sústavy a ich dôsledky.....	15
4.1.1 Poruchy na jednej fáze.....	15
4.1.2 Poruchy na dvoch fázach.....	15
4.1.3 Poruchy na troch fázach.....	15
4.1.4 Dôsledky prevádzky poruchového vedenia trojfázovej sústavy.....	16
4.2 Význam porovnávacích ochrán v elektrizačnej sústave.....	16
4.3 Funkcia porovnávacích ochrán.....	16
4.3.1 Väzby ochrán.....	17
4.3.1.1 Blokovacie sústavy s pracovným prúdom.....	17
4.3.1.2 Blokovacie sústavy s kľudovým prúdom.....	18
4.4 Rozdelenie porovnávacích ochrán.....	19
4.4.1 Rozdelenie podľa spôsobu porovnávania.....	19
4.4.1.1 S priamym porovnávaním.....	19
4.4.1.2 S nepriamym porovnávaním.....	20
4.4.2 Rozdelenie ochrán podľa kritéria chránenia.....	20
4.4.2.1 Ochrany s porovnávaním veľkostí prúdov.....	20
4.4.2.2 Ochrany s napäťovým porovnávaním.....	21
4.4.2.3 Ochrany s porovnávaním fázových uhlov.....	21
4.4.2.4 Ochrana detekciou šírenia poruchových vln.....	22
5 MERANIE POROVNÁVACÍCH OCHRÁN.....	23
5.1 Meranie pomocou klasickej laboratórnej techniky.....	23
5.1.1 Závislosť rozbehového poruchového prúdu na odpore spojovacieho vedenia.....	23
5.1.2 Závislosť rozbehového skratového prúdu na prúde chráneným vedením.....	24
5.2 Prístroj CMC 256+.....	24
5.2.1 Prehľad modulov v skupine Advanced differential.....	25
5.2.1.1 Skúška konfigurácie ochrany.....	25
5.2.1.2 Skúška vypínacej charakteristiky rozdielovej ochrany.....	26
5.2.1.3 Skúška vypínacích časov rozdielovej ochrany.....	26
5.2.1.4 Skúška blokovania ochrany vyššími harmonickými.....	26
5.2.2 Príprava skúšky ochrany pomocou CMC 256+.....	26
5.2.2.1 Vytvorenie vonkajšieho rámca skúšobného dokumentu.....	26
5.2.2.2 Zadanie parametrov meracích relé a meraných zariadení.....	27
5.2.2.3 Zadanie parametrov ochrany.....	27
5.2.2.4 Zadanie parametrov pre blokovanie vyššími harmonickými.....	28
5.2.2.5 Konfigurácia hardwaru a skúšobného prístroja.....	28
5.2.3 Vykonanie skúšky.....	29
5.2.3.1 Skúška konfigurácie ochrany popripade systému.....	29
5.2.3.2 Skúška vypínacej charakteristiky rozdielovej ochrany.....	29
5.2.3.3 Skúška vypínacích časov rozdielovej ochrany.....	31
5.2.3.4 Skúška blokovania ochrany vyššími harmonickými.....	31
5.2.4 Použitie základného balíku modulov pri meraní porovnávacích ochrán.....	32
5.2.4.1 QuickCMC.....	32

---

5.2.4.2 EnerLyzer.....	33
6 POROVNÁVACIA OCHRANA S-30.....	34
6.1.1 Vyhotovenie ochrany.....	34
6.1.2 Popis činnosti ochrany.....	34
6.1.3 Technické parametre.....	36
7 VLASTNÝ PRIEBEH TESTOVANIA.....	37
7.1 Zapojenie testovanej ochrany S-30.....	37
7.2 Základné nastavenia HW pre meranie.....	38
7.3 OMICRON TEST UNIVERSE v2.40 SR 1.....	38
7.3.1 Príprava na meranie – OMICRON QuickCMC.....	39
7.3.2 Príprava na meranie – OMICRON EnerLyzer.....	40
7.3.3 Nastavenia a výsledky jednotlivých meraní.....	40
7.3.3.1 Testovanie reakcie S-30 na zmenu veľkosti jednej fázy.....	40
7.3.3.2 Testovanie reakcie porovnávacej ochrany na zmenu uhlu jednej fázy.....	46
7.3.3.3 Testovanie reakcie porovnávacej ochrany S-30 na rotáciu symetrickej hviezdy výstupných prúdov .....	47
8 ZÁVER.....	48
8.1 Ciele dosiahnuté v práci.....	48
8.2 Priebeh návrhu laboratórnej úlohy.....	48
8.3 Predpokladaný vývoj práce.....	49
POUŽITÁ LITERATÚRA.....	50
PRÍLOHA.....	51



**ZOZNAM OBRÁZKOV**

Obr. 4.1 Vázby ochrán.....	17
Obr. 4.2 Blokovácia sústava s pracovným prúdom.....	18
Obr. 4.3 Sčítací transformátor.....	19
Obr. 4.4 Pozdĺžna diferenciálna ochrana s prúdovým porovnávaním.....	20
Obr. 4.5 Princíp porovnávej ochrany s napät'ovým porovnávaním.....	21
Obr. 4.6 Princíp fázovej porovnávej ochrany.....	22
Obr. 4.7 Vlnový princíp ochrany vedenia.....	22
Obr. 6.1 Schematické zapojenie súpravy S-30A + S-30P.....	35
Obr. 7.1 Bloková schéma zapojenia .....	37
Obr. 7.2 Úvodná stránka OMICRON TEST UNIVERSE.....	38
Obr. 7.3 Nastavenie analógových výstupov prúdu.....	39
Obr. 7.4 Nastavenie binárneho vstupu pre spúšťaciu podmienku.....	39
Obr. 7.5 Nastavenie analógového vstupu pre prúdovú sondu .....	40
Obr. 7.6 Nastavenie počiatočných podmienok v QuickCMC.....	41
Obr. 7.7 Nastavenie počiatočných podmienok v EnerLyzer.....	42
Obr. 7.8 Výsledok testu znižovania prúdu vo fáze.....	43
Obr. 7.9 Ukážka zápisu v skúšobnom protokole.....	43
Obr. 7.10 Pribeh prúdu spojovacím vedením v čase.....	44
Obr. 7.11 Zloženie harmonických zložiek prúdu spojovacieho vedenia na začiatku (vľavo) a konci (vpravo) merania.....	45
Obr. 7.12 Zobrazenie vektorov prúdu v spojovacom vedení na začiatku (vľavo) a konci (vpravo) merania.....	45
Obr. 7.13 Číselné zobrazenie nameraných hodnôt v časovom bode.....	46
Obr. 7.14 Výsledok testu znižovania fázového uhlu jednej fázy.....	46
Obr. 7.15 Výsledok testu zvyšovania fázového uhlu jednej fázy.....	47
Obr. 7.16 Meranie rotácie symetrickej hviezdy na výstupe chráneného objektu.....	47

---

## **ZOZNAM TABULIEK**

Tab. 4-1 Tabuľka pomerných prúdov na výstupe.....	19
Tab. 6-1 Technické parametre ochrany S-30.....	36

**ZOZNAM SYMBOLOV A SKRATIEK**

AC	označenie striedavej veličiny
DC	označenie jednosmernej veličiny
I	prúd vedením
I1 L1	prúd prvej fázy na vstupe
I1 L2	prúd druhej fázy na vstupe
I1 L3	prúd tretej fázy na vstupe
I2 L1	prúd prvej fázy na výstupe
I2 L2	prúd druhej fázy na výstupe
I2 L3	prúd tretej fázy na výstupe
In	menovitý prúd
$I_0$	netočivá zložka prúdu
$I_1$	súsledná zložka prúdu
$I_2$	spätaná zložka prúdu
$I_{diff}$	rozdielový prúd
$I_R$	prúd fázou R
$I_S$	prúd fázou S
$I_{stab}$	stabilizačný prúd
$I_T$	prúd fázou T
$I_V$	vyrovnávací prúd
L1	prvá fáza
L2	druhá fáza
L3	tretia fáza
l	pomer vinutia sčítacieho transformátoru l
m	pomer vinutia sčítacieho transformátoru m
N	neutrálny vodič
n	pomer vinutia sčítacieho transformátoru n
$p_0$	prevod netočivej zložky prúdu
$p_1$	prevod súslednej zložky prúdu
$p_2$	prevod spätnej zložky prúdu
$I_j$	obvodová zložka prúdu vtekajúca/vytekajúca
PTN	prístrojový transformátor napätia
PTP	prístrojový transformátor prúdu
R	fáza R
S	fáza S
T	fáza T
vf.	skratka „vysokofrekvenčný“
YD	prechod hviezda-trojuholník
YDY	prechod hviezda-trojuholník-hviezda
$Z_V$	impedancia spojovacej slučky
$\alpha$	citlivosť ochrany na poruchový uhol
$\Delta I$	rozdielový prúd spojovacieho vedenia
$\Delta\varphi$	poruchový uhol

# 1 ÚVOD

V dnešnej dobe sa kladie veľký dôraz na bezpečnosť prevádzky ako aj na ochranu zdravia a života. Aby bolo možné dodržať prísne bezpečnostné kritériá, každá časť elektrickej inštalácie, od elektrárne až po miesto spotreby elektrickej energie, musí byť patričným spôsobom chránená. Tým sa dosiahne minimalizácia škôd pri jej poruche. Elektrické ochrany a istiace prvky sú preto neoddeliteľnou súčasťou každej elektroinštalácie.

V oblasti elektroenergetiky, ktorá sa zaoberá výrobou, prenosom a rozvodom elektrickej energie sa na procese ochrany podieľa obrovské množstvo rôznych typov ochrán. Jedným z nich sú práve porovnávacie ochrany.

V teoretickej časti nasledovnej práce sú uvedené a vysvetlené poruchové stavy, pri ktorých sa tento druh ochrán uplatňuje. Rovnako tak sú uvedené informácie o delení a funkcii porovnávacích ochrán. Ďalej sa táto práca zaoberá popisom meraní na porovnávacích ochránach, a to hlavne za pomoci prístroja CMC256+, ktorý bol špeciálne navrhnutý na testovanie rôznych typov ochrán. Pre tento účel je vybavený sofistikovaným softwarom, ktorý uľahčuje prácu a šetrí čas.

Praktická časť práce je výsledkom aplikácie získaných teoretických poznatkov pri testovaní porovnávacej ochrany S-30P. Testy vykonané na ochrane, a následne popísané v praktickej časti práce, nie sú presným odzrkadlením jeho teoretickej časti. Je to zapríčinené absenciou softwaru pre komplexné merania ochrán a obmedzením sa iba na základné funkčné moduly prístroja CMC 256+.

## **2 CHARAKTERISTIKA SÚČASNÉHO STAVU RIEŠENEJ PROBLEMATIKY**

Vďaka technickému pokroku v elektrotechnike, informačných technológiách, alebo v ktoromkoľvek inom odvetví je možné konštruovať stále novšie a dokonalejšie zariadenia. To sa dotýka aj meracích a skúšobných zariadení. Z tohto dôvodu sa vytvárajú a inovujú postupy skúšok a meraní. Tieto zákonitosti platia samozrejme aj pre oblasť energetiky.

Aby bolo možné udržať krok s dobou, je potrebné riešiť tento problém už na počiatku, pri vzdelávaní. Práve preto je potrebné prenášať modernizované postupy aj na pôdy škôl tak, aby sa teoretické a praktické vedomosti ich absolventov, v rámci možností, čo najviac približovali súčasným požiadavkám pre prax.

Táto práca sa zaoberá práve návrhom laboratórnej úlohy pre meranie porovnávacej ochrany S-30 za použitia moderného testovacieho zariadenia CMC 256+ firmy OMICRON. Pôvodná úloha je stavaná ako jednofázová skúška spomenutej ochrany s meracími postupmi, ktoré sú zaťažené značne vyššími chybami oproti automatizovaným počítačom riadeným meraniam.

### **3 CIELE PRÁCE**

Cieľom tejto práce je teoretický rozbor porovnávacích ochrán používaných v elektroenergetike a merania týchto ochrán pomocou prístroja CMC 256+. Následným praktickým výstupom by mal byť súbor niekoľkých testov na porovnávacej ochrane S-30 a vytvorenie laboratórnej úlohy na túto tému.

## 4 TEORETICKÝ ROZBOR

Text v tejto kapitole sa zaoberá teóriou konštrukcie a funkcie porovnávacích ochrán, ako aj spôsobmi ich merania. Informácie, schémy zapojenia a vzorce pre spracovanie nasledovného textu boli čerpané z literatúry uvedenej v zozname. Odkazy na zdroj sú na konci príslušných odstavcov.

### 4.1 Poruchy vedení elektrizačnej sústavy a ich dôsledky

Na začiatok si určíme štyri základné pojmy pri poruchách na vedení:

- zemný skrat                      – vzniká v sústave s účinne uzemneným neutrálnym bodom
- zemné spojenie                – vzniká v sústave s neúčinne uzemneným neutrálnym bodom
- fázový skrat                 – vzniká vzájomným spojením fázových vodičov
- prerušenie fáz                – vzniká mechanickým poškodením, prepálením alebo poruchou spínania automatiky

[1]

#### 4.1.1 Poruchy na jednej fáze

Najčastejšou poruchou (až 95% prípadov) je jednofázový skrat, alebo zemné spojenie. Príčinou môže byť zlá údržba vonkajších káblových trás, čím dochádza k priamemu spojeniu okolitého porastu s fázovým vodičom, alebo k preskoku oblúku medzi porastom a vodičom [1].

Jednofázový skrat má za následok pokles napätia a nárast prúdu v mieste spojenia z dôvodu nízkej impedancie slučky. Je najmenej závažný z hľadiska spotrebiteľa oproti viacfázovým skratom [1].

Zemné spojenie jednej fázy neposkytuje bezprostredné ohrozenie pre spotrebiteľskú prevádzku, no miesto takejto poruchy je nebezpečným pre živé bytosti. Taktiež na rozvodných zariadeniach vzniká nebezpečné prepätie [1].

#### 4.1.2 Poruchy na dvoch fázach

Dvojfázový skrat je vzájomné spojenie dvoch fázových vodičov, či už preskokom oblúka (vplyvom poveternostných podmienok), alebo priamym (galvanickým) spojením fázových vodičov [1].

Vzájomné spojenie dvoch fáz a zeme v sústave s účinne uzemneným neutrálnym bodom sa nazýva dvojfázový zemný skrat. Spôsobuje nevyváženosť sústavy a v mieste poruchy rapídny pokles fázových a združených napätí [1].

Poslednou z dvojfázových porúch je dvojité zemné spojenie. Už z názvu vyplýva, že ide o poruchu v sústave s neúčinne uzemneným neutrálnym uzlom. Vzniká prepojením dvoch fáz cez zem [1].

#### 4.1.3 Poruchy na troch fázach

Trojfázový skrat je najzávažnejšou poruchou aká môže na vedení nastať. Ohrozuje dynamickú stabilitu sústavy, a preto je nutné miesto s takouto poruchou čo najrýchlejšie odpojiť od napájania. Pri takejto poruche prudko poklesnú napätia a vzrastú prúdy vo fázach [1].

#### 4.1.4 Dôsledky prevádzky poruchového vedenia trojfázovej sústavy

- prepätie: môže byť príčinou vzniku ďalších porúch (vplyvom znižovania elektrickej pevnosti izolácie vzniká riziko ďalšieho skratu)
  - prúdové preťaženie: jeho vplyvom vzniká teplo, ktoré znižuje mechanickú pevnosť vodičov, poškodzuje izoláciu, či znižuje životnosť iných prvkov vedenia
  - nesúmernosť: nesúmernosť prúdov a napätí je nebezpečná pre točivé stroje. Spôsobuje prehrievanie rotorového vinutia
- [2]

## 4.2 Význam porovnávacích ochrán v elektrizačnej sústave

Z hľadiska distribúcie elektrickej energie porovnávacie ochrany slúžia na zaistenie stability elektrizačnej siete a ochranu elektrických vedení. V prípade vyhodnotenia poruchy na vedení odpoja daný úsek od napájania, čím sa predíde škodám na samotnom vedení, zariadeniach pripojených na vedenie, ako aj riziku zranenia či úmrtia v blízkosti bodu, kde k poruche došlo [1].

Použitie porovnávacích ochrán môže byť rôzne. Vďaka tomu že porovnávajú veličiny na začiatku a konci chráneného objektu, nevypínajú pri výkonovom preťažení [1].

## 4.3 Funkcia porovnávacích ochrán

Porovnávacie ochrany porovnávajú veličiny na začiatku a na konci meraného úseku vedenia, alebo zariadenia. Nie sú stupňovými ochrami, čo znamená, že účinkujú iba na svojom chránenom úseku. Informácie o veličinách získavajú z vedenia za pomoci meracích transformátorov prúdu, alebo napätia. Namerané hodnoty si medzi sebou vymieňajú a rozhodujú tak, či je chránený objekt v bezporuchovom stave, alebo sa na ňom vyskytla porucha. Obecne musí platiť rovnosť prúdov na začiatku  $\Delta I$  a na konci zariadenia  $I_j$ . Preto v bezporuchovom stave platí [1]:

$$\Delta I = \left| \sum_{j=1}^k I_j \right| = 0 \quad (A; A) \quad (4.1)$$

Porovnávanie meraných veličín môže prebiehať priamo v súčtových transformátoroch, alebo nepriamo za pomoci obslužného programu v ochrane [1].

Medzi ich výhody patrí rýchla reakcia na poruchu a dobrá selektivita. Dajú sa použiť pre krátke vedenia, kde nemožno použiť distančné ochrany z dôvodu malej impedancie. Vďaka ich závislosti na smere toku výkonu, a nie na jeho veľkosti, môžu byť zaradené na silne namáhané vedenia. Tiež ich možno použiť na dvojité (paralelné) vedenia a vedenia v tvare T [1]. Na druhej strane tieto ochrany majú aj svoje nevýhody. Pri asynchrónnom chode generátora pripojeného na elektrizačnú sústavu môžu vyhodnotiť chybu na vedení. Rozlišovacia schopnosť smerových ochrán pri trojfázovom skrate je pomerne zlá. Fázová ochrana netrpí týmto nedostatkom. Jej nevýhodou je naopak vplyv kapacitných prúdov na prenosovom vedení [1].

Pri všetkých typoch porovnávacích ochrán musíme dbať na kvalitu spojovacieho vedenia. Keďže nie je možné opomenúť ani ekonomickú stránku, a spojovacie vedenia na veľké



vzdialenosti (nad 20 km) sú nerentabilné, využíva sa vysokofrekvenčná komunikácia prostredníctvom silového vedenia. Ochrana odosiela a prijíma informácie prostredníctvom vf. meniča. Na prenos sa používa jedna fáza. Kondenzátor pre vysoké napätia odfiltruje vf. signál, z ktorého sú ďalej za pomoci filtra kondenzátor-transformátor prenesené do vf. meniča iba žiadané frekvencie. Tlmivka za ochranou bráni prenosu vf. signálu ďalej do vedenia [1].

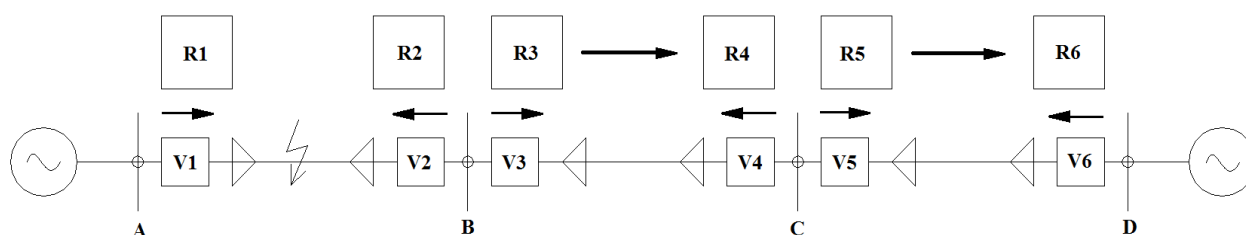
### 4.3.1 Väzby ochrán

Ako už bolo spomenuté, porovnávacie ochrany nie sú stupňovými ochranami. Sú autonómnymi ochranami na svojom chránenom úseku. Keďže však porucha na ich úseku vyvolá prechodové stavy na celom vedení, je nutné zaistiť, aby nedochádzalo k vypínaniu úsekov bez poruchy, a aby miesto s poruchou bolo vypnuté v čo najkratšom čase. Preto každá ochrana obsahuje okrem prúdového indikátora aj smerový indikátor. To umožní rýchlo rozoznať miesto poruchy a zabrániť reakcii ostatných ochrán [2].

Vzájomné blokovanie ochrán je naznačené na *Obr. 4.1*. **R1-R6** označujú jednotlivé ochrany na úseku vedenia s príslušnými vypínačmi **V1-V6** pri jednotlivých prípojniciach **A-D**. Rozoznávame niekoľko druhov väzieb porovnávacích ochrán, z ktorých najdôležitejšie sú [2]:

- Blokovacie sústavy – blokujú impulzy pre vypínače na ostatných ochranách
  - a) s pracovným prúdom
  - b) s kludovým prúdom
- Uvoľňovacie sústavy – dochádza k uvoľneniu impulzu pre vypínač
  - a) s pracovným prúdom s uvoľňujúcim návěstím
  - b) s kludovým prúdom s blokujúcim návěstím

[2]



*Obr. 4.1 Vázby ochrán*

Podrobnejšie sa budeme venovať iba blokovacím sústavám, na princípoch ktorých boli vyvinuté ďalšie sústavy [2].

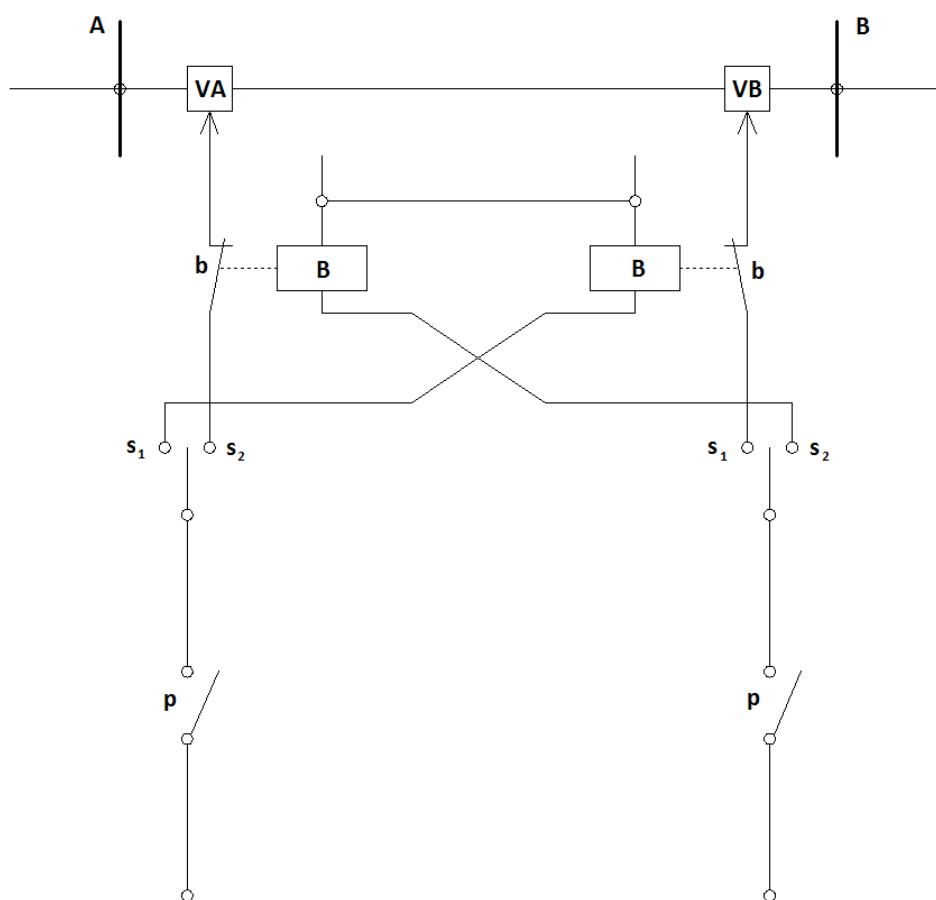
#### 4.3.1.1 Blokovacie sústavy s pracovným prúdom

Princiálne môže byť ich činnosť vysvetlená na *Obr. 4.2*. Blokovacie relé **B** sú stavané ako vypínače. To znamená, že pri bezporuchovej prevádzke sú kontakty **b** trvale zopnuté. Ak sa na vedení vyskytne skrat, bude zaznamenaný obomi nadprúdovými, popudovými členmi, ktoré vydajú povel k zopnutiu kontaktov **p**. Zároveň smerové členy vyhodnotia smer toku energie. Pokiaľ bude tok energie smerom do chráneného úseku, zopne sa kontakt do polohy **s<sub>1</sub>**, pri toku energie von z úseku zopne spínač do polohy **s<sub>2</sub>** [2].

V prípade poruchy chráneného úseku budú oba smerové spínače v polohe  $s_1$ , a tým sa dostanú obe vypínacie cievky  $V_A$  a  $V_B$  pod napätie, čo spôsobí odpojenie úseku [2].

V prípade kedy je jeden z vypínačov v polohe  $s_2$ , umožní tok energie k blokovaciemu relé na druhej strane vedenia, čím zabráni nežiadanému vypnutiu úseku vedenia [2].

Za nevýhodu tohto spôsobu blokovania je považovaný fakt, že prúd tečie spojovacím vedením iba v prípade skratu. Pri poškodení spojovacieho vedenia by to malo za následok nežiadúce vypnutie zdravého úseku vedenia. Tento problém odstraňuje komunikácia vF. prenosom po silovom vedení. Ak nie je porucha na danom úseku vedenia, bude daný úsek schopný viesť blokovací signál [2].



Obr. 4.2 Blokovacia sústava s pracovným prúdom

#### 4.3.1.2 Blokovacie sústavy s kľudovým prúdom

Pri tomto spôsobe blokovania sa rovnako využívajú vypínacie blokovacie relé. Tie sú však po celú dobu bezporuchovej prevádzky rozopnuté (pod napätím). Pri poruche na chránenom úseku musí byť prerušený tok energie do blokovacích relé, aby mohli zopnúť a umožniť vypnutie daného úseku [2].

Tento spôsob má tiež svoje nevýhody. Aj keď je zaistená stála kontrola prenosovej cesty medzi ochranami, pri jej poruche dôjde k vypnutiu chráneného úseku bez toho aby na vedení nastal skrat [2].

## 4.4 Rozdelenie porovnávacích ochrán

Porovnávacie ochrany sa dajú rozdeliť podľa niekoľkých kritérií.

### 4.4.1 Rozdelenie podľa spôsobu porovnávania

Prvým a hlavným kritériom je spôsob porovnávania. Podľa neho existujú dva druhy ochrán:

#### 4.4.1.1 S priamym porovnávaním

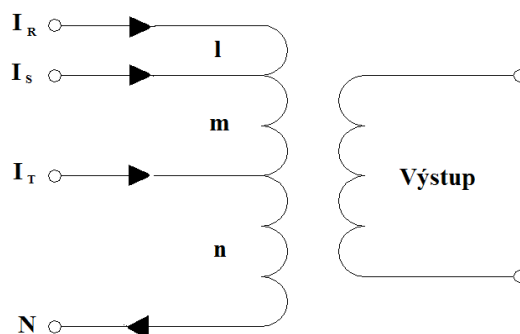
Porovnávajú reálne veličiny získané na začiatku a na konci meraného objektu, sú obmedzené vzdialenosťou medzi porovnávanými koncami zariadenia. Na príliš dlhých spojovacích vedeniach nastáva útlm amplitúd signálu, čo môže mať za následok chybné vyhodnotenie poruchy [2].

Aby pri ochrane trojfázového vedenia nebolo potrebné medzi ochranami viesť trojfázovú komunikačnú linku, boli vyvinuté dva spôsoby redukcie počtu vodičov. Predpokladom pre zavedenie akejkoľvek redukcie je nutnosť reakcie na každú formu skratu, aby pri poruche nikdy nebola na komunikačnom kanále nulová hodnota. Dnes sa používajú redukcie [2]:

a) **sčítacím transformátorom** – princíp je možné vidieť na *Obr. 4.3*. Cievky pre jednotlivé fázy sú dané voči sebe do predom stanoveného pomeru. Takto konštruované zariadenie má schopnosť rozlišovať skraty a prenášať ich k ochrane za pomoci dvojžilového vedenia. Priradenie pomerného prúdu k určitému typu poruchy zobrazuje *Tab. 4-1* [2].

Tab. 4-1 Tabuľka pomerných prúdov na výstupe

Skrat vo fáze	Pomerný prúd
RN	$1 + m + n$
SN	$m + n$
TN	$n$
RS	1
ST	$m$
TR	$n$
RST	$\sqrt{1 + m^2 + n^2}$



Obr. 4.3 Sčítací transformátor

b) **filtrum súmerných zložiek** – v tomto prípade je signál prenášaný vedením vyhodnotený ako lineárna kombinácia súmerných zložiek skratového prúdu [2].

$$\mathbf{I} = p_1 \mathbf{I}_1 + p_2 \mathbf{I}_2 + p_0 \mathbf{I}_0 \quad (A; -, A, -, A, -, A) \quad (4.2)$$

#### 4.4.1.2 S nepriamym porovnávaním

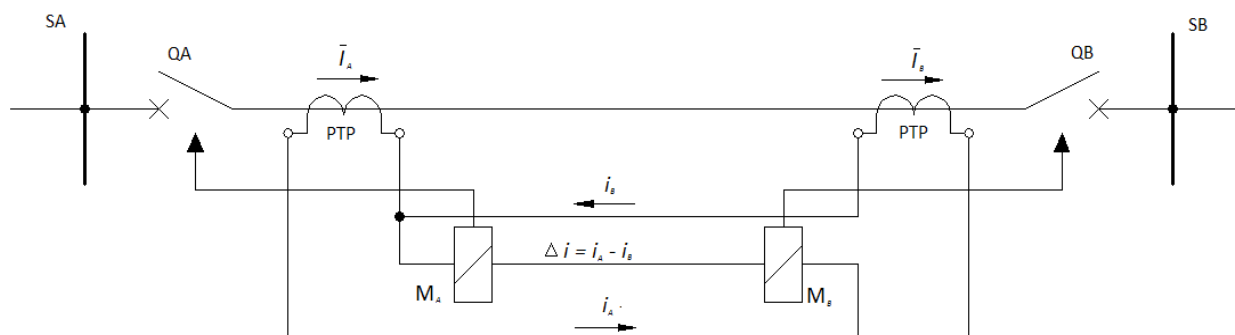
Na začiatku a konci meraného objektu sú snímané hodnoty veličín, ale ochrany spolu komunikujú na číslicovej úrovni. Lokalizáciu a vyhodnotenie poruchy má potom na starosti obslužný program zakomponovaný v ochrane. Na prenos sa používajú oznamovacie metalické vedenia, optické káble, či bezdrôtové komunikačné cesty. Často používaným spôsobom komunikácie je vysokofrekvenčný prenos po silovom vedení [2].

#### 4.4.2 Rozdelenie ochrán podľa kritéria chránenia

Druhým spôsobom delenia je rozlišovanie kritéria chránenia. Od toho sa do istej miery odvíjajú aj možnosti použitia daného typu ochrán.

##### 4.4.2.1 Ochrany s porovnávaním veľkostí prúdov

Takáto ochrana porovnáva veľkosti prúdov na začiatku a konci zariadenia. V tomto prípade medzi prípojnicami **SA** a **SB**. Je to efektívny spôsob ochrany vedení a prípojnic elektrických staníc. Ako je možné vidieť na *Obr. 4.4*, vstupujúci prúd  $I_A$  je porovnávaný s prúdom výstupným  $I_B$ . Ochrany sú napájané z prúdových transformátorov (**PTP**), čím získame porovnávané prúdy  $i_A$  a  $i_B$ . Pokiaľ je chránené vedenie v bezporuchovom stave, majú tieto prúdy rovnakú veľkosť a ich rozdiel  $\Delta I$  je nulový. Ak by nastal na chránenom úseku vedenia skrat, platnosť rovnosti by zanikla. V tom prípade by ochrany na oboch koncoch vyhodnotili chybu na svojom úseku a okamžite vyslali povely na svoje výkonové vypínače **QA** a **QB**, čím by došlo k odpojeniu daného úseku. Je jasné, že nulový prúd tečúci medzi ochranami je len idealizovaný stav. Preto je nutné na ochrane nastaviť hranicu rozdielového prúdu, pri ktorej má ochrana účinkovať [1].



Obr. 4.4 Pozdĺžna diferencálna ochrana s prúdovým porovnávaním

#### 4.4.2.2 Ochrany s napät'ovým porovnávaním

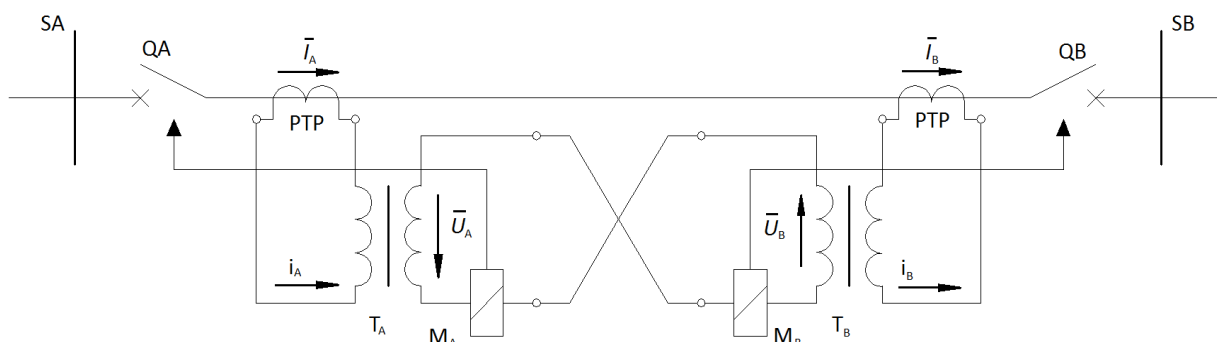
Rovnako ako u predchádzajúcej ochrany, je aj táto (Obr. 4.5) napájaná za pomoci **PTP** na danom konci vedenia. Prúd z meracieho transformátora je následne v špeciálnom transformátore ( $T_A$  a  $T_B$ ) prevedený na napätie [1]:

$$U_A = k i_A \quad (V; -, A) \qquad U_B = k i_B \quad (V; -, A) \quad (4.3)$$

Polarita výstupného napätia spojovacieho vedenia je závislá od smeru vstupného prúdu. Pri poruche na chránenej časti vedenia vznikne vyrovnávací prúd [1]

$$I_V = \frac{U_A - U_B}{Z_V} \quad (A; V, V, \Omega) \quad (4.4)$$

Ten zabezpečí pôsobenie ochrán.  $Z_V$  je impedancia spojovacej slučky medzi ochranami. Napätia  $U_A$  a  $U_B$  sú pri bezporuchovom stave na vedení rovnako veľké a majú rovnakú fázu. To je predpokladom pre nulový prúd  $I_V$  tečúci slučkou. Rovnako ako pri predošlej ochrane, ani v tomto prípade nie je možné zaručiť nulový rozdiel napätí a musí sa nastaviť hodnota rozdielového napätia pre účinkovanie ochrany [1].



Obr. 4.5 Princíp porovnávacej ochrany s napät'ovým porovnávaním

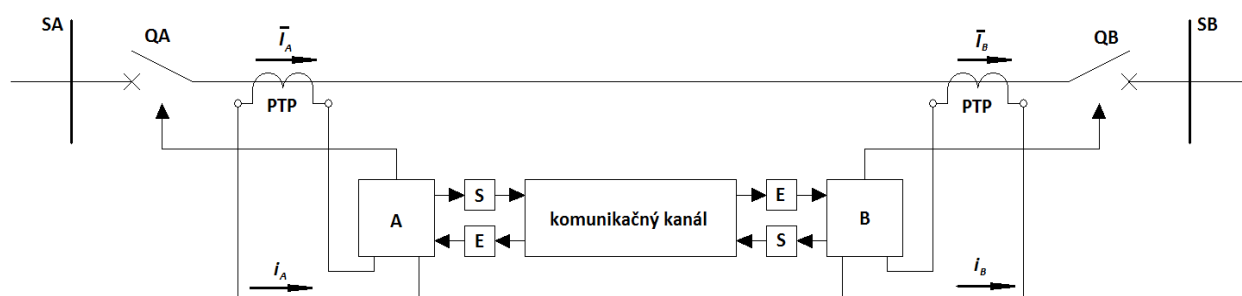
#### 4.4.2.3 Ochrany s porovnávaním fázových uhlov

Tento typ ochrany porovnáva veľkosti fázy prúdu. Takto stavaná ochrana má možnosť odstrániť problém s útlmom amplitúd na dlhých vedeniach zaradením zosilňovačov amplitúdy do spojovacej cesty. Jedinou požiadavkou na komunikačný kanál je verný prenos fázy. Spojovacie vedenie medzi ochranami však obsahuje priečne admitancie, ktoré pri prenose deformujú signál získaný na vedení. Pri skrate však dochádza k skokovej zmene, kedy sa fázor obráti. To nám umožňuje nastaviť citlivosť ochrany na nami požadovanú hodnotu. Ak  $\alpha$  je nastavená citlivosť ochrany, pre poruchu  $\Delta\varphi$  potom musí platiť [1]:

$$|\Delta\varphi| > \alpha \quad (rad; rad) \quad (4.5)$$

Na Obr. 4.6 je vykreslená fázová ochrana s nepriamym porovnávaním. Na každej strane vedenia sníma ochrana za pomoci **PTP** fázor prúdu. Pri bezporuchovej prevádzke majú tieto prúdy opačný smer. Ochrana na každom konci vedenia obsahuje vysieláč, prijímač a logický člen AND. Predpokladajme, že program v ochrane vyhodnocuje kladnú polvlňu ako jednotku a zápornú polvlňu ako nulu. V logickom člene bude za normálnej prevádzky vždy jeden vstupujúci

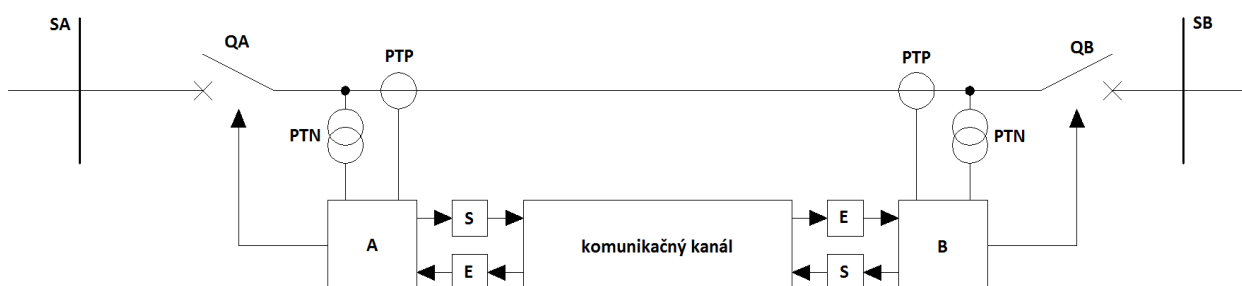
signál nulový a druhý jednotkový. Až keď nastane skrat, zmení sa fázor výstupného prúdu a na logických členoch sa objavia súčasne dve jednotky, ktoré rozhodnú o vypnutí poškodeného úseku vedenia. V každej ochrane sa vyhodnocujú údaje o poruche samostatne [1].



Obr. 4.6 Princíp fázovej porovnávacej ochrany

#### 4.4.2.4 Ochrana detekciou šírenia poruchových vln

Vznik poruchy na vedení vyvolá prechodnú zložku napätia a prúdu, ktorá sa šíri vedením. Po určitom čase prechodný stav doznie. Ochrana zaznamenáva poruchu odčítavaním ustálených zložiek napätia a prúdu od nameraných veličín. Poruchovú zložku je tak možné zaznamenať pri frekvencii 50 Hz do 5 ms. Základom pre identifikáciu poruchy je vlnový princíp. Ten vie však identifikovať iba smer poruchy a pre spoľahlivosť ochrany sa dopĺňa o impedančný princíp chránenia, ktorý dokáže identifikovať aj miesto poruchy (Obr. 4.7) [1].



Obr. 4.7 Vlnový princíp ochrany vedenia

## 5 MERANIE POROVNÁVACÍCH OCHRÁN

V tejto časti budú rozpracované spôsoby merania porovnávacích ochrán. Prvým spôsobom je meranie ochrán za pomoci bežného a nenáročného laboratórneho vybavenia. V tomto prípade je však možné zmerať len minimum parametrov. Druhý spôsob merania využíva modernú a sofistikovanú meraciu technológiu – prístroj CMC 256+.

### 5.1 Meranie pomocou klasickej laboratórnej techniky

Pri meraní klasickej laboratórnou technikou máme možnosť zmerať závislosť veľkosti rozbehového poruchového prúdu na odpore spojovacieho vedenia a závislosť rozbehového skratového prúdu v závislosti na prúde vedením. Vypínacie časy sú príliš krátke na to aby sme ich mohli merať bez presných zariadení.

Keďže tento spôsob merania porovnávacích ochrán nie je cieľom tejto práce, bude popis meracích metód zostručnený.

#### 5.1.1 Závislosť rozbehového poruchového prúdu na odpore spojovacieho vedenia

Toto meranie má za účel overiť nedostatky ochrany s priamym porovnávaním. Pri zvýšení odporu spojovacieho vedenia klesá rozdielový prúd na spojovacej linke pri konštantnom poruchovom prúde. Z toho dôvodu je použitie takýchto ochrán vzdialenostne obmedzené. V nasledujúcich bodoch bude stručne rozobratý princíp merania.

##### Postup:

- a) Prvým krokom je zapojenie ochrán na vedenie. Budeme simulovať poruchu/skrat medzi fázou a neutrálnym vodičom, medzi ktoré zapojíme regulovateľný odpor a ampérmeter. Rovnako tak zapojíme ampérmeter s regulovateľným odporom do spojovacieho vedenia medzi ochranami.
- b) Nastavíme počiatočnú hodnotu odporu spojovacieho vedenia, ktorú zaznamenáme do tabuľky, a odporu medzi fázou a neutrálnym vodičom.
- c) Na ochrane nastavíme toleranciu rozdielového prúdu.
- d) Uvedieme sústavu do chodu a budeme pomaly zvyšovať poruchový prúd znižovaním odporu medzi fázou a neutrálnym vodičom až do chvíle, kedy ochrana zareaguje. Zapišeme poslednú zaznamenanú hodnotu poruchového prúdu pred reakciou ochrany.
- e) Po tomto kroku zvýšime odpor spojovacej cesty a opakujeme predošlý postup. Takto vytvoríme niekoľko bodov.
- f) Vytvoríme graf závislosti poruchového prúdu od odporu spojovacieho vedenia čím je meranie ukončené.

[3]

Toto meranie sa dá vykonať aj pri napájaní z dvoch strán. Vtedy je treba mať na pamäti, že ampérmeter zapojený medzi fázou a neutrálnym vodičom meria dvojnásobnú hodnotu poruchového prúdu [3].

### 5.1.2 Závislosť rozbehového skratového prúdu na prúde chráneným vedením

Rozdielový prúd na spojovacom vedení nikdy nie je nulový. Preto sa udáva určitá tolerancia, pri ktorej ochrana aj napriek rozdielu prúdov nespína. Táto tolerancia sa obvykle vzťahuje na menovité prúd vedením. Preto by sa v praxi mohlo stať, že pri čiastočnom prúdovom preťažení vedenia by bola táto tolerancia prekročená a ochrana by odpojila chránený úsek aj bez prítomnosti poruchy. Aby sa tomuto zamedzilo, je veľkosť poruchového prúdu závislá na prúde tečúcom v chránenom vedení. Túto závislosť overíme nasledujúcim postupom [3].

#### Postup:

- a) Zapojíme ochrany na vedenie. Opäť budeme simulovať skrat/poruchu medzi fázou a neutrálnym vodičom. Na koniec vedenia zapojíme regulovateľný odpor a ampérmeter. Rovnako tak zapojíme ampérmeter a regulovateľný odpor do spojovacieho vedenia medzi ochranami. Nastavíme tiež toleranciu rozdielového prúdu ochrán.
- b) Oba regulovateľné odpory nastavíme na počiatočné hodnoty. Uvedieme sústavu do chodu a odporom na konci záťaže nastavíme prvú hodnotu prúdu vedením, ktorú zaznamenáme do tabuľky.
- c) Pomaly budeme znižovať odpor spojovacieho vedenia za stáleho sledovania rozdielového prúdu až do chvíle, kedy ochrana zareaguje. Posledný zaznamenaný prúd zapíšeme do tabuľky. A zvýšime odpor na spojovacom vedení.
- d) Znovu uvedieme sústavu do chodu a zvýšime prúd vedením zmenšením odporu záťaže na konci vedenia.
- e) Postupujeme znižovaním odporu a sledovaním prúdu na spojovacom vedení až do reakcie ochrany. A výsledky opäť zapíšeme.
- f) Takto postupujeme až po poslednú hodnotu prúdu vedením. Z nameraných výsledkov získame niekoľko bodov, z ktorých zostrojíme graf závislosti rozdielového prúdu od prúdu vedením, čím je meranie ukončené.

[3]

## 5.2 Prístroj CMC 256+

CMC 256+ je prístroj určený pre testovanie v energetike. Hoci je primárne navrhnutý pre testovanie ochrán, jeho precízne vyhotovenie a presnosť výstupných veličín umožňuje použiť prístroj CMC 256+ aj ako kalibračné zariadenie.

Testovanie môže byť vykonané za použitia niekoľkých základných, samostatných, modulov, ktorých výstupy tvoria dielčie výsledky testu v prípade, kedy nemáme k dispozícii rozširujúce moduly pre komplexné testy.

Druhou možnosťou je zakúpenie doplnujúceho softwarového vybavenia pre CMC 256+, s ktorým je možné zjednodušiť a zefektívniť priebeh skúšok, kedy je systém skúšok na rôznych typoch ochrán zhrnutý do jednotlivých ucelených modulov. Vlastné meranie si teda vyžaduje len pripojenie meraného zariadenia, spustenie správneho modulu a zadanie potrebných vstupných informácií o meranom zariadení a meraných veličinách. Namerané hodnoty môžu byť automaticky programom spracované, čím dostaneme na výstupe kompletný protokol o vykonaných skúškach a ich výsledkoch.

Výsledkom merania je porovnanie parametrov prístroja udávaných výrobcom so



skutočnými nameranými hodnotami. To umožní správnu konfiguráciu meraného zariadenia, tak aby funkčne vyhovovalo našim požiadavkám.

Jedným z doplnkových softwarových balíkov je aj *Advanced Protection*, ktorý síce pri našom meraní nemáme k dispozícii, ale niektoré jeho funkcie, používané pre meranie diferenciálnych ochrán, sú použiteľné pre meranie porovnávacích ochrán, a preto je vhodné sa s nimi zoznámiť. Obsahuje nasledovné skupiny a v nich jednotlivé moduly, ktorých popis bol prebratý z dokumentácie k balíku *Advanced Protection* [4]:

#### **Advanced TransPlay**

- Skúška času nábehu a vypínacieho času distančnej ochrany
- Skúška transformátorovej vypínacej ochrany
- Skúška transformátorovej rozdielovej ochrany

#### **Advanced Distance**

- Dodatočné módy hľadaj a kontrola
- Impedančné nastavenia ako percentuálne hodnoty dosahu zón
- Efektívna a flexibilná skúška rôznych poruchových slučiek
- Výkonové, individuálne prispôsobiteľné užívateľské rozhranie

#### **Advanced Differential**

- Skúška konfigurácie ochrany popripade systému
- Skúška vypínacej charakteristiky rozdielovej ochrany
- Skúška vypínacích časov rozdielovej ochrany
- Skúška blokovania ochrany vyššími harmonickými

### **5.2.1 Prehľad modulov v skupine Advanced differential**

Pre naše meranie vyhovuje skupina modulov *Advanced differential*. Táto skupina obsahuje štyri moduly pre meranie ochrán. Tieto moduly je možno vyvolať samostatne a zistiť výsledky konkrétneho merania, alebo z nich vytvoriť kompletnú správu o funkcii ochrany. Celá podkapitola 5.2.1 je spracovaná na základe textu z užívateľskej príručky *Advanced differential package* [4].

#### **5.2.1.1 Skúška konfigurácie ochrany**

Tento modul bol navrhnutý k uvádzaniu ochrán do prevádzky, či zisťovaniu chýb konfigurácie a pripojenia. Modul má schopnosť rozoznať chyby nachádzajúce sa v chránenej oblasti.

Skúške podlieha správnosť konfigurácie digitálnych relé, ako aj klasických meracích relé s prevodom vrátane medzitransformátorov.

Tento modul slúži k simulácii ideálnej funkcie prevodu transformátoru, aby bolo možné testovať poruchy mimo chránenú oblasť. Požadovaným výsledkom je overenie správnosti nastavenia ochrany a elimináciu nulového prúdu. Pri klasických ochránach je možné testovať celkové zapojenie.

### 5.2.1.2 Skúška vypínacej charakteristiky rozdielovej ochrany

Tento modul slúži k meraniu skutočnej vypínacej charakteristiky ochrany a jej správnej funkcie. Je pri nej preskúšaná schopnosť rozlišovania porúch ležiacich v chránenej oblasti a mimo nej. Modul ponúka dve možnosti kontroly parametrov vypínacej charakteristiky:

- Skúšku impulzom v rovine charakteristiky pre overenie výrobcom stanovených tolerancií
- Skúšku k presnému určeniu skutočnej charakteristiky a tolerancií

### 5.2.1.3 Skúška vypínacích časov rozdielovej ochrany

Modul slúži na overenie vypínacích časov ochrany pre daný rozsah použitia a porovnanie s tolerančným pásmom.

Cieľom takeého merania je kontrola parametrov vypínacích časov. Overuje sa nemennosť vypínacieho času pri zmenách hodnoty rozdielového prúdu a stabilizovaného prúdu.

### 5.2.1.4 Skúška blokovania ochrany vyššími harmonickými

Modul slúži na zistenie funkčnosti blokovania ochrany vyššími harmonickými. Schopnosť generácie harmonických zložiek pri frekvencii 50 Hz je až do 20. harmonickej. Test môže byť vykonávaný so závislosťou na veľkosti rozdielového prúdu, ako aj bez tejto závislosti.

## 5.2.2 Príprava skúšky ochrany pomocou CMC 256+

Ako bolo spomenuté, tento prístroj dokáže vyhotoviť kompletný protokol o vykonaných meraniach a skúškach na ochrane. Najskôr je však potrebné vložiť do meracieho programu všetky potrebné informácie. Pred samotným testom je potrebné vykonať nasledovné kroky:

### 5.2.2.1 Vytvorenie vonkajšieho rámca skúšobného dokumentu

Skúšobný dokument musí mať formálny rámec pre jednoznačnú identifikáciu každej skúšky. Tabuľku pre definovanie vlastností dokumentu nájdeme v OMICRON Control Center **Súbor/Vlastnosti**. V zobrazenom okne vyplníme do jednotlivých kolóniek nasledujúce údaje:

- Názov protokolu
- Firmu
- Názov súboru
- Dátum skúšky
- Meno skúšajúceho
- Podpis

V paneli nástrojov potom zvolíme **Náhľad/Záhlavie**, kde klikneme na **Vložiť** a vyberieme **Pole**. Zo zoznamu vyberieme **Názov protokolu**, označíme ho a nastavíme parametre písma. Podobne postupujeme u ostatných údajov.

Po týchto úpravách súbor uložíme v **Súbor/Uložiť ako**. Moduly vytvorené mimo OMICRON Control Center majú prípony:

- konfigurácie ochrany popřípade systému \*.VGT
- vypínacie charakteristiky rozdielovej ochrany \*.OTF
- vypínacie časov rozdielovej ochrany \*.TST
- blokovanie ochrany vyššími harmonickými \*.HRT

### 5.2.2.2 Zadanie parametrov meracích relé a meraných zariadení

Pre porovnanie skutočných hodnôt s hodnotami nami požadovanými, alebo uvedenými výrobcom, je nutné vložiť ich do skúšobného systému. Existujú dve možnosti prevedenia.

- Prvou je osobitné zadanie parametrov v každom module v **Parameter/Skúšaný objekt**.
- Druhou je vytvorenie globálneho skúšaného objektu priamo v skúšobnom dokumente pokiaľ na jednom objekte budeme vykonávať viac skúšok. Skúšaný objekt vložíme do skúšobného dokumentu prejdením na začiatok dokumentu, kliknutím na **Vložiť/Skúšaný objekt**.

#### Postup:

- a) Vyplníme všeobecné údaje o skúšanom objekte. Potom definujeme obsah protokolu v **Protokol/Definovať/Pripojiť**. Zadáme názov štruktúry a potvrdíme.
- b) Označíme požadované pole a vrátime sa do dialógu parametrov skúšaného objektu. Budeme mať možnosť uložiť protokol ako lokálnu kópiu, alebo globálnu šablónu.
- c) Teraz prepne do registru **Funkcie**, kde aktivujeme **Advanced Differential** a klikneme na **Spracovať** pričom sa objaví dialóg s parametrami ochrany.
- d) Pre zadanie parametrov chráneného objektu sa prepne do registra **Chránený objekt**. Tu máme možnosť zvoliť, na aký objekt má ochrana byť použitá. Pre rôzne objekty (transformátory, vedenia) sú zadávané rôzne parametre, preto nemá podrobnejší popis tohto bodu význam.
- e) Zadanie údajov o prúdových transformátoroch vykonáme v záložke **Prúdové transformátory**. Nastavíme ich prevody čím je tento krok ukončený.

### 5.2.2.3 Zadanie parametrov ochrany

K nastaveniam sa dostaneme prepnutím na register Ochrana. Tu nastavujeme údaje o maximálnom trvaní skúšobných veličín, dobu medzi dvoma krokmi automatiky a stabilizačný prúd. Tiež nastavujeme vzťažné vinutie pokiaľ sa prúdy na začiatku a na konci chráneného objektu nezhodujú. Z tejto hodnoty sa potom vypočítavajú rozdielové a stabilizačné prúdy. Požiadavkou je aby vzťažné vinutie neobsahovalo nulový prúd.

Numerické ochrany vykonávajú priame meranie fázových prúdov. Nulový prúd, prispôsobenie vektorovej skupiny a veľkosti sa vykonáva automaticky.

Na rozhodnutie o vypnutí nemá vplyv len rozdielový prúd, ale aj stabilizačný prúd. Metódu jeho výpočtu nemôžeme sami stanoviť, a preto je potrebné zistiť ju u výrobcu.

Momentálne je možné merať iba ochrany, kde rozdielové a stabilizačné prúdy sú počítané z prúdov bez nulových zložiek. Existuje niekoľko spôsobov ich definovania:

- Normovanie
- Model transformátoru
- Eliminácia nulového prúdu
- Výpočtová eliminácia
- Eliminácia nulového prúdu prispôbením **PTP YD**, alebo **YDY**

#### 5.2.2.4 Zadanie parametrov pre blokovanie vyššími harmonickými

Obvykle je v relé nastavená fixná hodnota prahu harmonickej, nezávislá na veľkosti prúdu. V prípade závislosti na rozdielovom prúde môže byť funkcia aproximovaná priamkou.

Pre samotné nastavenie parametrov prepne do registru **Blokovanie vyššími harmonickými** kde nastavíme poradie harmonickej, jej podiel proti rozdielovému prúdu a rozmedzie rozdielových prúdov pre pôsobenie blokovania. Kliknutím na **Pripojiť** vložíme priamku do tabuľky.

Po tomto kroku je zadanie parametrov chráneného objektu a ochrany ukončené. A my môžeme zavrieť tabuľku skúšaného objektu.

#### 5.2.2.5 Konfigurácia hardwaru a skúšobného prístroja

Toto nastavenie závisí od prístrojov ktoré máme k dispozícii a od meraných zariadení. Aj tu máme dve možnosti voľby zadania Hardwarovej konfigurácie:

- Nastavenie osobitne pre každý modul pomocou Parameter/Hardware-konfigurácia.
- Nastavenie vložené do skúšobného dokumentu s globálnym účinkom pre celý dokument. Táto možnosť je vhodná pri vykonávaní viacerých skúšok na rovnakom objekte.

Po výbere a nastavení zariadenia, ktoré generuje primárne veličiny vložíme do skúšobného dokumentu za skúšaný objekt hardwarovú konfiguráciu pomocou **Vložiť/Hardware-konfigurácia**.

##### Postup:

- a) Pre definovanie štruktúry štruktúry protokolu hardwaru zvolíme **Protokol/Definovať**.
- b) Konfiguráciu analógových prúdových výstupov klikneme na **Detaily** pri zvolenom prístroji, nastavíme hodnotu **Napäťové výstupy** na **Nepoužité** a potvrdíme. Následne znovu klikneme na **Detaily**, nastavíme nami požadované hodnoty položky **Prúdové výstupy** a potvrdíme.
- c) Pre vytvorenie prepojenia k skúšanému objektu klikneme na register **Analógové výstupy**, kde zadáme pripojovacie miesta jednotlivých prúdových výstupov.
- d) Pre nastavenie binárnych výstupov zvolíme register **Binárne/Analógové vstupy**. Pre nastavenie vypínacieho povelu zvolíme na vstupe **gen.vyp.** a nastavíme hodnoty napätí pre vstupy.

Momentálne sme ukončili prípravné činnosti. Boli špecifikované dôležité informácie ohľadom skúšaného objektu, hadwaru a chráneného objektu. Tieto informácie boli prevzaté do všetkých skúšobných modulov ktoré použijeme.

### 5.2.3 Vykonanie skúšky

#### 5.2.3.1 Skúška konfigurácie ochrany poprípade systému

Prvou skúškou by mala byť správna konfigurácia ochrán. Cieľom tejto skúšky je overenie správnej parametrizácie relé a správne zapojenie ochrany vrátane medzitransfómátorov vzhľadom na chránený objekt vrátane eliminácie nulového prúdu.

Vykonáme skúšku ochrany poruchou ležiacou mimo chráneného úseku. Chybu bude predstavovať skrat **L1-N**. Pri skúške budeme merať stabilizačný a rozdielový prúd.

##### Postup:

- Do skúšobného dokumentu vložíme za hardwarovú konfiguráciu nový objekt za pomoci **Vložiť/Skúšobný modul/Skúška konfigurácie ochrany poprípade systému**.
- Pre definíciu obsahu protokolu zvolíme **Parameter/Protokol**. Následne pre definovanie novej štruktúry klikneme na **Definovať**, alebo pre vytvorenie štruktúry **Pripojiť**. Aktivujeme požadované záznamy a potvrdíme.
- Špecifikáciu skúšky vykonáme v registri **Všeobecne**, kde zvolíme miesto poruchy a čas skúšky ktorý by nemal byť menší ako 60 s pre správne vyhodnotenie merania.
- Následne prejdeme do registra **Dáta skúšky**. Tu vyberieme druh poruchy a pomer skúšobného prúdu. Program vypočíta hodnotu skúšobného prúdu, ktorý pomocou tlačidla **Pripojiť** prevezmeme do zoznamu skúšobných bodov.
- Zvolíme register **Skúška** a po stlačení rovnomenného tlačidla klikneme na **Štart/Pokračovanie**. Vyberieme možnosť  $I_{diff}$  a  $I_{stab}$  a podľa splnenia, či nesplnenia našich očakávaní vyberieme možnosť ktorou skúšku ukončíme.
- Okrem iného môžeme pomocou **Náhľad/Vektorový diagram** prepnúť na zobrazenie vektorov prúdov.
- Týmto sme ukončili prvú skúšku a my sa vrátíme do OMICRON Control Center, kde môžeme zmeniť po kliknutí na modul pravým tlačítkom a výberom možnosti **Názov**, jeho názov.

#### 5.2.3.2 Skúška vypínacej charakteristiky rozdielovej ochrany

Cieľom tejto skúšky je kontrola parametrov vypínacej charakteristiky ochrany. Pri meraní by mali byť použité dvojice hodnôt rozdielového a stabilizačného prúdu tak aby ich výsledný skúšobný prúd ležal nad prahom prepínania meracieho rozsahu, čím sa otestuje aj táto funkcia. V nasledujúcom texte bude popísaný postup pre obidva spôsoby skúšky. A to vyhľadávaním aj impulzom.

Na začiatok si do skúšobného dokumentu umiestnime modul pre skúšku vypínacej charakteristiky rozdielovej ochrany. Prepnutím do registru **Hľadaj** a zvolením **Parameter/Protokol** definujeme novú štruktúru protokolu.

V registri **Všeobecne** zadáme údaje pred poruchou a potvrdíme kliknutím na **Použiť pred poruchou**. Rovnako ešte nastavíme **Čas pred poruchou** ako aj **Prúd pred poruchou**. Pri skúške bude simulovaná porucha ležiaca na referenčnej strane a napájaná z dvoch strán. Rôzne veľké rozdielové a stabilizačné prúdy sú spôsobené zmenou výkonu napájacej siete.

#### Test pomocou impulzu

Tento test slúži ako doklad o dodržaní tolerancií vypínacej charakteristiky. Počet bodov merania môžeme určiť priamo my a obmedziť ho tak na minimum. Body označené v poli charakteristiky sú skúšané po jednom. Výsledkom je vypínanie, alebo blokovanie ochrany. Je vhodné merať body dvomi impulzmi s kladnou a zápornou toleranciou udanou výrobcom, aby sa overila funkčnosť.

Potom je možné vytvoriť spojením týchto bodov na každej strane tolerančné pásmo. Pri parametrizácii ochrany je toto pásmo zobrazené.

#### Postup:

- Nastavenie skúšky zahájime v module Skúška vypínacej charakteristiky rozdielovej ochrany zvolením registra **Impulz**, kde pridávame jednotlivé body charakteristiky. Každý bod charakteristiky je určený dvoma meranými bodmi a to s kladnou a zápornou toleranciou rozdielového prúdu. Body sú pridávané tlačidlom **Pripojiť**.
- Prepínanie druhu poruchy môže viesť ku zmene vypínacej charakteristiky. Dôvodom je rozdielne rozdelenie nulového prúdu jednotlivých fáz.
- Pre ochrany s výberom fáz platí, že relé vypína ak dvojica rozdielovej a stabilizačnej hodnoty prúdu na niektorej fáze leží v oblasti vypínania.
- Samotnú skúšku spustíme pomocou **Skúška/Štart/Pokračovanie**.
- Prepnutím do **Náhľad na protokol** si môžeme prezrieť záznamy v protokole. Je možné vykonať merania pre iné typy porúch. Najskôr však treba vymazať predošlé meranie v **Skúška/Vymazať**.

#### Skúška s vyhľadávacou funkciou

Táto skúška slúži na zistenie presného tvaru vypínacej charakteristiky vnútorným porovnaním skutočných a požadovaných hodnôt pri známej požadovanej funkcii. Ideálna je pre určenie charakteristik s nelineárnym tvarom. Pri tomto meraní je počet meraných bodov vypočítaný automaticky. Každý bod merania je definovaný iba jedným záznamom, ako je možné zistiť aj podľa postupu.

#### Postup:

- Na začiatku zvolíme register **Hľadaj** kde zadáme prvý bod charakteristiky, ktorý sa má skúšať, zadaním hodnoty stabilizačného prúdu vzťahnému ku menovitému prúdu.
- Pomocou tlačidla **Pripojiť** pridáme tento bod do zoznamu skúšobných bodov a podobne definujeme ďalšie body.
- Následne označíme typ poruchy, ktorú chceme testovať a spustíme skúšku pomocou **Skúška/Štart/Pokračovanie**.
- Pomocou tlačidla **Náhľad na protokol** sa prepneme do záznamov o meraní. Vykonanú skúšku skopírujeme a umiestnime do dokumentu, aby sme mohli vykonať ďalšie skúšky pre ďalšie druhy porúch.

### Skúška so statickým výstupom

Táto skúška nie je síce obsiahnutá v žiadnom module, no občas je potrebné miesto impulzu generovať prúd po dlhšiu dobu. Preto je k dispozícii statický výstup skúšobných veličín, kde sa uvádza amplitúda, fázový posun a náhľad na vektorový diagram vypočítaných skúšobných prúdov. Je tiež možné získať rýchly prehľad vzťahov medzi fázami podľa nastaveného chráneného objektu a druhu poruchy. V tomto prípade nie je prístroj riadený vypínacím signálom ochrany na čo treba pri skúške dávať pozor.

Túto skúšku vyvoláme v menu **Skúška/Statický výstup**. V zobrazenom okne zadáme stabilizačný a rozdielový prúd, ako aj druh poruchy. Spustíme skúšku.

### **5.2.3.3 Skúška vypínacích časov rozdielovej ochrany**

Cieľom skúšky je určenie závislosti vypínacích časov na rozdielovom prúde, ktorá je výraznejšia pri konvenčných ochránach.

#### Postup:

- Pomocou **Vložiť/Skúšobný modul/Skúška vypínacích časov rozdielovej ochrany** vložíme nový modul do skúšobného dokumentu.
- Na začiatok vložíme pomocou **Parameter/Protokol** novú štruktúru do obsahu skúšobného protokolu.
- Zvolíme register **Všeobecne**, kde špecifikujeme **Prúd pred poruchou** a **Dobu trvania skúšky**.
- V registri **Skúška** zadáme skúšobné body a spustíme skúšku čím je toto meranie ukončené.

### **5.2.3.4 Skúška blokovania ochrany vyššími harmonickými**

Jej cieľom je overiť účinnosť nastavených parametrov blokovania vyššími harmonickými. Tu sú nám ponúkané dve možnosti:

- Skúška impulzom pre overenie tolerancií udaných výrobcom.
- Skúška vyhľadávaním pre presné zistenie pôsobenia.

Na začiatku si zase vložíme, už známym postupom, do skúšobného dokumentu modul skúška blokovania ochrany vyššími harmonickými.

V **Parameter/Protokol** definujeme štruktúru protokolu a následne v registri **Všeobecne** vyplníme potrebné údaje.

Skúška s vyhľadávacou funkciou

Touto skúškou zistíme presné prahové hodnoty pri rôzne veľkých rozdielových prúdoch. Pre toto vyhľadávanie však musí existovať jeden zvislý priesečník.

#### Postup:

- Meranie začneme zvolením registra **Hľadaj** v skúšobnom module.
- Pre nájdenie prahovej hodnoty blokovania pri zapínanom náraze definujeme priamku skúšky na osi rozdielového prúdu. Fázový posun oproti základnej perióde by mal byť  $-120^\circ$ .
- Spustíme skúšku.

## Skúška impulzom

### Postup:

- a) Pre túto skúšku najprv zvolíme register **Impulz** kde zadáme požadované pracovné body a požadovaný fázový posun oproti základnej perióde.
- b) Následne spustíme skúšku.

Týmto je skúška ochrany za pomoci skúšobných modulov ukončená. V OMICRON Control Center si teraz môžeme prehliadnuť a vytlačiť celý skúšobný dokument.

## **5.2.4 Použitie základného balíku modulov pri meraní porovnávacích ochrán**

Pre meranie porovnávacích ochrán je vhodné použiť testovací modul QuickCMC a merací modul EnerLyzer. Nasledovný text sa bude zaoberať týmito dvoma modulmi iba v stručnej forme, keďže sú použité pri samotnom meraní a ich názorné vysvetlenie vysvetlenie v 7. kapitole tejto práce má ďaleko vyššiu výpovednú hodnotu.

Informácie o moduloch sú čerpané z dokumentácie k balíku *Protection* od firmy OMICRON.

### **5.2.4.1 QuickCMC**

Pomocou tohto modulu je možné získať na výstupoch testeru statické napätia a prúdy rôznych frekvencií, prípadne tieto veličiny použitím krokovacej funkcie meniť v závislosti na čase. Rovnako tak je možné používať binárne vstupy a výstupy, a vykonať tak jednoduché merania. V tomto module môžu byť vykonávané manuálne testy rôznych zariadení. Vďaka týmto funkciám nie je potrebné spúšťanie iných modulov pre vykonanie rýchlej skúšky zariadenia [5].

CMC 256+ umožňuje použitie všetkých 16 analógových výstupov súčasne [5].

#### QuickCMC umožňuje:

- číselnú a grafickú kontrolu nad analógovými výstupmi, zmenu ich fázy, uhlu, frekvencie a amplitúdy
- integrovanie chybového výpočtu pre dvoj- a trojfázové siete
- manuálne nastavenie binárnych výstupov
- zobrazenie meraných hodnôt za pomoci analógových vstupov
- manuálne a automatické zmeny analógových výstupných veličín
- zmeny veličín viacerých výstupov naraz
- kontrolu krokovacej funkcie kolieskom myši
- možnosť pulzného krokovania
- meranie binárnych výstupov so statusom a časovačom, čím získame čas od poslednej zmeny po reakciu
- možnosť zadávania podmienky pre vypínanie spúšť
- zadanie časovej vypínacej spúšte
- možnosť prepínania jednotiek sekundy/cykly, primárne/sekundárne veličiny a absolútne/relatívne hodnoty



- tlačidlo predporuchy – zmena hodnôt na posledné pred zaznamenaním poruchy rovnako ako tlačidlo pre spätnú zmenu predporuchy na poruchovú hodnotu
- kontextové menu pre rýchlu zmenu hodnôt
- vektorový diagram s možnosťou ich zmeny za pomoci „vyťahovania“
- nastaviteľné správy o meraní s ich rýchlym pridávaním manuálnym, či automatickým [5]

#### 5.2.4.2 EnerLyzer

EnerLyzer je testovací modul, ktorý umožňuje vykonávať rôzne druhy meraní popri iných testoch, pretože funguje na samostatný testovací modul. Disponuje štyrmi spôsobmi funkcie. Multimeter, prechodný záznam, harmonická analýza a záznam vektoru [6].

Medzi týmito spôsobmi je možné ľubovoľne prepínať a tak získať všetky výsledky za pomoci jedného merania. Výsledky meraní sú zobrazené pomocou modulu na rozbor meraných veličín TransView [6].

EnerLyzer umožňuje:

- jednotlivú konfiguráciu všetkých binárnych vstupov na binárne, počítadlá alebo analógové vstupy
- monitorovanie analógových vstupov pre meranie prúdu a napätia v reálnom čase a následné vyhodnotenie jednosmernej zložky, efektívnych hodnôt, špičkových hodnôt, fáz a uhlov, diagramov harmonických frekvencií, činných jalových a zdanlivých zložiek, záznam prechodných vstupných signálov [6]

## 6 POROVNÁVACIA OCHRANA S-30

Popis, schematické zapojenie a parametre ochrany S-30 sú prebrané z technickej dokumentácie výrobcu ZPA [7].

### 6.1.1 Vyhotovenie ochrany

Pri meraní bude použitá porovnávacía ochrana S-30. Je určená pre ochranu krátkych vedení, pričom na oboch jeho koncoch je osadená úplná ochrana S-30A, ktorá obsahuje sčítací transformátor, transduktor, relé RF 51, svorkovnicu pre prepínanie citlivosti, selénové usmerňovače, odpory a kondenzátor. Pri chránení objektov, ktorých vývody z oboch koncov sú umiestnené blízko seba, môže byť na jednej strane súpravu S-30A nahradiť skriňou S-30P ktorá obsahuje iba sčítací menič a odpory pre doplnenie odporu spojovacej linky [7].

### 6.1.2 Popis činnosti ochrany

Ochrana porovnáva fázu a veľkosť prúdu na začiatku a na konci meraného úseku prostredníctvom slaboprúdovej spojovacej linky. Aby pri prechode veľkých prúdov linkou, napríklad prechodom skratových prúdov do poruchy mimo chránenú oblasť, nedošlo k vybaveniu ochrany vplyvom chyby prúdových meničov, klesá citlivosť ochrany s nárastom prúdu v linke. To je dosiahnuté za pomoci transduktoru, ktorého pracovné vinutie je pripojené paralelne k vinutiu koncového (vybavovacieho) relé a na jeho riadiace vinutie je privádzané usmernené napätie z sekundárneho vinutia sčítacieho transformátoru. Ak vzrastie prúd vo vedení, vzrastie napätie sčítacieho transformátoru a rovnako tak usmernený prúd v riadiacom vinutí trasduktoru. To má za následok pokles indukčnosti v pracovnom vinutí a následne vybavovacie relé ochrany nabieha pri väčšom prúde v spojovacom vedení [7].

Citlivosť ochrany tiež závisí na odpore spojovacej linky. Pre krátke trasy je preto vhodné, pre správnu funkciu blokovania, odpor linky doplniť odpormi na základnej doske ochrany. Doporučené hodnoty sú 100  $\Omega$  pre použitie S-30A + S-30A a 200  $\Omega$  pre S-30A + S-30P (schematické zapojenie na *Obr. 6.1*) [7].



## 6.1.3 Technické parametre

Tab. 6-1 Technické parametre ochrany S-30

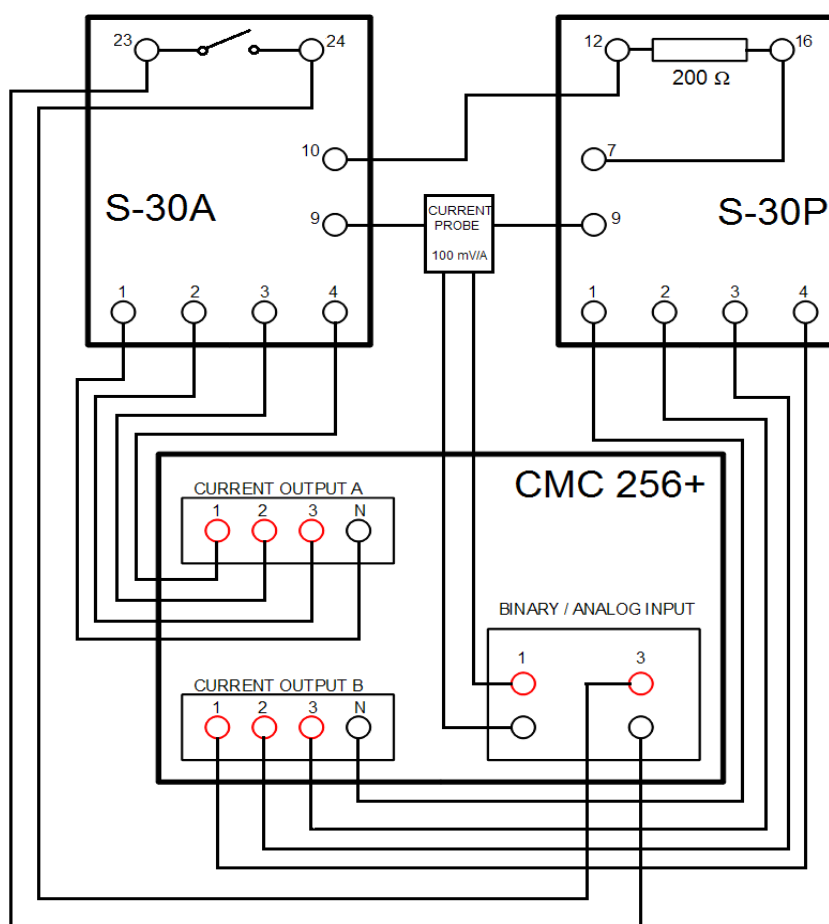
<b>Menovitý prúd</b>	5 alebo 1 A
<b>Menovitá frekvencia</b>	50 Hz
<b>Citlivosť</b> pri napájaní z oboch strán a nastavenej citlivosti 0,1 A pôsobí ochrana pri cca	33% In pri skrate medzi fázami L1-L3, L2-N 66% In pri skrate medzi fázami L1-L2, L2-L3, L1-N 38% In pri skrate medzi fázami L1-L2-L3 22% In pri skrate medzi fázami L3-N Pre ostatné rozsahy citlivosti sú hodnoty úmerne vyššie, pri jednostrannom napájaní sú približne dvojnásobné
<b>Spotreba</b> pri súmernom trojfázovom zaťažení menovitým prúdom	vo fáze L1 cca 16 VA vo fáze L2 cca 32 VA vo fáze L3 cca 48 VA
<b>Doba pôsobenia</b> pre všetky druhy skratov väčších ako 3 In a pri citlivosti 0,1 A	10 – 25 ms
<b>Skratová pevnosť</b> tepelná a dynamická	100 In
<b>Trvalá preťažiteľnosť</b>	2 In
<b>Kontakty</b> počet a druh zapínacia schopnosť prípadne trvalý prúd vypínacia schopnosť	1 zapínací 8 A DC alebo AC 2 A DC alebo AC 1,2 A pri 220 V AC 0,25 A pri 220 V DC
<b>Maximálny odpor spojovacej linky</b>	200 Ω
<b>Zníženie spotreby ochrany v neuzemnených sieťach</b>	V neuzemnených sieťach je možné napájať ochranu iba z dvoch fáz.
<b>Spotreba</b> pri súmernom trojfázovom zaťažení menovitým prúdom	vo fáze L1 cca 16 VA vo fáze L2 0 VA vo fáze L3 cca 16 VA
<b>Citlivosť</b> pri napájaní z oboch strán a nastavení citlivosti 0,1 A	33% In pri skrate medzi fázami L1- L3 66% In pri skrate medzi fázami L1-L2, L2-L3

## 7 VLASTNÝ PRIEBEH TESTOVANIA

Samotné testovanie ochrany S-30 prebiehalo za použitia systému pre meraný objekt, ktorého vstupné a výstupné svorky sú umiestnené blízko seba. Bola teda použitá súprava skladajúca sa zo skrine S-30A a S-30P.

### 7.1 Zapojenie testovanej ochrany S-30

Bloková schéma zapojenia je na *Obr. 7.1*. Začiatok chráneného úseku simulujú prúdové výstupy **A** z CMC 256+, **1, 2, 3** a **N** pripojené na merací transformátor skrine S-30A v rovnakom poradí ku vstupom **4, 3, 2** a **1**. Koniec chráneného úseku simulujú prúdové výstupy **B** – **1, 2, 3** a **N** pripojené na merací transformátor skrine S-30P v rovnakom poradí ku vstupom **1, 2, 3** a **4**. Koncové relé skrine S-30A (svorky s označením **23** a **24**) je pripojené medzi svorky binárno-analógového vstupu/výstupu číslo **3** na prístroji CMC 256+. Na binárno-analógovom vstupe/výstupe číslo **1** je pripojená prúdová sonda s prevodom 100 mV/A, ktorou je meraný prúd spojovacím vedením. Odpor spojovacieho vedenia bol podľa dokumentácie ochrany doplnený o 200 Ω použitím série odporov (4x50 Ω) umiestnených priamo na skrini S-30P. Spojovacie vedenie je teda vedené zo svorky číslo **10** skrine S-30A (začiatok sekundárneho vinutia meracieho transformátoru) na svorku číslo **12** skrine S-30P (začiatok série odporov). Ďalej zo svorky **16** skrine S-30P (koniec série odporov) na svorku **7** skrine S-30P (začiatok sekundárneho vinutia meracieho transformátoru). Prepojením svoriek označených číslom **9** na oboch skriniach (konce sekundárnych vinutí meracích transformátorov) sa uzatvára obvod spojovacieho vedenia.



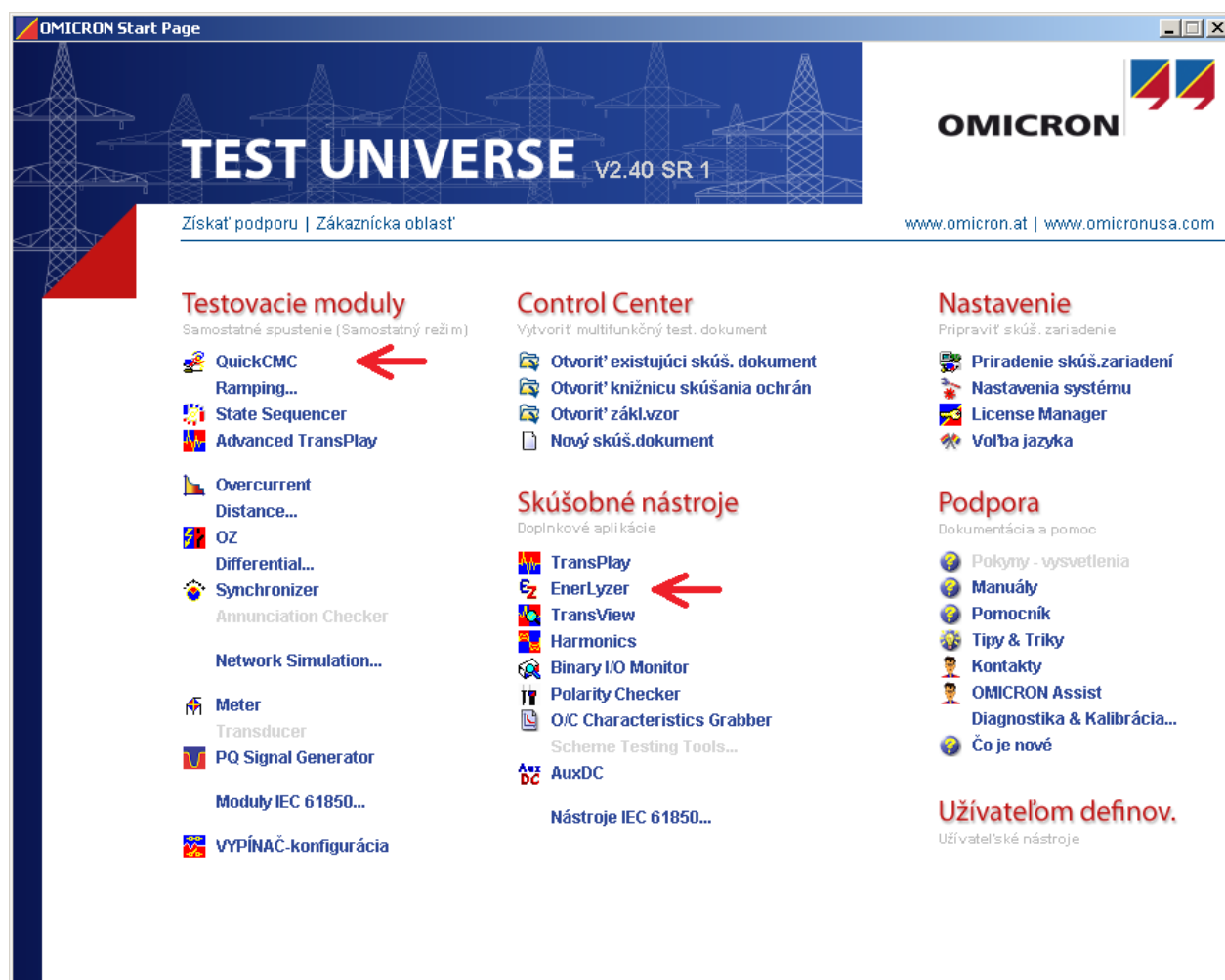
*Obr. 7.1* Bloková schéma zapojenia

## 7.2 Základné nastavenia HW pre meranie

Popísané nastavenia v nasledujúcom texte sa týkajú nastavení vstupov a výstupov prístroja CMC 256+ pre meranie porovnávacej ochrany S-30 s nastavením rozdielového prúdu na 0,1 A. Popri uvedených nastaveniach sa konfiguruje aj typ použitého meraného a meracieho zariadenia, čo však nasledovný text nezahŕňa. Nastavenie meracieho zariadenia bolo v tomto prípade preddefinované. Na druhej strane údaje o meranom zariadení majú zmysel pri vytváraní meracieho protokolu, ktorý slúži ako výstupná správa o súhrnných skúškach na zariadení.

## 7.3 OMICRON TEST UNIVERSE v2.40 SR 1

OMICRON TEST UNIVERSE je súbor modulov podporovaných prístrojom CMC 256+ a ďalšími testermi firmy OMICRON. Rozdiely v prístrojoch sú hlavne v maximálnych výstupných veličinách, počte ovládaných výstupov a možných funkciách, od čoho sa odvíja aj ich cena. Na Obr. 7.2 je zobrazená úvodná strana OMICRON TEST UNIVERSE, kde sú červenými šípkami zvýraznené dva moduly, QuickCMC a EnerLyzer, použité pri testovaní porovnávacej ochrany S-30. Pred samotným meraním je nutné tieto moduly spustiť a nakonfigurovať.

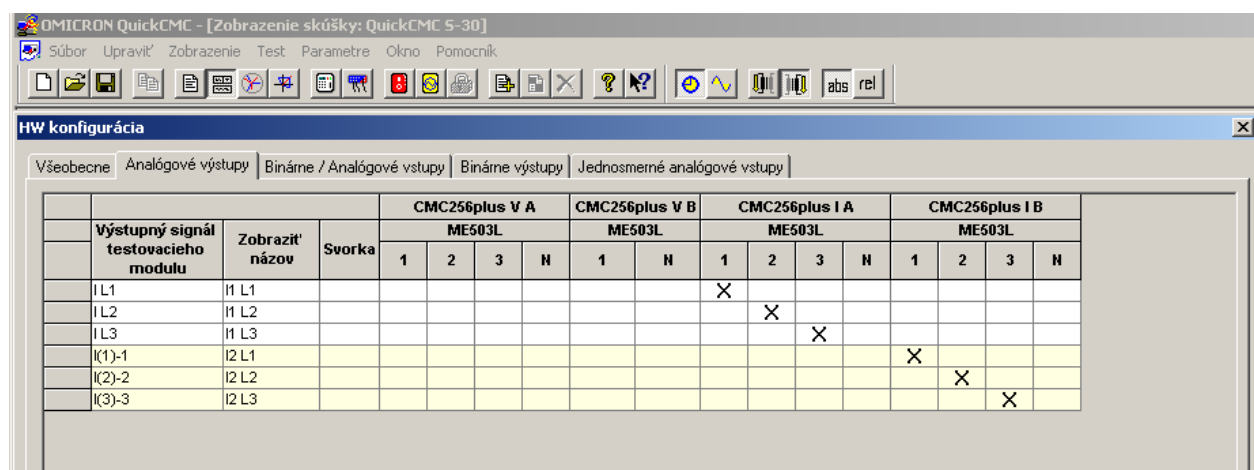


Obr. 7.2 Úvodná stránka OMICRON TEST UNIVERSE

### 7.3.1 Príprava na meranie – OMICRON QuickCMC

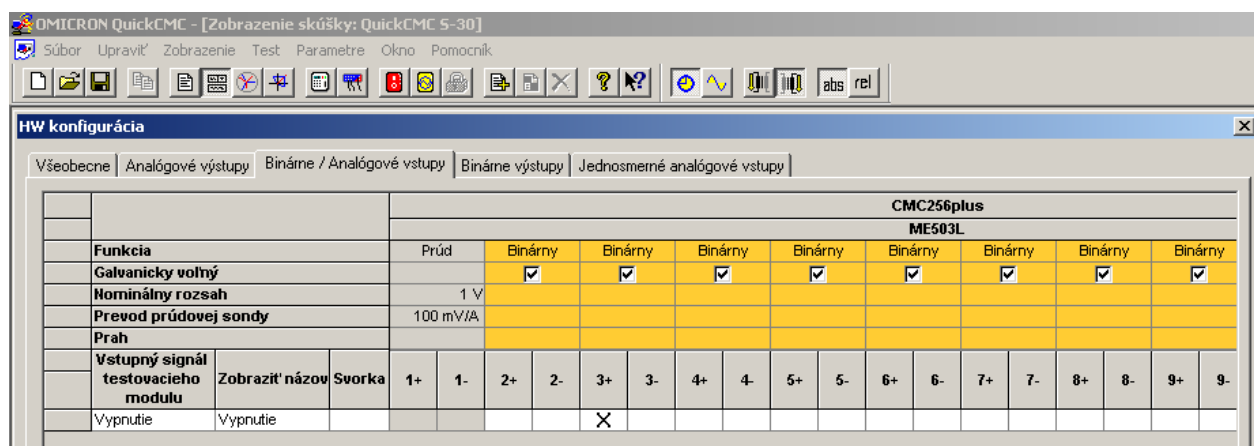
Na začiatku vytvoríme nový súbor, za pomoci tlačidiel rýchleho prístupu z hornej lišty, do ktorého sa ukladá konfigurácia modulu.

Samotnú konfiguráciu začneme charakterizovaním vstupov a výstupov, ktoré budeme používať. Spustíme **HW konfiguráciu** z panelu rýchleho prístupu a prejdeme na kartu **Analógové výstupy**. V tabuľke označíme prúdové výstupy, ktoré budeme používať, tak, ako je to možné vidieť na *Obr. 7.3*.



*Obr. 7.3 Nastavenie analógových výstupov prúdu*

Prejdeme na záložku **Binárne / Analógové vstupy** a označíme použitie binárneho vstupu 3+ (*Obr. 7.4*). Skontrolujeme, či je **Funkcia** tohto vstupu nastavená na **Binárny** a políčko **Galvanicky voľný** je potvrdené. V položke **Vstupný signál testovacieho modulu** nastavíme **Vypnutie**.



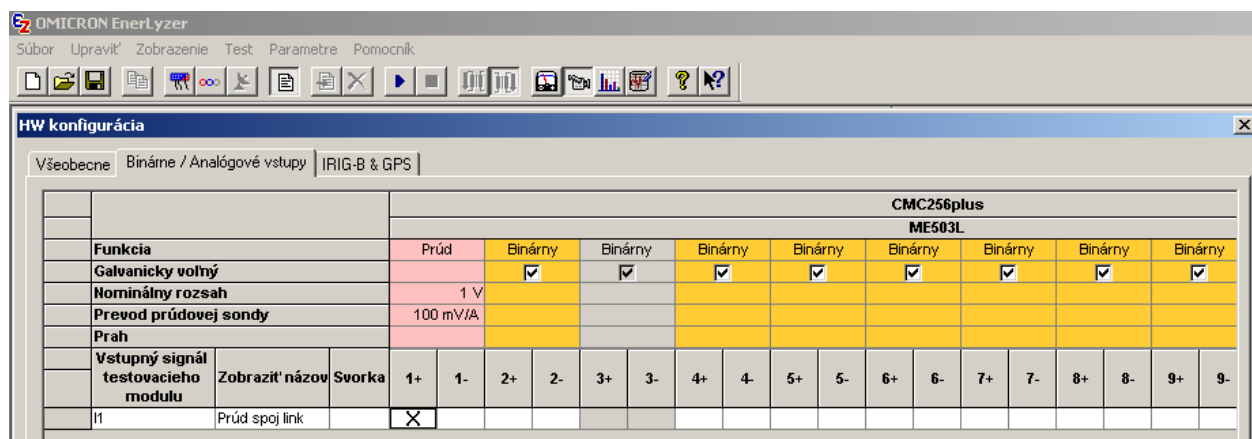
*Obr. 7.4 Nastavenie binárneho vstupu pre spúšťaciu podmienku*

Skontrolujeme záložku **Binárne výstupy** a **Jednosmerné analógové vstupy**. Obe by mali byť bez definovaných vstupov a výstupov. Hoci to neovplyvní meranie, hodnoty definovaných vstupov a výstupov sú uvádzané v meracom protokole, ktorý je možné po meraní vytvoriť. Nakoniec zostáva tlačítkom **OK** v pravom dolnom rohu okna potvrdiť a uložiť zmeny HW konfigurácie.

### 7.3.2 Príprava na meranie – OMICRON EnerLyzer

Tento modul použijeme pre meranie prúdu v spojovacom vedení za pomoci prúdovej sondy, keďže v module QuickCMC bolo jej použitie nemožné.

Postupujeme podobne ako v predošlom module. Z panelu rýchleho prístupu spustíme **HW konfiguráciu**. Prejdeme na záložku **Binárne / Analógové vstupy** kde zaznačíme použitie vstupu **1+** ako ukazuje *Obr. 7.5*. Nastavíme **Funkciu** na **Prúd**, **Nominálny rozsah** a **Prevod prúdovej sondy** na hodnoty podľa použitej prúdovej sondy. V našom prípade **Nominálny rozsah** 1 V a **Prevod prúdovej sondy** 100 mV/A. Potvrdíme a uložíme zmeny tlačítkom **OK**.



Obr. 7.5 Nastavenie analógového vstupu pre prúdovú sondu

### 7.3.3 Nastavenia a výsledky jednotlivých meraní

Jednotlivé merania boli zamerané na zisťovanie reakcie porovnávacej ochrany na zmenu veľkosti prúdu jednej fázy, zmenu fázového uhlu jednej fázy, rotáciu symetrickej hviezdy a podobne. Uvedené zmeny boli simulované na výstupe chráneného objektu.

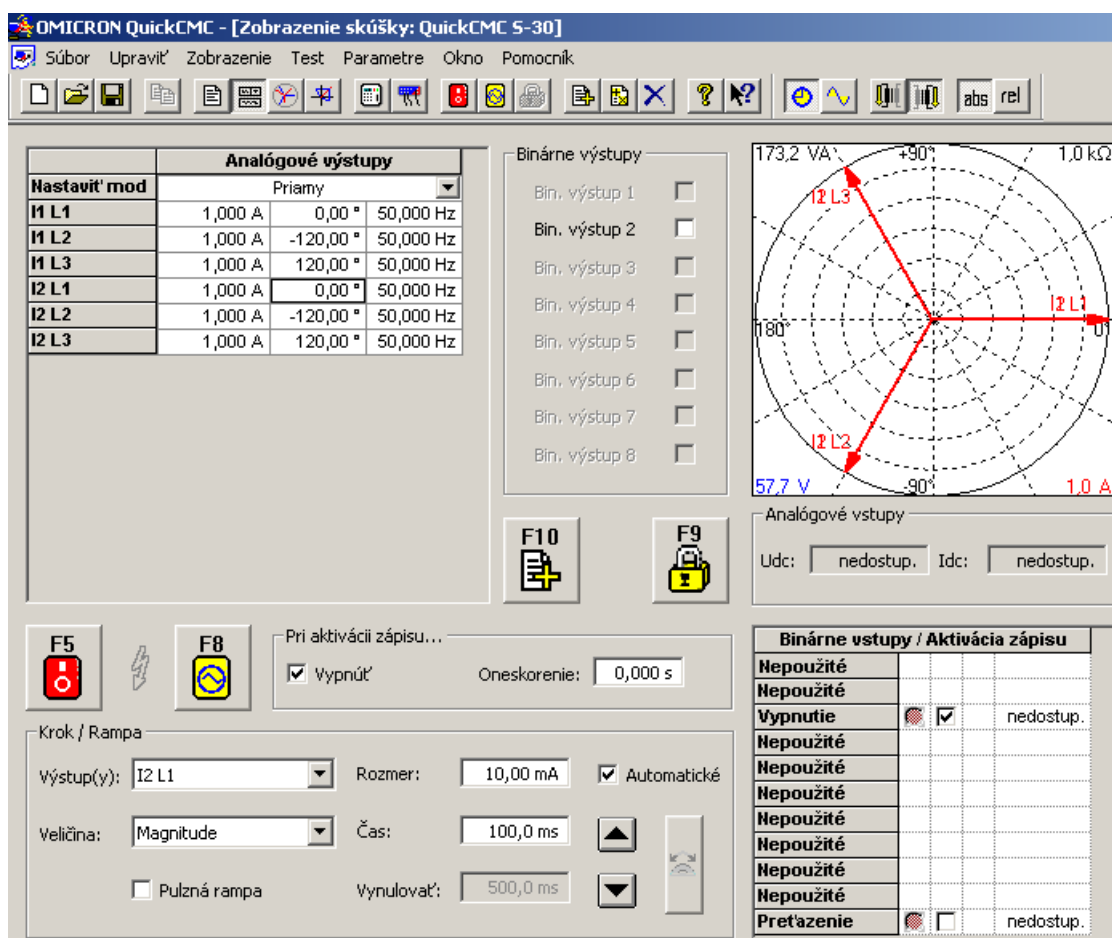
Skúšky je možné rôzne kombinovať a prenášať chybu na ostatné fázy. Rovnako tak je možné simulovať chybu viacerých fáz.

#### 7.3.3.1 Testovanie reakcie S-30 na zmenu veľkosti jednej fázy

*Obr. 7.6* ukazuje počiatočné nastavenie modulu QuickCMC pre meranie zmeny veľkosti prúdu vo prvej fáze na výstupe chráneného objektu. V ľavom hornom rohu nastavujeme prúdy jednotlivých prúdových výstupov. Počiatočné hodnoty prúdov pre meranie boli nastavené na 1 A so vzájomným fázovým posunom 120° a frekvenciou 50 Hz. Vstupné aj výstupné hodnoty veľkosti, fázy a frekvencie prúdov sú od počiatku totožné, čo je možné vidieť aj na fázorovom diagrame v pravom hornom rohu kde sa nastavené hodnoty priamo premietajú.

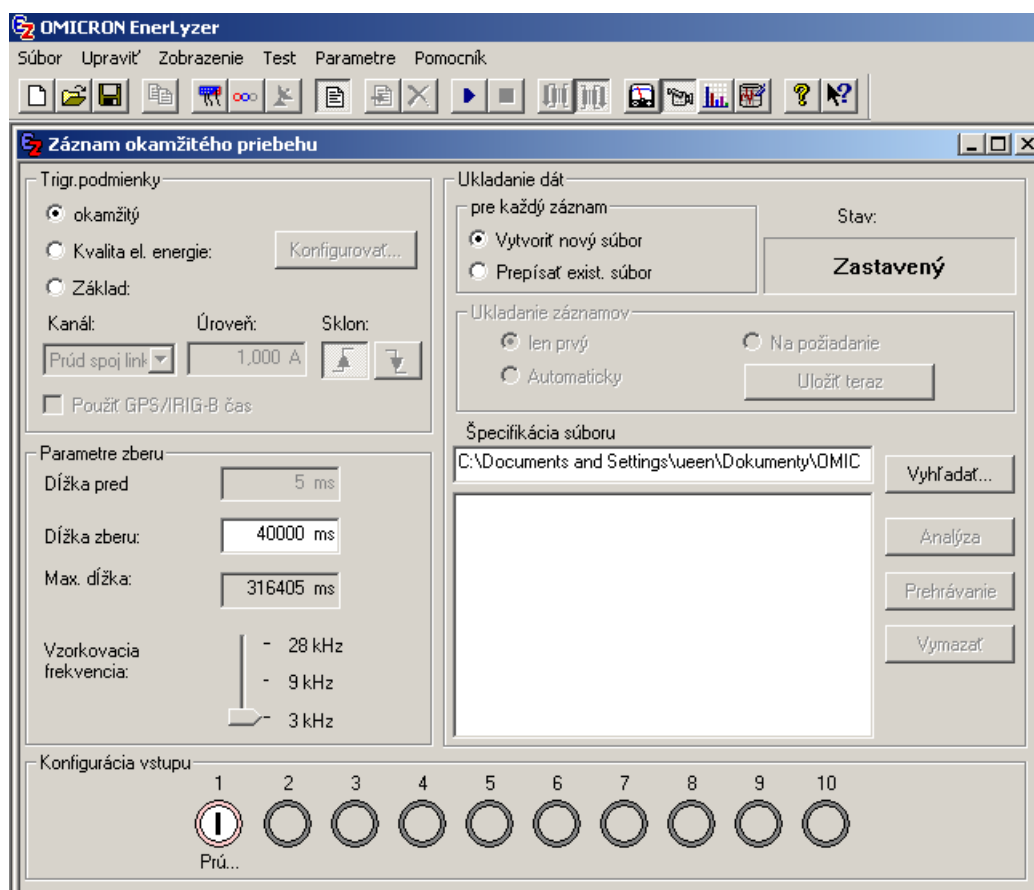
V ľavom dolnom rohu je súbor nastavení pre **Krok/Rampu**. Kolonka **Výstup(y)** je nastavená na **I2 L1** čo znamená, že zmena bude prebiehať v prvej fáze na výstupe z chráneného objektu. Veličina určuje druh menenej hodnoty. Pre dané meranie je zvolená možnosť **Magnitude**. **Rozmer** udáva veľkosť kroku, a teda aj presnosť nameranej hodnoty. V tomto prípade je nastavený na 10 mA. Posledným nastavovaným parametrom je **Čas**. Ten udáva dobu trvania jedného kroku, ktorý sme nastavili na 100 ms. Aby meranie prebiehalo samočinne, je nutné potvrdiť checkbox **Automatické**.





Obr. 7.6 Nastavenie počiatočných podmienok v QuickCMC

Obr. 7.7 ukazuje nastavenie modulu EnerLyzer. V ľavom hornom rohu sú možnosti nastavenia spúšťacej podmienky, ktorá je nastavená na hodnotu **okamžitý**. Je to z dôvodu veľkosti prúdu, pri ktorej automatické podmienky nedokázali reagovať a teda boli pre meranie nevyhovujúce. Takto nastavenú spúšť musíme teda spustiť manuálne. Pod spúšťacími podmienkami je nastavenie parametrov priebehu. **Dĺžka zberu** je nastavená na hodnotu 40 000 ms, aby bolo možné zachytiť celý priebeh merania až do nábehu ochrany. Ďalej **Vzorkovacia frekvencia** na hodnote 3 kHz plne postačuje pre účel merania a preto nemá zmysel používať vyššiu. V druhej polovici okna zvolíme jednu z možností zápisu výsledkov, a to buď ich prepisovanie po každom meraní, alebo vytváranie nového súboru po každom meraní. Súbor budú zobrazované a bude ich možné otvárať priamo z viditeľného okna.

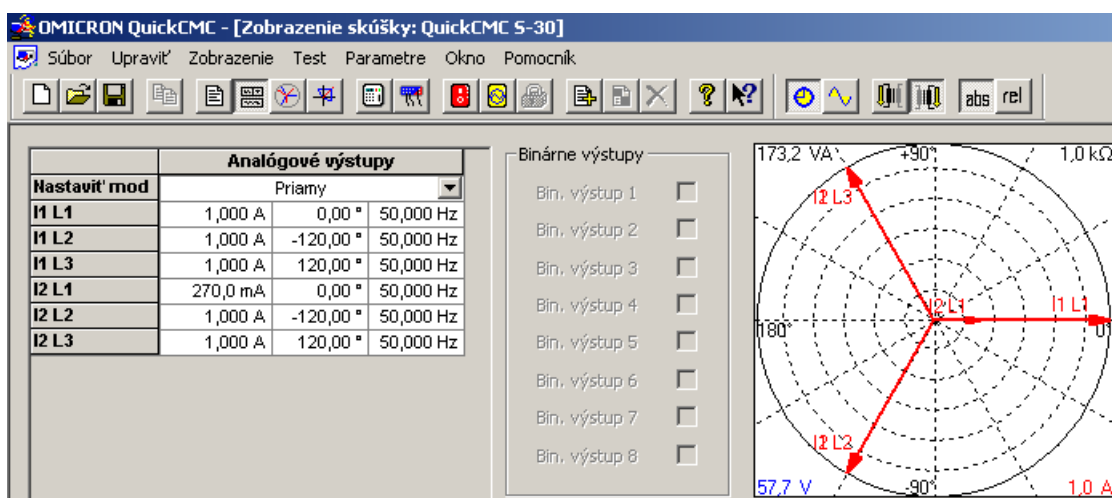


Obr. 7.7 Nastavenie počiatočných podmienok v EnerLyzer

Po dokončení vyššie uvedených nastavení je možné započat' samotné meranie. Ako prvý krok spustíme meranie v module EnerLyzer za pomoci tlačidla z horného panelu rýchleho prístupu. Tým program začne merať hodnotu prúdu na spojovacom vedení medzi oboma skriňami ochrany S-30.

Následne sa prepneme do modulu QuickCMC a klávesou **F5**, prípadne jedným z tlačidiel na obrazovke pripojíme výstupy ochrany. V ľavom dolnom rohu okna, v sekcii **Krok / Rampa** stlačíme príslušnú šípku podľa toho či chceme, aby sa prúd vo fáze odčítal, alebo pričítal. Po nábehu ochrany zabezpečí binárny vstup, kontrolujúci vybavovacie relé, odpojenie výstupov z CMC 256+. Posledné zaznamenané hodnoty pri vypnutí zostanú v module QuickCMC. Klávesou **F10** ich potom možno uložiť do meracieho protokolu a určiť či vyhovujú, alebo nie.

Na Obr. 7.8 je zobrazený výstup testu pre znižovanie prúdu prvej fázy na výstupe chráneného objektu v QuickCMC. Je možné vyčítať, že ochrana nabehla v okamihu kedy prúd v prvej fáze na výstupe poklesol na hodnotu 270 mA. Fázorový diagram na pravo je grafickým výstupom testu.



Obr. 7.8 Výsledok testu znižovania prúdu vo fáze

Na Obr. 7.9 je ukážka vytvoreného testovacieho protokolu. Jeho forma, dĺžka a zobrazené podrobnosti sú voliteľné. Ukážka je jedným z najkratších možných riešení meracieho protokolu.

### Testovací modul

Názov:	OMICRON QuickCMC	Verzia:	2.40 SR 1
Začiatok testu:	11-V-2011 16:42:09	Koniec testu:	11-V-2011 16:56:20
Názov užívateľa:		Manager:	
Spoločnosť:			

### Výsledky testu

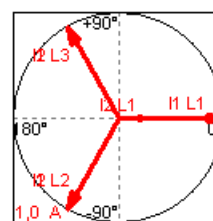
Nadpis: Test 1

#### Výpočet poruchy:

Tabulkový vstupný režim	Parametre (Všetky hodnoty sú sekundárne)			
Priamy	I1 L1	1,000 A	0,00 °	50,000 Hz
	I1 L2	1,000 A	-120,00 °	50,000 Hz
	I1 L3	1,000 A	120,00 °	50,000 Hz

#### Nastavenie generátora

I1 L1	1,000A	0,00°
I1 L2	1,000A	-120,00°
I1 L3	1,000A	120,00°
I2 L1	0,270A	0,00°
I2 L2	1,000A	-120,00°
I2 L3	1,000A	120,00°



#### Binárne vstupy

Vypnutie	Pret'azenie
0->1	0
0,349s	

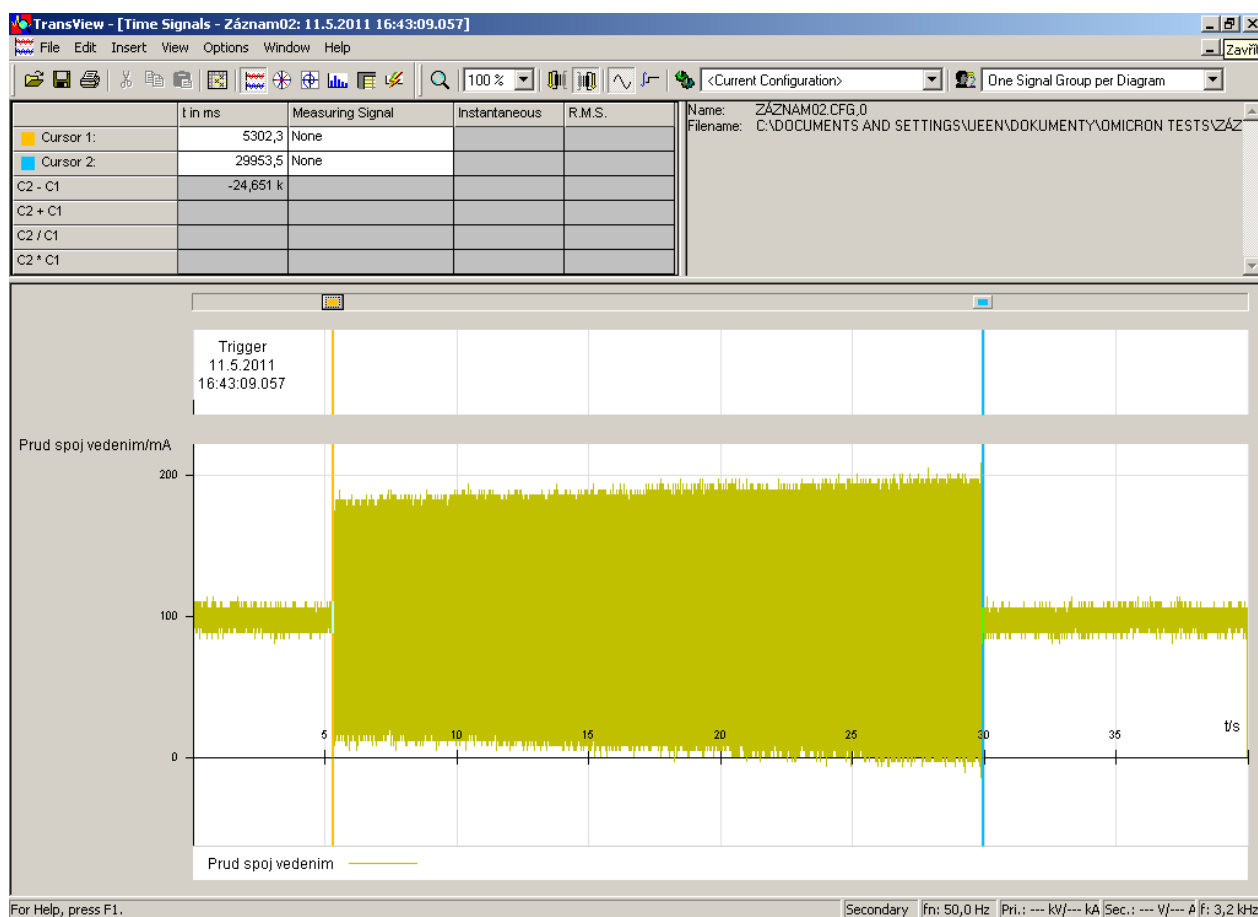
#### Súhrn

1 Skúška úspešná, 0 Skúška neúspešná, 0 Skúška 100,00% vyhovuje

Obr. 7.9 Ukážka zápisu v skúšobnom protokole

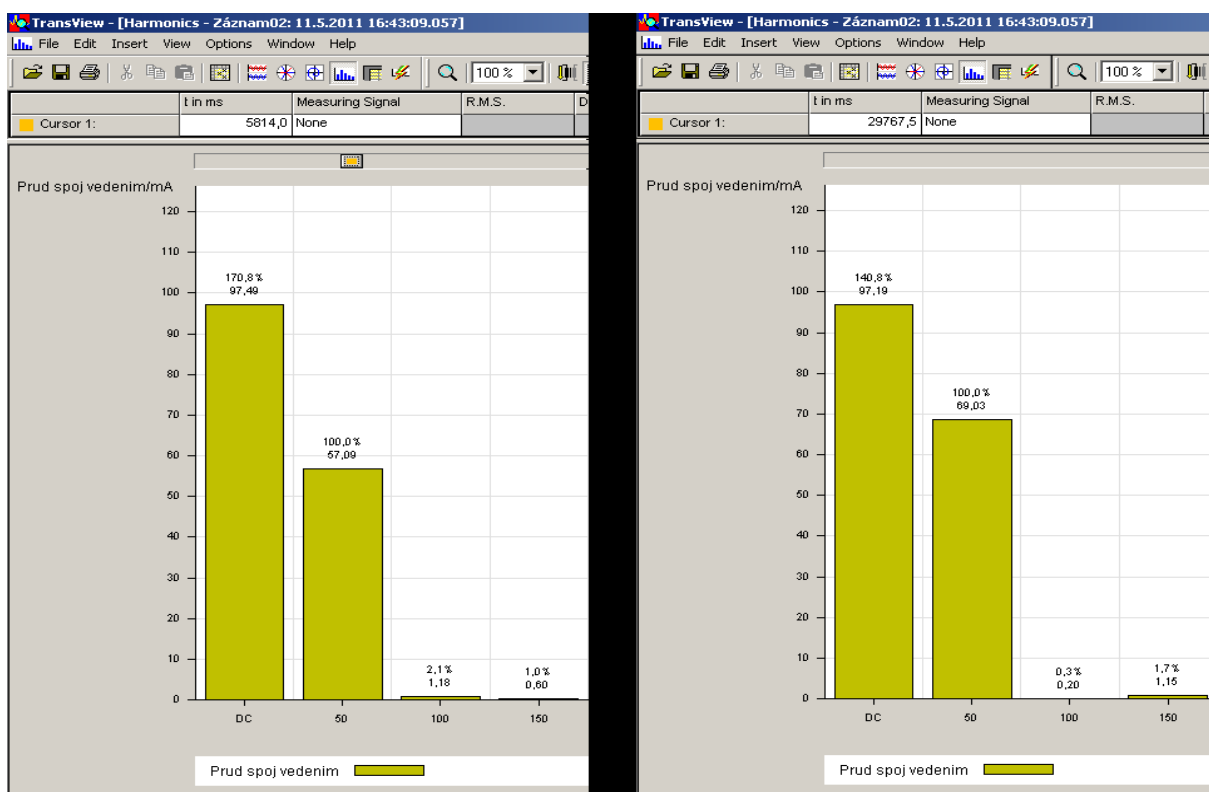
Výstupom z modulu EnerLyzer sú priebehy prúdov spojovacieho vedenia ktoré je možné zobrazíť v rôznych formách. Otvorením súboru meraní v module EnerLyzer sa spustí modul TrasView, ktorý slúži na prehliadanie priebehu meraní.

Priebeh prúdu spojovacím vedením v čase je na *Obr. 7.10*. Hoci nie je meranie spustené a ukončené priamo so začiatkom a koncom merania v QuickCMC, je už na prvý pohľad vidno, kedy prebiehalo. Rovnako tak je patrný nárast prúdu až do chvíle, kedy ochrana vybavila. Z obrázku je patrné, že bola nameraná jednosmerná zložka prúdu ktorú lepšie zobrazuje *Obr. 7.11*. Jej hodnota sa pohybuje okolo 100 mA. Jednosmerná zložka prúdu sa však v spojovacom vedení nenachádza a je spôsobená offsetom použitej prúdovej sondy. Následným meraním prúdovej sondy bez zaťaženia pri prevode 100 mV/A bolo zistené jednosmerné napätie na jej výstupe s hodnotou 11,5 mV (pri danom prevode to zodpovedá prúdu cca 100 mA). Toto napätie má teda za následok chybné vyhodnotenie prúdu spojovacím vedením.



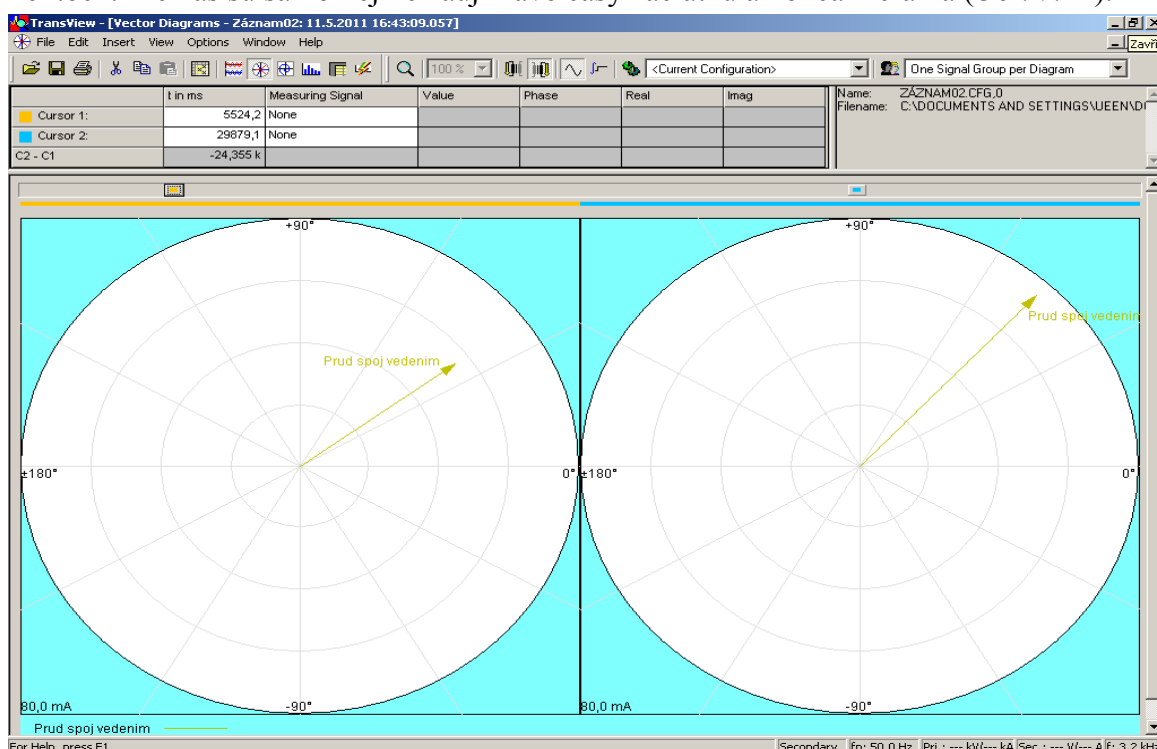
*Obr. 7.10* Priebeh prúdu spojovacím vedením v čase

Prepnutím do zobrazenia harmonických zložiek dostaneme prehľad o zložení meraného signálu. V tomto zobrazení máme k dispozícii kurzor ktorým ovládame časový priebeh čím môžeme získať údaje z ktoréhokoľvek časového okamihu merania. Na *Obr. 7.11* je porovnanie zloženia harmonických zo začiatku a konca merania.



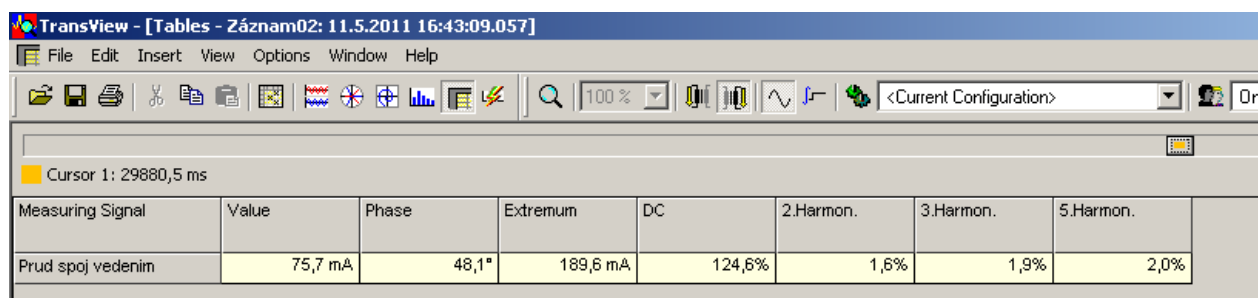
Obr. 7.11 Zloženie harmonických zložiek prúdu spojovacieho vedenia na začiatku (vľavo) a konci (vpravo) merania

Ďalšiu možnosť zobrazenia poskytuje prepnutie sa do vektorového zobrazenia. Tu sú k dispozícii dva kurzory, ktoré nám poskytujú orientáciu v čase. Ku každému je priradený jeden fázorový diagram. To nám dáva možnosť porovnať vektory, v ktorýchkoľvek dvoch meraných momentoch. Pre nás sú samozrejme zaujímavé časy začiatku a konca merania (Obr. 7.12).



Obr. 7.12 Zobrazenie vektorov prúdu v spojovacom vedení na začiatku (vľavo) a konci (vpravo) merania

Poslednou možnosťou zobrazenia je usporiadaná tabuľka hodnôt, rovnako s možnosťou prehliadania hodnôt v priebehu času za pomoci kurzora (*Obr. 7.13*). Tá má pre nás v tomto prípade najnižšiu výpovednú lehotu, a preto nemá zmysel sa ňou vážnejšie zaoberať.



Measuring Signal	Value	Phase	Extremum	DC	2.Harmon.	3.Harmon.	5.Harmon.
Prud spoj vedenim	75,7 mA	48,1°	189,6 mA	124,6%	1,6%	1,9%	2,0%

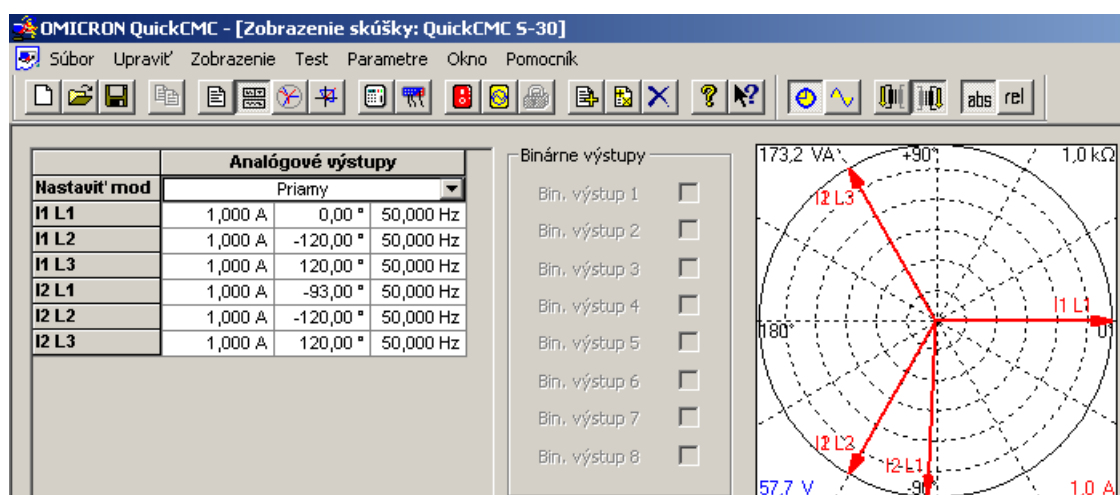
*Obr. 7.13 Číselné zobrazenie nameraných hodnôt v časovom bode*

V predošlom texte boli uvedené výsledky merania zmeny veľkosti jednej fázy na výstupe z chráneného objektu. Boli použité moduly QuickCMC a EnerLyzer. Pri ďalších testoch nebudú uvádzané výstupy z modulu EnerLyzer s ohľadom na ich rozsah a nemennosť spôsobu použitia v ostatných úlohách.

### 7.3.3.2 Testovanie reakcie porovnávacej ochrany na zmenu uhlu jednej fázy

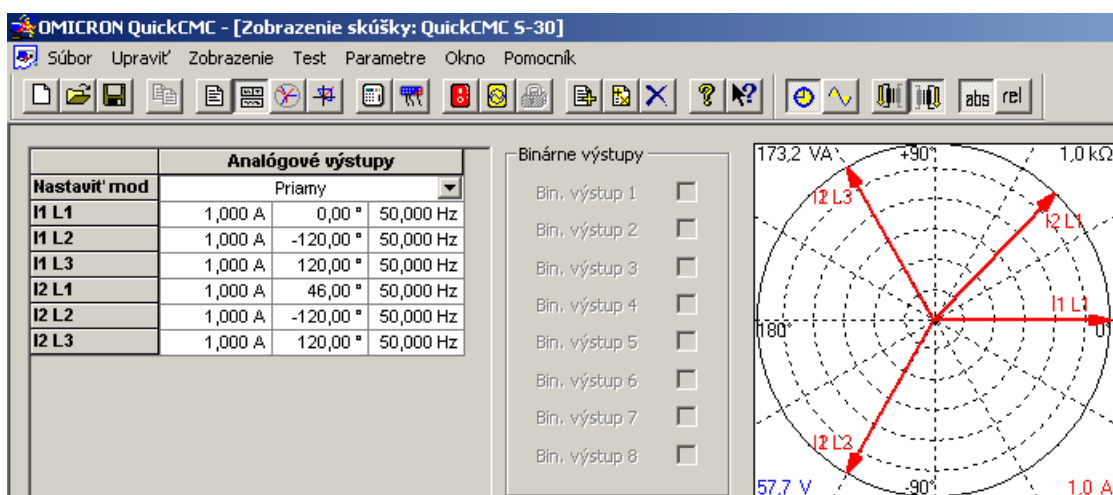
Nastavenia pre testovanie ochrany na zmenu uhlu jednej fázy sú obdobné ako na *Obr. 4.6*. Oproti nim však v nastaveniach **Krok / Rampa**, pod položkou položku **Veľičina**, vyberieme menenú veličinu **Fáza**. Rovnako tak nastavíme **Rozmer** na 1°. Ostatné nastavenia sú zhodné.

S takto nastaveným modulom je možné zahájiť meranie podobne ako pri predošlej úlohe a zväčšovať alebo zmenšovať uhol prvej fázy na výstupe chráneného objektu. Výsledok zmenšovania uhlu je na *Obr. 7.14*, kedy ochrana vybavila pri uhle  $-93^\circ$  od počiatkovej (bezporuchovej) hodnoty  $0^\circ$ . Pri tomto meraní sa veľkosti fáz nemenia.



*Obr. 7.14 Výsledok testu znižovania fázového uhlu jednej fázy*

*Obr. 7.15* zobrazuje výsledok merania pri zvyšovaní hodnoty uhlu prvej fázy na výstupe chráneného objektu. Ochrana vybavila pri uhle  $46^\circ$  oproti počiatkovej (bezporuchovej) hodnote  $0^\circ$ .

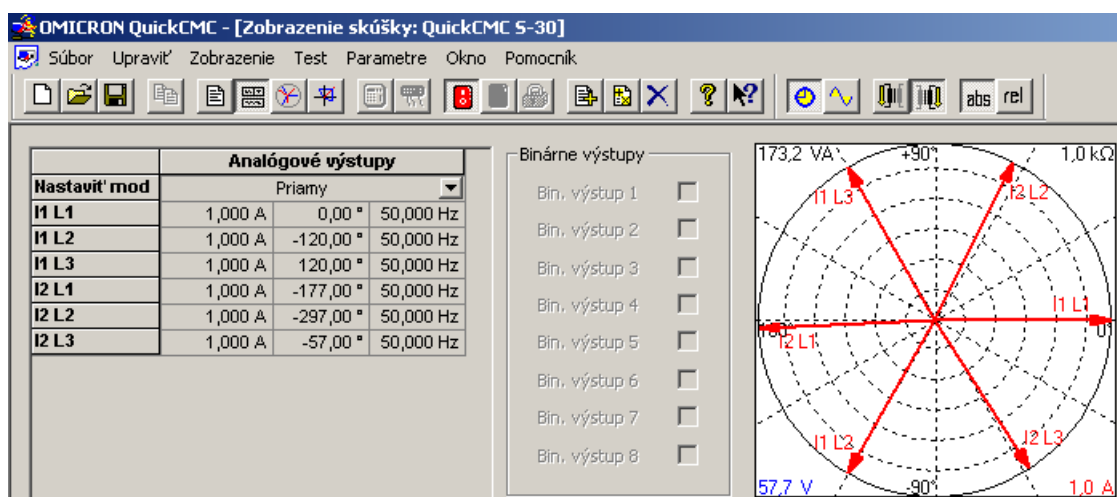


Obr. 7.15 Výsledok testu zvyšovania fázového uhlu jednej fázy

### 7.3.3.3 Testovanie reakcie porovnávacej ochrany S-30 na rotáciu symetrickej hviezdy výstupných prúdov

Nastavenia pre vykonanie tohto testu sú takmer rovnaké ako pri teste zmeny uhlu jednej fázy. V nastaveniach **Krok / Rampa**, pod položkou **Výstup(y)** vyberieme **I2 L1;L2;L3**. Po tomto nastavení môžeme započat' meranie.

Výsledok merania je zobrazený na Obr. 7.16. Meranie však v tomto okamihu nebolo zastavené hoci protichodný sled fáz na začiatku a konci vedenia je jav, ktorý nastáva pri trojfázových skratoch. Symetrická hviezda na výstupe chráneného objektu plynule rotovala bez vybavenia ochrany hoci podľa teoretického základu by sa mali v tomto bode prúdy z meracích transformátorov sčítat' v spojovacom vedení a zaistiť tak vybavenie ochrany.



Obr. 7.16 Meranie rotácie symetrickej hviezdy na výstupe chráneného objektu

## 8 ZÁVER

### 8.1 Ciele dosiahnuté v práci

V práci boli spracované základné údaje o druhoch porúch ktoré sú zaznamenávané porovnávacími ochranami, ako aj nebezpečenstvám, ktoré vyvolávajú. Rovnako bol spracovaný teoretický rozbor porovnávacích ochrán, a to konkrétne ich delenie podľa spôsobu komunikácie, ako aj podľa kritéria chránenia. Ďalej bola vysvetlená funkcia porovnávacích ochrán, ich vzájomná komunikácia, väzby a spôsob zaist'ovania selektivity.

V druhej časti boli stručne rozobrané spôsoby merania porovnávacích ochrán s klasickou laboratórnou technikou. Obsahom práce je popis meraní týchto ochrán pomocou prístroja CMC 256+ a jeho softwarových modulov, ktoré umožňujú podrobné overenie funkcií ochrán.

Postup testov s použitím modulu *Advanced Differential* bol vypracovaný iba na základe teoretických informácií získaných z uvedenej literatúry. Keďže v čase písania tejto práce nebolo možné praktické zoznámenie sa s opisovanou meracou technikou a softwarom, je vysoko pravdepodobné, že text v tejto časti môže obsahovať miestami nepresné, neúplné, alebo chybné informácie, prameniace z nedostatočného množstva podkladov.

Meranie v prostredí *Advanced differential* by poskytovalo mnoho výhod, no doplnkový software *Advanced Protection package* nebol k prístroju CMC 256+ zakúpený. Preto bolo nutné pre test porovnávaczej ochrany S-30 použiť základný softwarový balík *Protection package* z ktorého boli vybrané vhodné moduly pre niekoľko jednoduchých meraní.

### 8.2 Priebeh návrhu laboratórnej úlohy

Na začiatku bolo potrebné navrhnuť schému zapojenia pre meranie porovnávaczej ochrany S-30. Pre účel merania boli použité prúdové výstupy a binárno-analógové výstupy testeru CMC 256+. Spolu s informáciami z dokumentácie k ochrane bola navrhnutá bloková schéma na Obr. 5.1. Nasledoval výber vhodných meracích modulov. Pre tento účel dokonale poslúžil modul QuickCMC, ktorý poskytuje možnosť jednoduchého nastavovania statických výstupných prúdov. Navyše meranie pomocou neho môže byť doplnené o spúšť'aciu podmienku pre odpojenie prúdových výstupov, a rovnako tak je schopný krokovej zmeny výstupných veličín – rampingu. Snaha o definovanie analógového vstupu pre použitie prúdovej sondy v tomto module však bola neúspešná. Z tohto dôvodu musel byť test doplnený o merací modul EnerLyzer kde jej použitiu nič nebránilo.

Po dokončení konfigurácie všetkých vstupov a výstupov v oboch moduloch, za stáleho zberu informatívnych screenshotov, slúžiacich ako dokumentácia k vypracovaniu merania, a zároveň aj ako súčasť návodu na meranie v priloženom návrhu laboratórnej úlohy, bolo možné začať jednotlivé testy.

Pri prvom meraní boli vstupné a výstupné prúdy jednotlivých fáz nastavené na hodnotu 1 A so zhodnými fázovými uhlami, čo ochrana vyhodnotila správne ako bezporuchový stav. Pri pokuse o rovnakú skúšku s hodnotami fázových prúdov 5 A vyhodnotila ochrana poruchu a vybavila, čo je považované za jej chybnú reakciu. Ochrana S-30 je stavaná na menovité prúdy 1 a 5 A a mala by znášať trvalú preťažiteľnosť  $2I_n$ . Pri prestavení citlivosti na 0,2 A bola ochrana schopná nevybaviť len pri prúdoch do 2,5 A na fázu. Pre ďalšie merania bol teda použitý



menovitý prúd 1 A na fázu.

Po nastavení prúdov a krokovej podmienky, tak ako je ukázané na *Obr. 7.6* bolo možné začať meranie reakcie ochrany na znižovanie hodnoty prúdu jednej fázy, čo simuluje unikajúce prúdy. Toto meranie bolo úspešné a ochrana vybavila pri poklese prúdu na hodnotu 270 mA. Výsledok merania je na *Obr. 7.8*, kde je vidieť aj fázový diagram. Z tohto merania bola vyhotovená aj ukážka meracieho protokolu (*Obr. 7.9*). Počas merania bol sledovaný prúd spojovacím vedením za pomoci prúdovej sondy a meracieho modulu EnerLyzer. Jeho výsledky sú zaznamenané na *Obr. 7.10 – 7.13*. Jednosmerná zložka prúdu, ktorá figuruje vo výsledkoch však nie je skutočná. Je zapríčinená výstupom sondy naprázdno, ktorý je 11,5 mV, čo pri prevode 100 mV/A odzrkadľuje hodnotu cca 100 mA.

Ďalším testom bolo zisťovanie reakcie ochrany na zmenu fázového uhlu jednej fázy, a to pre jeho zvyšovanie aj znižovanie. Výsledky sú zobrazené na *Obr. 7.14* a *Obr. 7.15*. Rozdiel vo veľkosti uhlov, pri ktorých ochrana vybavila je daný tým, že ochrana nerozoznáva priamo fázové posuny medzi začiatkom a koncom, ale hodnotí rozdielový prúd v spojovacom vedení. Rozdielne rozbehové prúdy pre rôzne typy skratov majú potom za následok rozdiel v tolerovanom fázovom posune.

Posledným meraním bola skúška reakcie ochrany na rotáciu symetrickej hviezdy na výstupe chráneného objektu. Pri tejto skúške ochrana nevybavila ani keď boli prúdy na začiatku a konci vedenia v protifáze, čo by malo predstavovať trojfázový skrat pri napájaní z dvoch strán (*Obr. 7.16*).

Výstupom testov je návrh zadania laboratórnej úlohy doloženej v prílohách. Ten obsahuje iba tie z úloh, ktoré sa podarilo zmerať, aby nebol zbytočne zavádzajúci. Časová náročnosť úloh nepresahuje 100 min, čo znamená, že pri ich aplikácii do laboratórnych cvičení, na ktoré je vyhradený čas 2 vyučovacie hodiny by nemal byť problém.

### 8.3 Predpokladaný vývoj práce

Vyhliadkou do budúcnosti pre túto prácu je návrh a vypracovanie ďalších testov za pomoci súčasného, prípadne doplnkového softwaru. Rovnako tak zistenie príčin chybného vyhodnocovania porúch ochranou S-30 pri skúškach vyššími prúdmi, ako aj zistenie príčin jej nečinnosti v spomenutom prípade.

Rovnako môžu byť v budúcnosti spracované aj testy iných typov ochrán.

## POUŽITÁ LITERATÚRA

- [1] JANÍČEK, F., CHLADNÝ, V., BELÁŇ, A., ELESCHOVÁ, Ž.: Digitálne ochrany v elektrizačnej sústave. Vydavateľstvo STU Bratislava 2004
- [2] HALUZÍK, E., WEIDINGER, L., KRÁTKÝ, M.: Ochrany a jištění energetických zařízení. Brno
- [3] TOMAN, P.: Ochrany a jištění zařízení – Laboratorní cvičení. Brno 2003
- [4] OMICRON Advanced protection package, uživatelská příručka. OMICRON electronics 2010
- [5] OMICRON Protection package, user manual, OMICRON electronics 2010
- [6] OMICRON EnerLyzer, user manual, OMICRON electronics 2008
- [7] ZPA, Podélná srovnávací ochrana S 30 A, S 30 B, závod Trutnov, tř. Čsl. Armády 5, Trutnov 1962
- [8] OMICRON Test universe [počítačový program]. v2.40 SR1

## PRÍLOHA

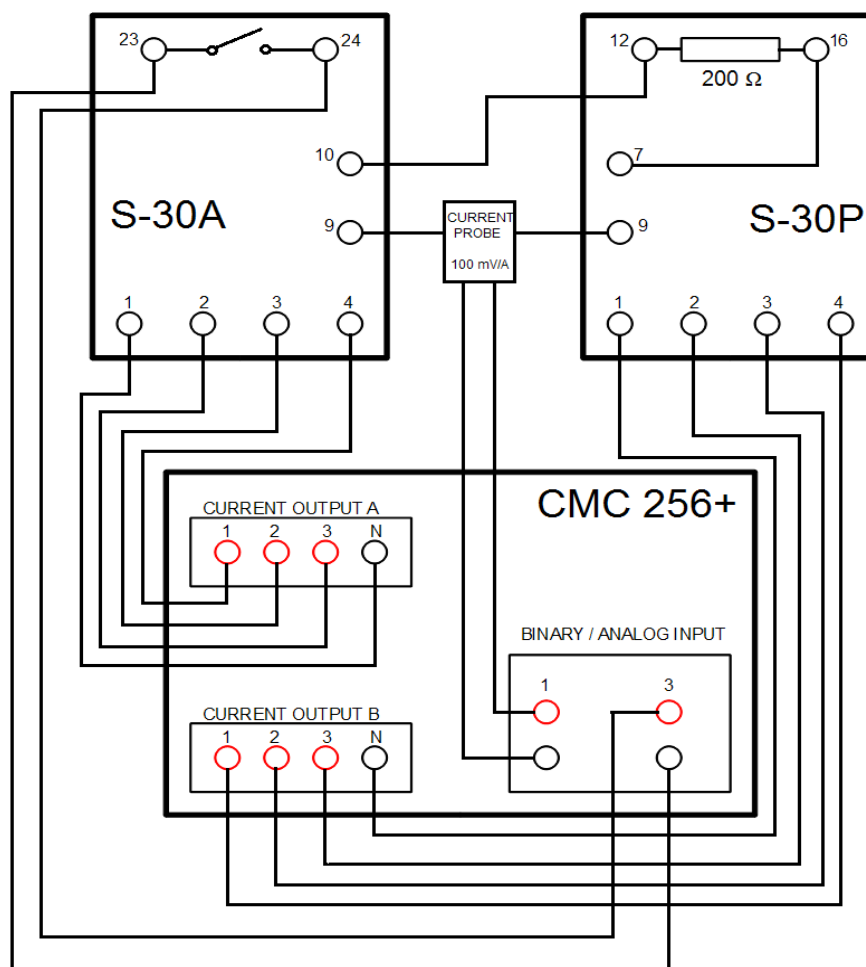
### Testovanie Porovnávacej ochrany S-30 s použitím testeru CMC 256+

#### Úlohy:

1. Zapojte meranú úlohu podľa schémy.
2. Vykonajte základné nastavenia vstupov a výstupov ochrany CMC 256+ podľa návodu.
3. Otestujte reakciu porovnávacej ochrany S-30 na znižovanie veľkosti prúdu jednej fázy. Sledujte priebeh prúdu v spojovacom vedení.
4. Otestujte reakciu porovnávacej ochrany S-30 na zmenu fázového uhlu jednej fázy.
5. Zhodnoťte v závere výsledky merania.

#### Zapojenie testovanej ochrany S-30

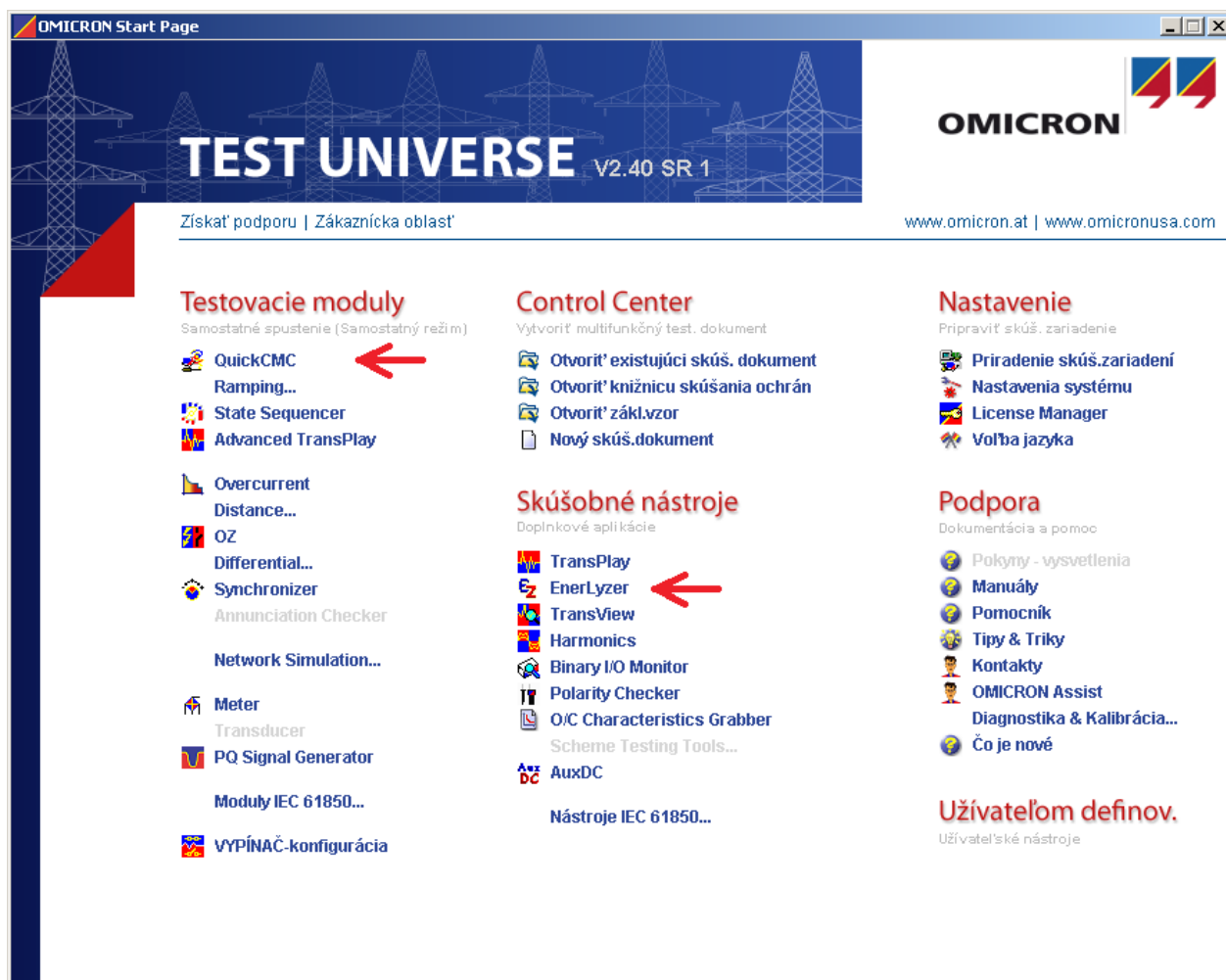
Bloková schéma zapojenia je na *Obr. 1*. Začiatok chráneného úseku simulujú prúdové výstupy **A** z CMC 256+, **1**, **2**, **3** a **N** pripojené na merací transformátor skrine S-30A v rovnakom poradí ku vstupom **4**, **3**, **2** a **1**. Koniec chráneného úseku simulujú prúdové výstupy **B** – **1**, **2**, **3** a **N** pripojené na merací transformátor skrine S-30P v rovnakom poradí ku vstupom **1**, **2**, **3** a **4**. Koncové relé skrine S-30A (svorky s označením **23** a **24**) je pripojené medzi svorky binárno-analógového vstupu/výstupu číslo **3** na prístroji CMC 256+. Na binárno-analógovom vstupe/výstupe číslo **1** je pripojená prúdová sonda s prevodom 100 mV/A, ktorou je meraný prúd spojovacím vedením. Odpor spojovacieho vedenia bol podľa dokumentácie ochrany doplnený o 200  $\Omega$  použitím série odporov (4x50  $\Omega$ ) umiestnených priamo na skrini S-30P. Spojovacie vedenie je teda vedené zo svorky číslo **10** skrine S-30A (začiatok sekundárneho vinutia meracieho transformátoru) na svorku číslo **12** skrine S-30P (začiatok série odporov). Ďalej zo svorky **16** skrine S-30P (koniec série odporov) na svorku **7** skrine S-30P (začiatok sekundárneho vinutia meracieho transformátoru). Prepojením svoriek označených číslom **9** na oboch skriniach (konce sekundárnych vinutí meracích transformátorov) sa uzatvára obvod spojovacieho vedenia.



Obr. 1 Bloková schéma zapojenia

## OMICRON TEST UNIVERSE v2.40 SR 1

OMICRON TEST UNIVERSE je súbor modulov podporovaných prístrojom CMC 256+ a ďalšími testermi firmy OMICRON. Rozdiely v prístrojoch sú hlavne v maximálnych výstupných veličinách, počte ovládaných výstupov a možných funkciách, od čoho sa odvíja aj ich cena. Na Obr. 2 je zobrazená úvodná strana OMICRON TEST UNIVERSE, kde sú červenými šípkami zvýraznené dva moduly, QuickCMC a EnerLyzer, použité pri testovaní porovnávacej ochrany S-30. Pred samotným meraním je nutné tieto moduly spustiť a nakonfigurovať.

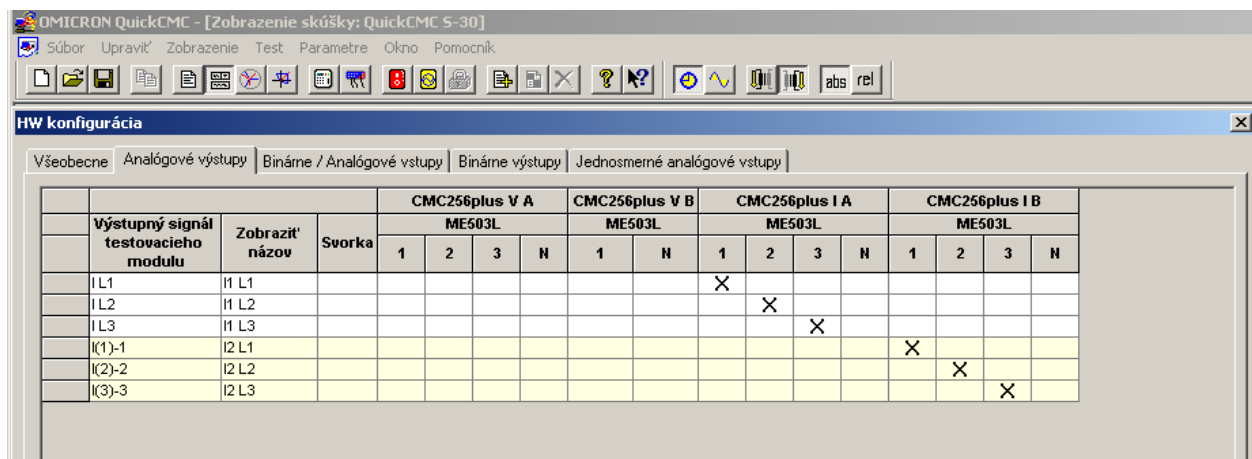


Obr. 2 Úvodná stránka OMICRON TEST UNIVERSE

## Príprava na meranie – OMICRON QuickCMC

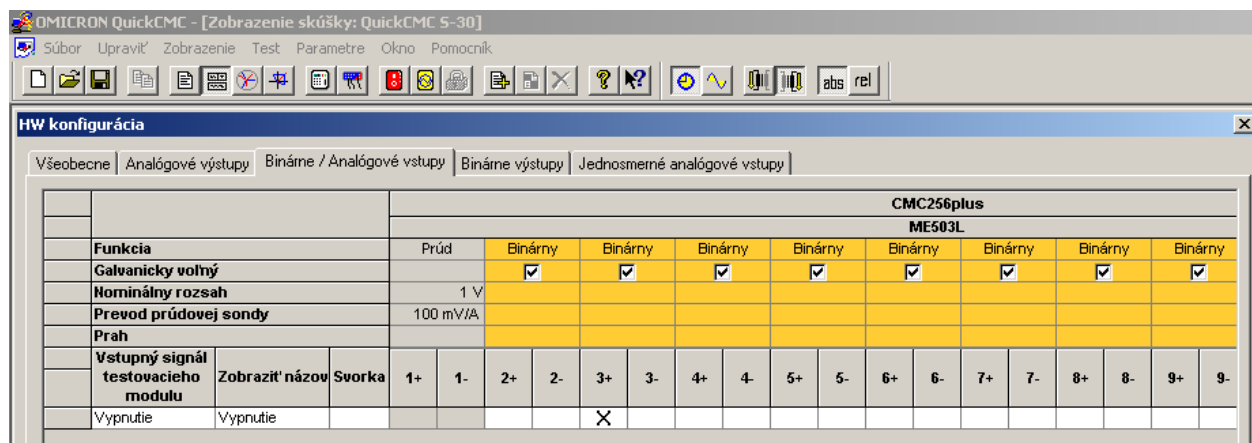
Na začiatku vytvoríme nový súbor, za pomoci tlačidiel rýchleho prístupu z hornej lišty, do ktorého sa ukladá konfigurácia modulu.

Samotnú konfiguráciu začneme charakterizovaním vstupov a výstupov, ktoré budeme používať. Spustíme **HW konfiguráciu** z panelu rýchleho prístupu a prejdeme na kartu **Analógové výstupy**. V tabuľke označíme prúdové výstupy, ktoré budeme používať, tak, ako je to možné vidieť na Obr. 3.



Obr. 3 Nastavenie analógových výstupov prúdu

Prejdeme na záložku **Binárne / Analógové vstupy** a označíme použitie binárneho vstupu 3+ (Obr. 4). Skontrolujeme, či je **Funkcia** tohto vstupu nastavená na **Binárny** a políčko **Galvanicky voľný** je potvrdené. V položke **Vstupný signál testovacieho modulu** nastavíme **Vypnutie**.



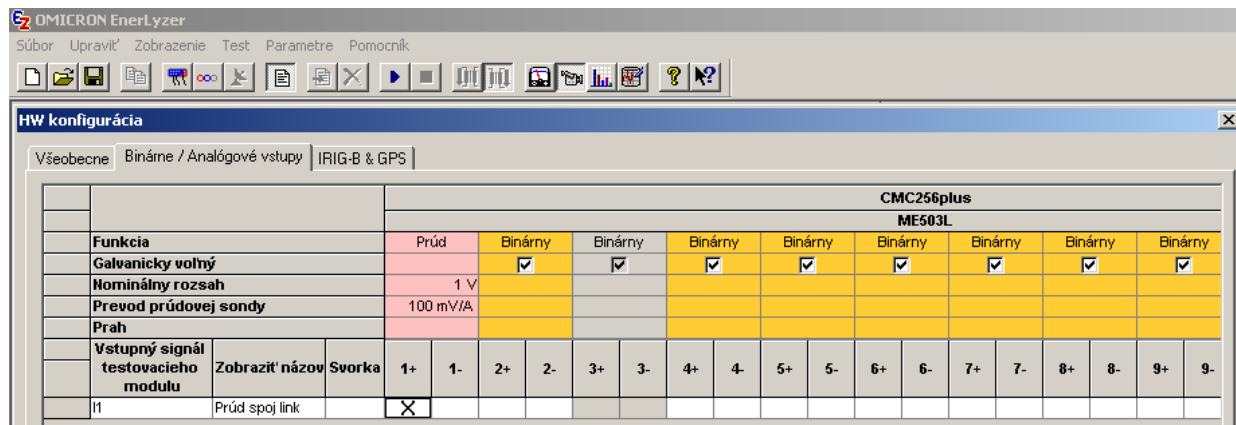
Obr. 4 Nastavenie binárneho vstupu pre spúšťačiu podmienku

Skontrolujeme záložku **Binárne výstupy** a **Jednosmerné analógové vstupy**. Obe by mali byť bez definovaných vstupov a výstupov. Hoci to neovplyvní meranie, hodnoty definovaných vstupov a výstupov sú uvádzané v meracom protokole, ktorý je možné po meraní vytvoriť. Nakoniec zostáva tlačítkom **OK** v pravom dolnom rohu okna potvrdiť a uložiť zmeny HW konfigurácie.

## Príprava na meranie – OMICRON EnerLyzer

Tento modul použijeme pre meranie prúdu v spojovacom vedení za pomoci prúdovej sondy, keďže v module QuickCMC bolo jej použitie nemožné.

Postupujeme podobne ako v predošlom module. Z panelu rýchleho prístupu spustíme **HW konfiguráciu**. Prejdeme na záložku **Binárne / Analógové vstupy** kde zaznačíme použitie vstupu 1+ ako ukazuje Obr. 5. Nastavíme **Funkciu** na **Prúd**, **Nominálny rozsah** a **Prevod prúdovej sondy** na hodnoty podľa použitej prúdovej sondy. V našom prípade **Nominálny rozsah** 1 V a **Prevod prúdovej sondy** 100 mV/A. Potvrdíme a uložíme zmeny tlačítkom **OK**.



Obr. 5 Nastavenie analógového vstupu pre prúdovú sondu

## Testovanie reakcie S-30 na zmenu veľkosti jednej fázy

Obr. 6 ukazuje počítačové nastavenie modulu QuickCMC pre meranie zmeny veľkosti prúdu vo prvej fáze na výstupe chráneného objektu. V ľavom hornom rohu nastavujeme prúdy jednotlivých prúdových výstupov. Počiatočné hodnoty prúdov pre meranie boli nastavené na 1 A so vzájomným fázovým posunom  $120^\circ$  a frekvenciou 50 Hz. Vstupné aj výstupné hodnoty veľkosti, fázy a frekvencie prúdov sú od počiatku totožné, čo je možné vidieť aj na fázorovom diagrame v pravom hornom rohu kde sa nastavené hodnoty priamo premietajú.

V ľavom dolnom rohu je súbor nastavení pre **Krok/Rampa**. Kolonka **Výstup(y)** je nastavená na **I2 L1** čo znamená, že zmena bude prebiehať v prvej fáze na výstupe z chráneného objektu. Veličina určuje druh menenej hodnoty. Pre dané meranie je zvolená možnosť **Magnitude**. **Rozmer** udáva veľkosť kroku, a teda aj presnosť nameranej hodnoty. V tomto prípade je nastavený na 10 mA. Posledným nastavovaným parametrom je **Čas**. Ten udáva dobu trvania jedného kroku, ktorý sme nastavili na 100 ms. Aby meranie prebiehalo samočinne, je nutné potvrdiť checkbox **Automatické**.

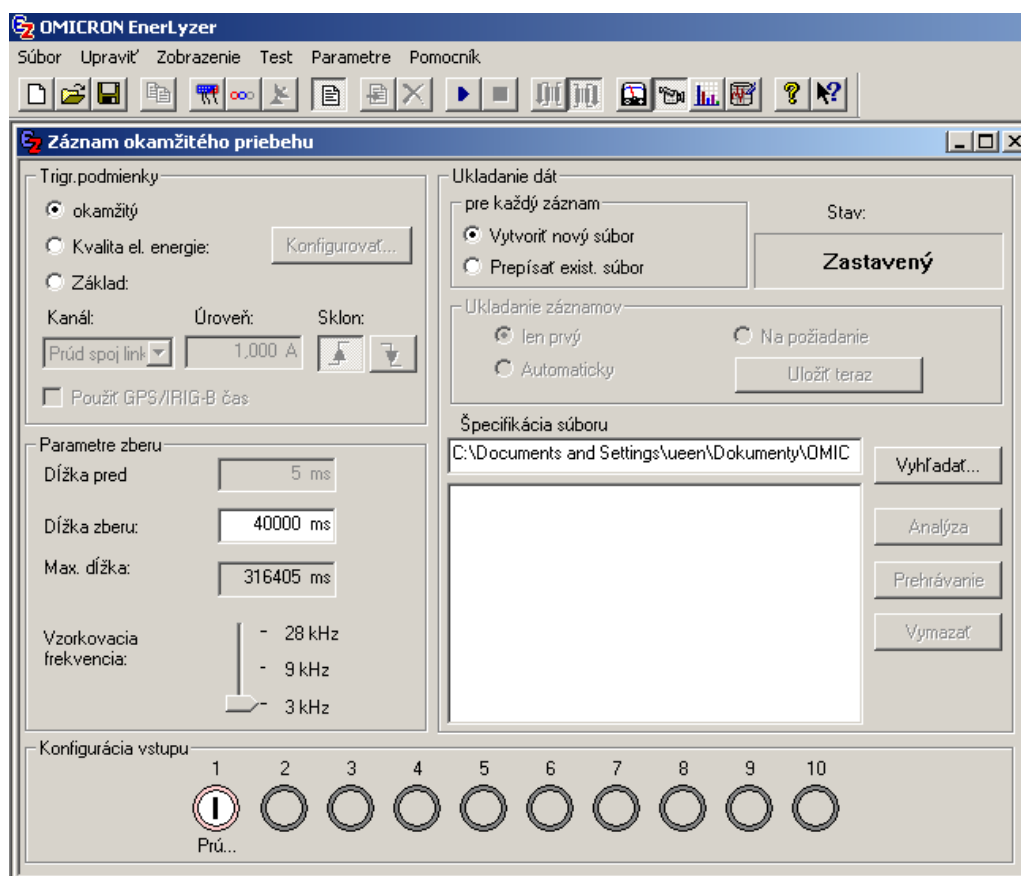
Nastaviť mod	Analogové výstupy		
	Priamy		
I1 L1	1,000 A	0,00 °	50,000 Hz
I1 L2	1,000 A	-120,00 °	50,000 Hz
I1 L3	1,000 A	120,00 °	50,000 Hz
I2 L1	1,000 A	0,00 °	50,000 Hz
I2 L2	1,000 A	-120,00 °	50,000 Hz
I2 L3	1,000 A	120,00 °	50,000 Hz

Binárne vstupy / Aktivácia zápisu	
Nepoužitý	
Nepoužitý	
Vypnutie	<input checked="" type="checkbox"/> nedostup.
Nepoužitý	
Nepoužitý	
Nepoužitý	
Nepoužitý	
Nepoužitý	
Nepoužitý	
Nepoužitý	
Preťaženie	<input type="checkbox"/> nedostup.

Obr. 6 Nastavenie počiatočných podmienok v QuickCMC

Obr. 7 ukazuje nastavenie modulu EnerLyzer. V ľavom hornom rohu sú možnosti nastavenia spúšťacej podmienky, ktorá je nastavená na hodnotu **okamžitý**. Je to z dôvodu veľkosti prúdu, pri ktorej automatické podmienky nedokázali reagovať a teda boli pre meranie nevyhovujúce. Takto nastavenú spúšť musíme teda spustiť manuálne. Pod spúšťacími podmienkami je nastavenie parametrov priebehu. **Dĺžka zberu** je nastavená na hodnotu 40 000 ms, aby bolo možné zachytiť celý priebeh merania až do nábehu ochrany. Ďalej **Vzorkovacia frekvencia** na hodnote 3 kHz plne postačuje pre účel merania a preto nemá zmysel

používať vyššiu. V druhej polovici okna zvolíme jednu z možností zápisu výsledkov, a to buď ich prepisovanie po každom meraní, alebo vytváranie nového súboru po každom meraní. Súboru budú zobrazované a bude ich možné otvárať priamo z viditeľného okna.



Obr. 7 Nastavenie počiatočných podmienok v EnerLyzer

Po dokončení vyššie uvedených nastavení je možné započat' samotné meranie. Ako prvý krok spustíme meranie v module EnerLyzer za pomoci tlačidla z horného panelu rýchleho prístupu. Tým program začne merať hodnotu prúdu na spojovacom vedení medzi oboma skriňami ochrany S-30.

Následne sa prepne do modulu QuickCMC a klávesou **F5**, prípadne jedným z tlačidiel na obrazovke pripojíme výstupy ochrany. V ľavom dolnom rohu okna, v sekcii **Krok / Rampa** stlačíme príslušnú šípku podľa toho či chceme, aby sa prúd vo fáze odčítal, alebo pričítal. Po nábehu ochrany zabezpečí binárny vstup, kontrolujúci vybavovacie relé, odpojenie výstupov z CMC 256+. Posledné zaznamenané hodnoty pri vypnutí zostanú v module QuickCMC. Klávesou **F10** ich potom možno uložiť do meracieho protokolu a určiť či vyhovujú, alebo nie.

Výstupom z modulu EnerLyzer sú priebehy prúdov spojovacieho vedenia ktoré je možné zobrazit' v rôznych formách. Otvorením súboru meraní v module EnerLyzer sa spustí modul TrasView, ktorý slúži na prehliadanie priebehu meraní.

Prepnutím do zobrazenia harmonických zložiek dostaneme prehľad o zložení meraného signálu. V tomto zobrazení máme k dispozícii kurzor ktorým ovládame časový priebeh čím môžeme získať údaje z ktoréhokolvek časového okamihu merania.

Ďalšiu možnosť zobrazenia poskytuje prepnutie sa do vektorového zobrazenia. Tu sú k dispozícii dva kurzory, ktoré nám poskytujú orientáciu v čase. Ku každému je priradený jeden



fázorový diagram. To nám dáva možnosť porovnať vektory, v ktorýchkoľvek dvoch meraných momentoch. Pre nás sú samozrejme zaujímavé časy začiatku a konca merania

Poslednou možnosťou zobrazenia je usporiadaná tabuľka hodnôt, rovnako s možnosťou prehliadania hodnôt v priebehu času za pomoci kurzora.

### **Testovanie reakcie porovnávacej ochrany na zmenu uhlu jednej fázy**

Nastavenia pre testovanie ochrany na zmenu uhlu jednej fázy sú obdobné ako na *Obr. 6*. Oproti nim však v nastaveniach **Krok / Rampa**, pod položkou položku **Veličina**, vyberieme menenú veličinu **Fáza**. Rovnako tak nastavíme **Rozmer** na 1°. Ostatné nastavenia sú zhodné.