

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

ÚSTAV ELEKTROENERGETIKY

DEPARTMENT OF ELECTRICAL POWER ENGINEERING

TESTOVÁNÍ DISTANČNÍ OCHRANY

TESTING OF DISTANCE PROTECTION

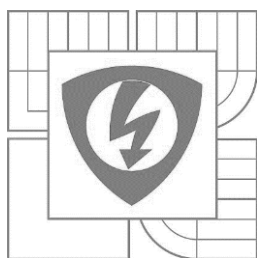
AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Peter Makuta

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. Vojtěch Wasserbauer

BRNO 2016



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav elektroenergetiky

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor
Silnoproudá elektrotechnika a elektroenergetika

Student: Peter Makuta

ID: 134549

Ročník: 3

Akademický rok: 2015/2016

NÁZEV TÉMATU:

Testování distanční ochrany

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

- 1, Popis vybrané distanční ochrany a testeru Omicron 256+.
- 2, Popis knihovny funkcí testeru distančních ochran Omicron 256+.
- 3, Příprava návodu pro použití testeru distančních ochran Omicron 256+.
- 4, Provedení měření a verifikace připravených návodů.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

podle pokynů vedoucího práce

Termín zadání: 8.2.2016

Termín odevzdání: 24.5.2016

Vedoucí práce: Ing. Vojtěch Wasserbauer

Konzultanti bakalářské práce:

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:

MAKUTA, P. Testování distanční ochrany . Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2016. 48 stran. Vedoucí bakalářské práce Ing. Vojtěch Wasserbauer.

Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. Díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

.....

Pod'akovanie

Ďakujem vedúcemu práce Ing. Vojtěchovi Wasserbauerovi za jeho ochotu zaštitit' moju prácu. Ďakujem Ing. Michalovi Kostercovi za mentorovanie počas písania práce a Kinan Wannous za nadobudnuté know-how v oblasti distančných ochrán.

ABSTRAKT

Táto práca sa zaoberá základnými poruchovými stavmi v elektrizačnej sústave. V druhej časti sa zaoberá elektrickými ochranami a požiadavkami na ich prevádzku.

V práci je predstavená distančná ochrana SIPROTEC 4 7SA610, jej technické parametre a hlavné funkcie. V téme testovania je popísané testovacie zariadenie OMICRON 256plus.

Obsahom práce je taktiež manuál, ktorý slúži k nastaveniu distančnej ochrany SIPROTEC 4 7SA610 a testovacieho zariadenia OMICRON 256plus.

Záver práce obsahuje testovanie distančnej ochrany SIPROTEC 4 7SA610, analýzu nameraných hodnôt a zhodnotenie požiadavkov na danú ochranu.

KLÍČOVÁ SLOVA: poruchové stavy v elektrizačnej sústave, elektrické ochrany, požiadavky na elektrické ochrany, distančná ochrana, SIEMENS SIPROTEC 4 7SA610, OMICRON 256plus, DIGSI Manager, testovanie distančnej ochrany

ABSTRACT

This work deals with basic fault conditions in the power system. It deals with electric protections and their requirements for service in the second section.

Distance protection SIPROTEC 4 7SA610, its technical parameters and main functions are introduced in this work. Testing unit OMICRON 256plus is described in the topic dealing with testing.

Manuals for adjusting the distance protection SIPROTEC 4 7SA610 and OMICRON 256plus is also included in this work.

Testing of distance protection SIPROTEC 4 7SA610, analysis and evaluation of the measured values are stated in the summary.

KEY WORDS: fault conditions in the power system, electric protections, electric protections requirements, distance protection, SIEMENS SIPROTEC 4 7SA610, OMICRON 256plus, DIGSI Manager, testing of distance protection

OBSAH

ZOZNAM OBRÁZKOV	9
ZOZNAM TABULIEK	10
ZOZNAM SYMBOLOV A SKRATIEK	11
1 ÚVOD.....	12
2 ZÁKLADNÉ PORUCHOVÉ STAVY.....	13
2.1 SKRAT.....	13
2.2 ZEMNÉ SPOJENIE.....	13
2.3 PRÚDOVÉ PREŤAŽENIE	13
2.4 NADPÄTIE, PREPÄTIE A PODPÄTIE	14
3 ELEKTRICKÉ OCHRANY	15
3.1 STAVOVÁ INTERPRETÁCIA SYSTÉMU CHRÁNENIA.....	15
3.2 ROZDELENIE ELEKTRICKÝCH OCHRÁN	15
3.2.1 NADPRÚDOVÁ OCHRANA	15
3.2.2 ROZDIELOVÁ OCHRANA	16
3.2.3 POROVNÁVACIA OCHRANA.....	16
3.2.4 DISTANČNÁ OCHRANA	16
3.2.5 OCHRANA PROTI TEPELNÉMU PREŤAŽENIU	16
3.2.6 WATTOVÉ A JALOVÉ OCHRANY	17
3.2.7 FREKVENČNÉ OCHRANY	17
3.3 POŽIADAVKY NA OCHRANY.....	17
3.3.1 SPOL' AHLIVOSŤ	17
3.3.2 SELEKTIVITA	17
3.3.3 RÝCHLOSŤ PÔSOBENIA.....	18
3.3.4 JEDNODUCHOSŤ OBSLUHY.....	18
3.3.5 EKONOMICKÁ NÁVRATNOSŤ	18
4 SIEMENS 7SA610	19
4.1 POPIS ZARIADENIA	19
4.2 ZÁKLADNÉ TECHNICKÉ PARAMETRE SIPROTEC 4 7SA6	19
4.3 OCHRANNÉ FUNKCIE DISTANČNEJ OCHRANY SIPROTEC 4 7SA6 [8].....	20
4.3.1 DISTANČNÁ OCHRANA (ANSI 21N).....	21
4.3.2 LOKALIZÁCIA PORUCHY (ANSI FL)	21
4.3.3 SMEROVÁ OCHRANA PROTI ZEMNÉMU SPOJENIU S VEĽKOU IMPEDANCIU (ANSI 50N, 51N, 67N).....	21
4.3.4 ZÁLOŽNÁ NADPRÚDOVÁ OCHRANA (ANSI 50, 51, 67)	21
4.3.5 DETEKCIA VÝKONOVÝCH VÝKYVOV (ANSI 68, 68T)	22
4.3.6 OCHRANA PROTI POKLESU NAPÄTIA NA KONCI VEDENIA (ANSI 27WI).....	22
4.3.7 OCHRANA PROTI SPUSTENIU PRI PORUCHE (ANSI 50HS).....	22

4.3.8	OCHRANA PROTI ZLYHANIU VÝKONOVÉHO VYPÍNAČA (ANSI 50BF).....	22
4.3.9	PREPĀŤOVÁ/PODPĀŤOVÁ OCHRANA (ANSI 59/27)	22
4.3.10	NADFREKVENČNÁ/PODFREKVENČNÁ OCHRANA (ANSI 81O/U).....	22
4.3.11	KONTROLA SYNCHRONIZÁCIE (ANSI 25).....	22
4.3.12	AUTOMATICKÉ OPĀTOVNÉ PRIPOJENIE (ANSI 79)	23
4.3.13	MONITĀROVANIE CIEVOK VÝKONOVÉHO VYPÍNAČA (ANSI 74TC)	23
4.3.14	UZAMKNUTIE S MOŽNOSŤOU LEN MANUĀLNEHO RESETU (ANSI 86)	23
4.3.15	TEPELNĀ OCHRANA TRANSFORMĀTOROV A KĀBLOV (ANSI 49)	23
5	OMICRON 256PLUS	24
5.1	POPIS ZARIADENIA	24
6	NĀVOD PRE POUŽITIE DIGSI MANAGER.....	26
6.1	VYTVORENIE NOVÉHO PROJEKTU	26
6.2	NASTAVENIE KOMUNIKÁCIE.....	27
6.3	NASTAVENIE VLASTNOSTÍ OCHRANY	27
6.4	NASTAVENIE MATICE VSTUPOV A VÝSTUPOV	28
6.4.1	NASTAVENIE ATRIBÚTOV V MATICI VSTUPOV A VÝSTUPOV	28
6.5	NASTAVENIE NAPĀJANIA.....	28
6.6	NASTAVENIE DISTANČNÝCH ZÓN.....	29
7	TESTOVANIE DISTANČNEJ OCHRANY SIEMENS 7SA610	30
7.1	NASTAVENIE OCHRANY SIEMENS 7SA610.....	30
7.1.1	ZAPOJENIE OBVODU.....	31
7.1.2	NASTAVENIE DISTANČNÝCH ZÓN	31
7.2	NASTAVENIE TESTERU OMICRON 256PLUS.....	33
7.2.1	KONTROLA PRIPOJENIA	33
7.2.2	NASTAVENIE TESTOVANIA.....	34
8	TEST OCHRANY SIEMENS 7SA610	35
8.1	TESTOVANIE OCHRANY PRI JEDNOFĀZOVÝCH PORUCHĀCH	36
8.2	TESTOVANIE OCHRANY PRI DVOJFĀZOVÝCH PORUCHĀCH	37
8.3	TESTOVANIE OCHRANY PRI TROJFĀZOVÝCH PORUCHĀCH	38
9	ZĀVER.....	39
10	POUŽITĀ LITERATĀRA.....	41
PRÍLOHA A	42

ZOZNAM OBRÁZKOV

<i>Obr. 2.1 Druhy skratov</i>	<i>13</i>
<i>Obr. 3.1 Stavová interpretácia systému chránenia</i>	<i>15</i>
<i>Obr. 4.1 Rada distančných ochrán SIPROTEC 4 7SA6</i>	<i>19</i>
<i>Obr. 4.2 Ochranné zóny distančnej ochrany SIPROTEC 4 7SA6</i>	<i>21</i>
<i>Obr. 5.1 Rozhrania na prednej strane Omicron 256plus</i>	<i>24</i>
<i>Obr. 5.2 Možnosti pripojenia Omicron 256plus.....</i>	<i>25</i>
<i>Obr. 6.1 Identifikácia prístroja.....</i>	<i>26</i>
<i>Obr. 6.2 Hardvérová konfigurácia.....</i>	<i>26</i>
<i>Obr. 6.3 Nastavenie zdrojových dát</i>	<i>27</i>
<i>Obr. 6.4 Nastavenie funkcií ochrany</i>	<i>27</i>
<i>Obr. 6.5 Nastavenie distančných zón ochrany</i>	<i>29</i>
<i>Obr. 8.1 Ochranné zóny distančnej ochrany SIEMENS 7SA610.....</i>	<i>30</i>
<i>Obr. 8.2 Zapojenie prístrojových transformátorov prúdu a napätia.....</i>	<i>31</i>
<i>Obr. 6.5 Nastavenie distančných zón ochrany</i>	<i>31</i>
<i>Obr. 7.1 Kontrola pripojenia testeru.....</i>	<i>33</i>
<i>Obr. 7.2 Indikácia správneho pripojenia testeru</i>	<i>33</i>
<i>Obr. 8.1 Rozsah distančných zón.....</i>	<i>35</i>
<i>Obr. 8.2 Rozmiestnenie testovacích bodov pri poruche na jednej fáze</i>	<i>36</i>
<i>Obr. 8.3 Rozmiestnenie testovacích bodov pri poruche na dvoch fázach</i>	<i>37</i>
<i>Obr. 8.3 Rozmiestnenie testovacích bodov pri poruche na troch fázach</i>	<i>38</i>

ZOZNAM TABULIEK

<i>Tab. 4-1 Technické parametre SIPROTEC 47SA6</i>	<i>20</i>
<i>Tab. 4-2 Prehľad funkcií SIPROTEC 4 7SA6 a priradených ANSI kódov.....</i>	<i>20</i>
<i>Tab. 6-1 Nastavenie atribútov v matici vstupov a výstupov.....</i>	<i>28</i>
<i>Tab. 6-2 Vlastnosti chráneného vedenia</i>	<i>32</i>
<i>Tab. 6-3 Dĺžky zón distančnej ochrany.....</i>	<i>32</i>
<i>Tab. 8-1 Vlastnosti distančných zón</i>	<i>35</i>
<i>Tab. 8-2 Test ochrany pri poruche na jednej fáze</i>	<i>36</i>
<i>Tab. 8-3 Test ochrany pri poruche na dvoch fázach</i>	<i>37</i>
<i>Tab. 8-4 Test ochrany pri poruche na troch fázach</i>	<i>38</i>

ZOZNAM SYMBOLOV A SKRATIEK

h_0 – medzný stav chráneného objektu

P_d – oblasť normálnych prevádzkových stavov

PTN – prístrojový transformátor napätia

PTP – prístrojový transformátor prúdu

P_z – oblasť zakázaných prevádzkových stavov

R – rezistencia

u – známe veličiny chráneného objektu

X – reaktancia

x_d – dovolené stavy chráneného objektu

x_p – poruchové stavy chráneného objektu

y – výstupné stavové premenné

1 ÚVOD

Pri neustálom raste dopytu po dodávke elektrickej energie rastú aj požiadavky na jej bezpečnosť a spoľahlivosť. Pri dĺžke vedení v ČR viac ako 250.000 km [9], sú požiadavky na bezpečnosť a spoľahlivosť nezanedbateľné.

Vývoj ochrán, ktoré dokážu identifikovať poruchu a odpojiť postihnutú časť elektrizačnej sústavy za dobu, počas ktorej nenastanú na danej sústave škody, prináša nové riešenia, kombinujúce niekoľko ochranných prvkov do jedného celku.

Táto práca sa zaoberá ochranou od spoločnosti SIEMENS, z rady SIPROTEC 4 7SA61. Tento druh distančných ochrán ponúka obrovské množstvo ochranných módov, ako napríklad distančná ochrana, lokalizátor poruchy, detekcia výkonových výkyvov, záložná nadprúdová ochrana a ďalšie.

V úvode práce sú v krátkosti popísané základné poruchy v elektrizačnej sústave. Ochrane pred týmito poruchami sa venuje tretia kapitola, ktorá popisuje rozdielne elektrické ochrany a požiadavky na ich prevádzku.

Štvrtá a piata kapitola sa venujú prístrojom, s ktorými autor pracuje v praktickej časti, teda ochrane SIPROTEC 4 7SA610 a testovaciemu prístroju OMICRON 256plus.

Šiesta a siedma kapitola majú za účel čitateľa oboznámiť s procesom, ktorý bol zvolený k testovaniu distančnej ochrany.

Posledné dve kapitoly sa venujú výsledkom, ktoré boli počas testovania zaznamenané a ich analýze.

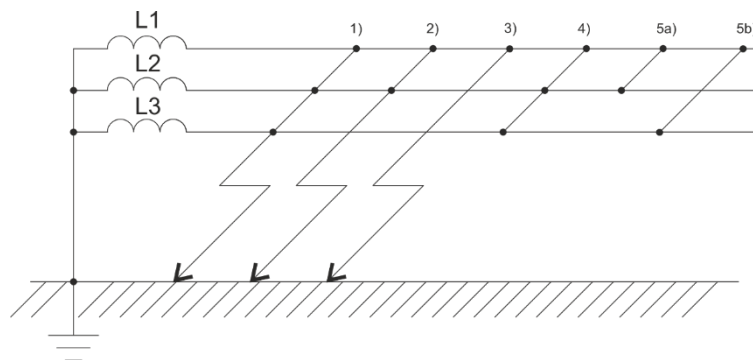
2 ZÁKLADNÉ PORUCHOVÉ STAVY

V elektrizačnej sústave sa vyskytujú poruchové stavy, ktoré je potrebné eliminovať v čo najkratšom čase. Tieto stavy sa delia na prechodné a neprechodné, a to práve podľa doby trvania poruchového stavu. Táto kapitola si nekladie za účel tieto stavy presne špecifikovať, ale v jednoduchosti popísať princípy, kedy vznikajú. [1][4][6]

2.1 Skrat

Skrat vzniká spojením vodičov s rozdielnym napäťovým potenciálom v elektrickej sústave s uzemneným neutrálnym bodom transformátora. Môže tak nastať hneď niekoľko prípadov skratov (Obr. 2-1):

- 1) trojfázový zemný
- 2) dvojfázový zemný
- 3) jednofázový
- 4) trojfázový
- 5) dvojfázový



Obr. 2.1 Druhy skratov

2.2 Zemné spojenie

Táto porucha sa naruší od skratov objavuje v elektrických sieťach, ktoré nemajú neutrálny bod transformátora priamo uzemnený. Takéto zapojenie sa objavuje hlavne pri sieťach vysokého napätia, s čím sú spojené aj niekoľkonásobne väčšie skratové prúdy (pri sieťach s uzlom neúčinne uzemneným sa naopak objaví len zbytkový kapacitný prúd). [1]

2.3 Prúdové preťaženie

Prúdové preťaženie je stav, ktorý nastáva v prípade, že vedením tečie väčší prúd, ako na ktorý je dané vedenie dimenzované. Zvyčajne sa jedná o situáciu, pri ktorej je na odbere zapojený nadmerný počet spotrebičov.

Výsledkom je prehriate vedenia, ktoré môže viesť k poškodeniu izolácie, poprípade k poškodeniu samotného vodiča.

2.4 Nadpätie, prepätie a podpätie

Nadpätie označuje stav, kedy sa na vedení objaví vyššie napätie ako menovité. Znižuje elektrickú pevnosť izolácie a zvyšuje pravdepodobnosť skratu.

Podpätie označuje presne opačný stav, kedy sa na vedení objaví napätie nižšie ako je jeho nominálna hodnota. Tento stav sa objavuje hlavne pri skratoch.

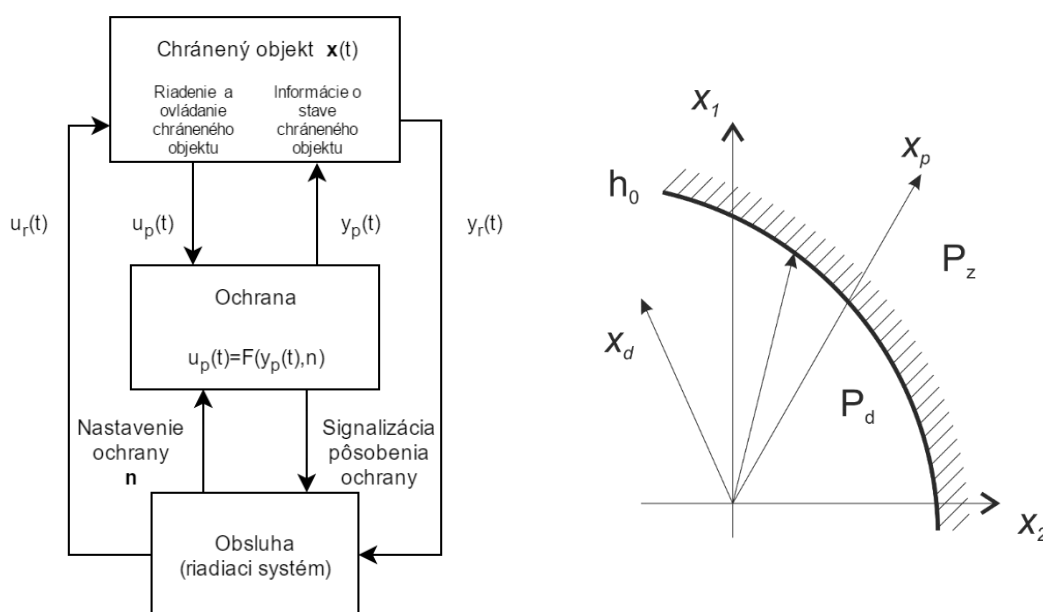
Prepätie je stav podobný nadpätiu, rozdielom je však čas trvania poruchy. Prepätie je na rozdiel od nadpätia stav krátkodobý (atmosférické javy apod.).
[1][2][3]

3 ELEKTRICKÉ OCHRANY

Hlavnou úlohou elektrickej ochrany je sledovať stavové veličiny chránených objektov (transformátorov, generátorov, vedení, spotrebičov apod.) a v prípade poruchy ich rýchlo a bezpečne odpojiť od elektrickej siete. [1][2][3][4][5]

3.1 Stavová interpretácia systému chránenia

Stav chráneného objektu je označený vektorom vnútorných stavových premenných objektu $\mathbf{x}(t)$ (prúd, napätie, teplota apod.) V prípade, že sa chránený objekt nachádza v oblasti dovolených stavov, ochrana prevádza len monitoring chráneného objektu. Ak sa však stav chráneného objektu dostane mimo oblasť dovolených stavov, ochrana zapôsobí prostredníctvom veličiny u_p a vydá povel pre navrátenie chráneného objektu do pôvodného stavu $\mathbf{x}(t)$ (napríklad odpojenie od elektrickej siete, zníženie otáčok, teploty apod.) [3]



Obr. 3.1 Stavová interpretácia systému chránenia

3.2 Rozdelenie elektrických ochrán

Pre každý poruchový stav existuje typ ochrany, ktorá dokáže poruchu identifikovať. Na základe vážnosti poruchy ochrana následne signalizuje obsluhu, o aký stav sa jedná, alebo priamo zareaguje a odpojí chránený objekt. [1][3]

3.2.1 Nadprúdová ochrana

Táto ochrana zabezpečuje odpojenie od elektrickej siete v prípade, že za stanovených podmienok akýkoľvek prúd (fázový alebo zemný) prekročí nastavené hodnoty. Nadprúdové ochrany sa delia podľa ich charakteristík na časovo závislé alebo časovo nezávislé.

3.2.2 Rozdielová ochrana

Táto ochrana vychádza z predpokladu, že za normálnych prevádzkových podmienok je súčet prúdov na všetkých prívodoch a všetkých vývodoch rovný nule. V prípade, že súčet týchto prúdov nie je rovný nule, v chránenom objekte je vnútorná porucha a ochrana zareaguje.

3.2.3 Porovnávacia ochrana

Porovnávacie ochrany vyhodnocujú vždy tú istú veličinu na vstupe a výstupe chráneného objektu. Na základe kontrolovanej veličiny ich delíme na fázové a napäťové porovnávacie ochrany.

3.2.3.1 Fázová porovnávacia ochrana

Táto ochrana porovnáva fázový posun medzi prúdmi na vstupe a výstupe chráneného objektu. Pri poruche na chránenom objekte sa smer jedného prúdu obráti a ochrana na základe tejto situácie zareaguje. Tento typ ochrany je vhodný pre krátke vedenia.

3.2.3.2 Napäťová porovnávacia ochrana

Na rozdiel od fázovej ochrany napäťová porovnáva veľkosť napätia na vstupe a výstupe chráneného objektu. Používa pri tom pomocné transformátory napätia. Pre porovnanie hodnôt a zníženie počtu vodičov sa medzi tieto PTN zapojí sčítací transformátor, ktorý má pre každú fázu vedenia iný počet závitov a vďaka tomu je schopný identifikovať, o aký typ skratu sa jedná.

3.2.4 Distančná ochrana

Hlavným uplatnením tejto ochrany je chránenie vedení, ale môže sa používať aj pri ochrane elektrárenských blokov. Jej princíp spočíva v sledovaní impedancie slučky. Vysoká hodnota impedancie znamená bezporuchový stav, naopak jej pokles indikuje poruchový stav.

V prvej zóne distančná ochrana nedokáže pokryť 100% dĺžky vedenia. Pri impedancii neoverenej meraním pokrýva 80 ÷ 85% dĺžky vedenia, pri presne zmeranej impedancii to môže byť maximálne 90% celkovej dĺžky.

V elektrárenských blokoch sa vďaka neschopnosti chrániť 100% dĺžky vinutia táto ochrana využíva ako záložná ochrana pre generátor. [1][8]

3.2.5 Ochrana proti tepelnému preťaženiu

Tento typ ochrany sa používa pri generátoroch, veľkých motoroch alebo kábloch, ktorých poškodenie by znamenalo veľké ekonomické straty. Ochrana proti tepelnému preťaženiu prepočítava prúdové zaťaženie v čase na ich teplotu, ktorá je kritériom chránenia.

3.2.6 Wattové a jalové ochrany

Význam týchto ochrán spočíva v sledovaní pomeru spätného výkonu ku menovitému výkonu generátora. Chráni generátory veľkých elektrárenských blokov pred prechodom do motorického režimu, ktorý ich môže poškodiť alebo spôsobiť ich kompletnú deštrukciu (v prípade dieselových generátorov môže dôjsť až k výbuchu nespáleného paliva).

3.2.7 Frekvenčné ochrany

Frekvenčné ochrany sa používajú k monitorovaniu, ovládaniu a chráneniu v prevádzke turbína-generátor, dvojinuťový transformátor, generátor-transformátor. Ochrana porovnáva frekvenciu na chránenom objekte a porovnáva ju s nastavenými hodnotami.

3.3 Požiadavky na ochrany

Hlavným cieľom použitia ochrany alebo sústavy ochrán je včasná izolácia časti elektrickej siete, v ktorej sa objavila porucha. Tento cieľ má byť dosiahnutý bez dodatočnej obsluhy na postihnutej časti siete. [1][4]

3.3.1 Spoľahlivosť

Spoľahlivosť je schopnosť vykonávať požadované akcie ochrany podľa zadaného algoritmu, a to v zadanom čase, s preferovanými parametrami a splniť tak všetky technické podmienky z pohľadu chráneného objektu. Spoľahlivosť ochrany sa delí do dvoch kategórií – funkčnosť a bezpečnosť jej pôsobenia. Funkčnosť ochrany je pravdepodobnosť, že ochrana dokáže správne zapôsobiť. Bezpečnosť ochrany je pravdepodobnosť, že ochrana nezapôsobí nesprávne.

3.3.2 Selektivita

Selektivita je schopnosť ochrany alebo celého systému ochrán vypnúť len postihnutú oblasť. Pre dodržanie tejto funkcie musí vždy zapôsobiť ochrana, ktorá sa nachádza najbližšie k miestu poruchy. To môžeme dosiahnuť pomocou 3 možností:

- časovým odstupňovaním
- amplitúdovým alebo fázovým porovnaním
- smerovosťou (určenie smeru toku výkonu na vstupe a výstupe chráneného objektu)

3.3.3 Rýchlosť pôsobenia

Rýchlosťou pôsobenia ochrany sa považuje doba pôsobenia ochrany od identifikácie poruchy až po vyslanie vypínacieho impulzu. Táto rýchlosť závisí na faktoroch:

- selektivita
- zachovanie dynamickej stability sústavy
- minimalizácia rozsahu poškodenia
- skrátenie času prevádzky spotrebičov pri zníženom napätí alebo zvýšenom prúdovom odbere
- zníženie nebezpečia úrazu osôb

3.3.4 Jednoduchosť obsluhy

System ochrán musí byť navrhnutý tak, aby umožňoval čo najjednoduchšiu obsluhu a zároveň plnil všetky požiadavky pre predpísané funkcie. Každé rozšírenie funkcionality so sebou prináša riziko chybnéj manipulácie, preto je potrebné ochrany modelovať tak, aby obsahovala len nevyhnutné funkcie.

3.3.5 Ekonomická návratnosť

Pri kalkulácii ekonomickej návratnosti je potrebné brať v úvahu početnosť porúch, hodnotu chránených objektov a straty spôsobené výpadkom elektrickej energie. Základné požiadavky stanovuje norma ČSN 333051.

4 SIEMENS 7SA610

4.1 Popis zariadenia

Zariadenia rady SIPROTEC 4 7SA6 sú distančné ochrany, ktoré slúžia ku kontrole, ochrane a automatizácii na základe systému SIPROTEC 4. Tieto zariadenia dokážu fungovať na všetkých napäťových hladinách. Medzi jeho hlavné funkcionality patria:

- rýchly vybavovací čas
- nastavenie rozsahu impedancií dovoľuje ochranu krátkych vedení
- detektor saturácie prístrojového transformátora prúdu
- digitálna komunikácia medzi zariadeniami
- adaptívne automatické opätovné pripojenie po poruche

Distančné ochrany rady SIPROTEC 4 7SA6 s funkciami pre ochranu vedení dokážu pracovať na napäťových hladinách od 5 kV do 765 kV. Zároveň podporujú siete so všetkými typmi uzemnenia neutrálneho bodu transformátorov. Ochrana dokáže identifikovať a zareagovať pri 1-fázových, ako aj 3-fázových poruchových stavoch.



Obr. 4.1 Rada distančných ochrán SIPROTEC 4 7SA6

4.2 Základné technické parametre SIPROTEC 4 7SA6

Ochrana rady SIPROTEC 4 7SA6 využíva pre svoju činnosť prístrojové transformátory prúdu a napätia. Rozsahy týchto transformátorov sa pohybujú v dvoch úrovniach (**Tab. 4-1**). V tabuľke sa nachádzajú aj presné údaje výdrže prístroja pri prúdovom preťažení a zemnom prúde.

Tab. 4-1 Technické parametre SIPROTEC 47SA6

Technické parametre SIPROTEC 47SA6	
Menovitá frekvencia	50 alebo 60 Hz (voliteľné)
Menovitý prúd	1 alebo 5 A (voliteľné)
Menovité napätie	80 – 125 V (voliteľné)
Prúdová preťažiteľnosť	
Tepelná	500 A do 1 s
	150 A do 10 s
	20 A trvalé
Dynamická	1250 A (pol periódy)
Zemný prúd	
Citlivý	500 A do 1 s
	150 A do 10 s
	20 A trvalé
Dynamický	750 A (pol periódy)

4.3 Ochranné funkcie distančnej ochrany SIPROTEC 4 7SA6 [8]

Distančné ochrany SIPROTEC 4 7SA6 sú univerzálnymi zariadeniami, ktoré ponúkajú veľké množstvo funkcií pre monitorovanie, ochranu a automatizáciu ochrany vedení.

Zariadenia rady SIPROTEC 4 7SA6 majú množstvo funkcií, ktoré sú označené tzv. ANSI kódom, respektíve sú popísané normou IEEE Standard C37.2. Prehľad týchto funkcií a priradených kódov je zobrazený v **Tab. 4-2**.

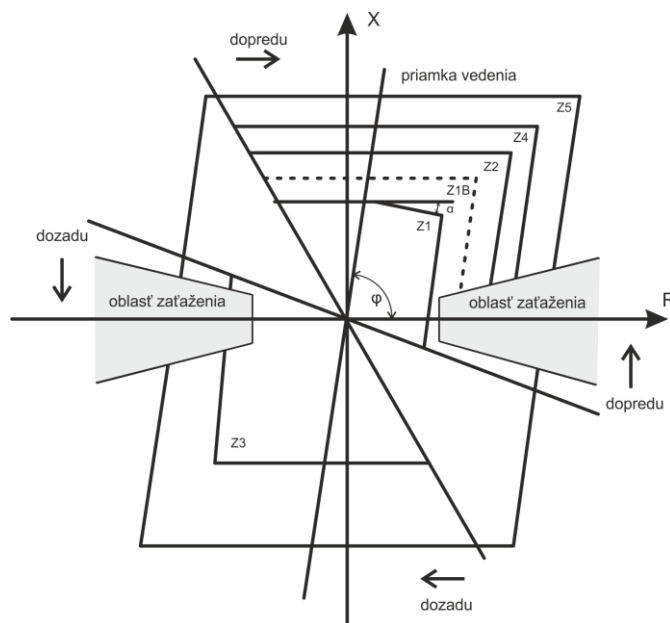
Tab. 4-2 Prehľad funkcií SIPROTEC 4 7SA6 a priradených ANSI kódov

Funkcie ochrany SIPROTEC 47SA6	
ANSI kód	Ochranná funkcia
21N	Distančná ochrana
FL	Fault Locator – lokalizácia poruchy
50N/51N/67N	Smerová ochrana proti zemnému spojeniu s veľkou impedanciou
50/51/67	Záložná nadprúdová ochrana
68/68T	Detekcia výkonových výkyvov
27WI	Ochrana proti poklesu napätia na konci vedenia
50HS	Ochrana proti spusteniu pri poruche
50BF	Ochrana proti zlyhaniu výkonového vypínača
59/27	Prepät'ová/podpät'ová ochrana
81O/U	Nadfrekvenčná/podfrekvenčná ochrana
25	Kontrola synchronizácie
79	Automatické opätovné pripojenie
74TC	Monitorovanie cievok výkonového vypínača
86	Uzamknutie s možnosťou len manuálneho resetu
49	Tepelná ochrana transformátorov a káblov

4.3.1 Distančná ochrana (ANSI 21N)

Paralelným monitorovaním všetkých 6-tich impedančných slučiek je dosiahnutá vysoká selektivita a citlivosť distančnej ochrany. Najkratší čas zareagovania ochrany je menej ako jedna perióda. Ochrana dokáže identifikovať poruchy vo všetkých typoch elektrických sietí. [8]

Distančná ochrana pracuje v 7 zónach a má 6 nezávislých impedančných slučiek. Každá zóna má vlastný parameter R a X podľa dĺžky chráneného vedenia. Všetky zóny môžu byť nastavené v smeroch dopredu, dozadu alebo ako nesmerová ochrana (**Obr. 4-2**).



Obr. 4.2 Ochranné zóny distančnej ochrany SIPROTEC 4 7SA6

4.3.2 Lokalizácia poruchy (ANSI FL)

Táto funkcia vypočíta poruchovú impedanciu a vzdialenosť k danej poruche. Túto vzdialenosť dokáže zobrazit' v ohmoch, metroch alebo percentuálne k dĺžke vedenia.

4.3.3 Smerová ochrana proti zemnému spojeniu s veľkou impedanciou (ANSI 50N, 51N, 67N)

Pri sieťach s uzemneným neutrálnym bodom transformátora môže nastať situácia, kedy citlivosť distančnej ochrany nie je dostatočne veľká a nedokáže odhaliť skrat medzi fázou a zemou s veľkým odporom. S týmto stavom ochrana SIPROTEC 4 7SA6 počíta a dokáže ho vyhodnotiť ako poruchu.

4.3.4 Záložná nadprúdová ochrana (ANSI 50, 51, 67)

Ochrana proti nadprúdom môže fungovať v dvoch operačných módoch. Prvým je paralelná funkcia k distančnej ochrane, alebo v prípade poruchy (zmeny) napätia na sekundárnom vinutí prístrojového transformátora napätia.

4.3.5 Detekcia výkonových výkyvov (ANSI 68, 68T)

Dynamické prechodné deje, ako napríklad skraty alebo opätovné nábehy môžu v sieti spôsobiť výkonové výkyvy. Pri týchto stavoch môžu vysoké prúdy pri nízkom napätí spôsobiť zareagovanie distančnej ochrany. Táto funkcia zabraňuje nekontrolovateľnému reagovaniu ochrany.

4.3.6 Ochrana proti poklesu napätia na konci vedenia (ANSI 27WI)

Táto funkcia zabraňuje oneskorenému zareagovaniu ochrany. Signál (Echo function), ktorý sa dostane až na koniec vedenia, na ktorom nie je porucha, ale iba znížené napätie, sa vracia späť. V mieste, kde je napätie vyššie ako na konci vedenia, tento signál vydá príkaz na zrýchlené zareagovanie ochrany.

4.3.7 Ochrana proti spusteniu pri poruche (ANSI 50HS)

Funkcia dokáže zabrániť opätovnému pripojeniu poruchovej linky, kedy ochrana dokáže vydať rýchly pokyn k zareagovaniu za účelom zabráneniu opätovného pripojenia do poruchy.

4.3.8 Ochrana proti zlyhaniu výkonového vypínača (ANSI 50BF)

Funkcia zabezpečuje ochranu pri poškodenom výkonovom vypínači. Táto ochrana má 2 stupne, ktoré zabezpečujú detekciu prípadnej chyby zareagovania ochrany. Ak po uplynutí nastavenej doby nie je poruchový prúd odpojený, ochrana vyšle 2. signál pre zareagovanie ochrany.

4.3.9 Prepät'ová/podpät'ová ochrana (ANSI 59/27)

Distančná ochrana dokáže identifikovať prepätie/podpätie na sieti a vydať príkaz výkonovému vypínaču, ktorý obvod rozpojí.

4.3.10 Nadfrekvenčná/podfrekvenčná ochrana (ANSI 81O/U)

Ochrana dokáže identifikovať zmenu frekvencie v sieti a na základe tohto popudu môže odpojiť záťaž tak, aby frekvenciu ustálila na požadovanej hodnote.

4.3.11 Kontrola synchronizácie (ANSI 25)

V miestach spojenia dvoch sietí je potrebné, aby boli siete vzájomne zosynchronizované. Táto funkcia zároveň dokáže odhaliť sieť, ktorá nie je pod napätím a na základe toho povolí pripojenie / automatické opätovné pripojenie k sieti.

4.3.12 Automatické opätovné pripojenie (ANSI 79)

Táto funkcia podporuje niekoľko operačných modulov, ktoré umožňujú automatické opätovné pripojenie vedenia. Ako príklad je možné uviesť opätovné pripojenie jednej fázy po jednofázovej poruche, a to len v prípade, ak nenastala viacfázová porucha. Iný modul umožňuje automatické opätovné pripojenie všetkých troch fáz po akejkoľvek poruche, pričom každá porucha má vlastný čas, po ktorom je automatické opätovné pripojenie možné.

4.3.13 Monitorovanie cievok výkonového vypínača (ANSI 74TC)

Ochrana dokáže kontrolovať vypínacie cievky výkonového vypínača spolu s pripojovacími vodičmi. V prípade, že je obvod prerušený, ochrana signalizuje poruchu.

4.3.14 Uzamknutie s možnosťou len manuálneho resetu (ANSI 86)

Pri niektorých typoch porúch sa odporúča zamedziť automatickému pripojeniu do siete. Uzamknutie s možnosťou len manuálneho resetu si teda vyžaduje obsluhu, ktorá je nútená identifikovať prípadnú poruchu a tú odstrániť.

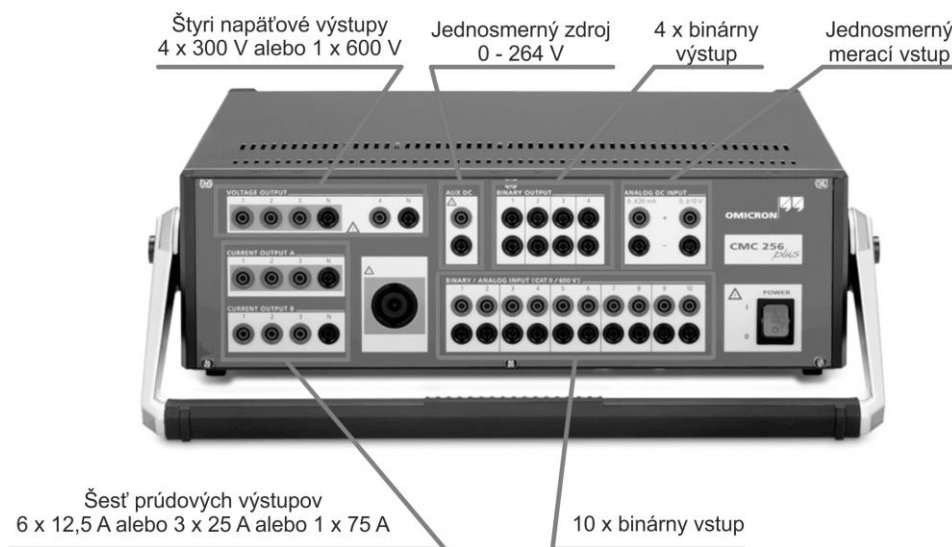
4.3.15 Tepelná ochrana transformátorov a káblov (ANSI 49)

Tepelná ochrana s včasnou výstrahou prehrievania vodičov. Funkcia je doplnená alarmom, ktorý môže indikovať podľa veľkosti tečúceho prúdu alebo podľa tepelnej závislosti daných vodičov a upozorniť na prehrievanie ešte pred zareagovaním ochrany.

5 OMICRON 256PLUS

5.1 Popis zariadenia

Zariadenie OMICRON 256plus slúži k testovaniu elektrických prístrojov, ktoré pre svoju činnosť vyžadujú vysokú presnosť. Zariadenie dokáže reálne simulovať podmienky rôznych porúch v elektrickej sústave, a to na základe požiadavkov zadaných v testovacom softvéri. [7]



Obr. 5.1 Rozhrania na prednej strane Omicron 256plus

Napätové výstupy môžu pracovať v štyroch rozsahoch:

1. 4 x 0 – 300 V (L-N) AC
2. 3 x 0 – 300 V (L-N) AC
3. 1 x 0 – 600 V (L-L) AC
4. 4 x 0 – ± 300 V (L-N) DC

Prúdové výstupy môžu pracovať v štyroch rozsahoch:

1. 6 x 0 – 12,5 A (L-N) AC
2. 3 x 0 – 25 A (L-N) AC
3. 1 x 0 – 75 A (3L-N) AC alebo 2 x 0 – 37,5 A (3L-N) AC
4. 1 x 0 ... ± 35 A (3L-N) DC alebo 2 x 0 ... ± 17.5 A (3L-N) DC

10 x Binárny vstup

Tieto vstupy sa konfigurujú pomocou softvéru OMICRON Test Universe. Tieto kontakty môžu fungovať s potenciálom, kedy sa zdefinuje očakávané napätie a nastaví sa spínacia medza. Rozsah napätia sa v takomto prípade pohybuje v rozsahu:

1. 4 x 0 – ± 600 V DC

Tieto vstupy môžu byť taktiež využité ako čítačové vstupy s frekvenciou až do 3 kHz.

Jednosmerný zdroj dokáže pracovať v troch rozsahoch:

1. 0 – 264 V DC s prúdom 0,2 A
2. 0 – 132 V DC s prúdom 0,4 A
3. 0 – 66 V DC s prúdom 0,8 A

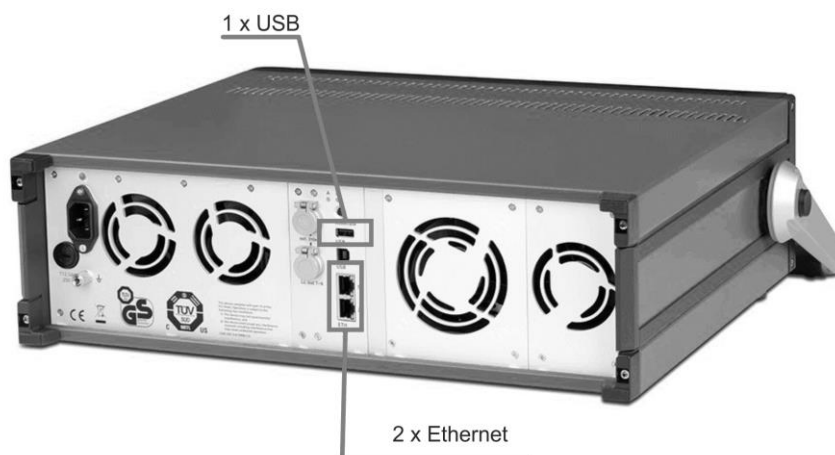
Jednosmerný merací vstup

1. Napätie v rozsahu 0 – ± 10 V DC
2. Prúd v dvoch rozsahoch 0 – ± 1 mA alebo 0 – ± 20 mA DC

4 x Binárny výstup

Štyri binárne kontakty, ktoré je možné využiť ako bezpotenciálne reléové kontakty. Na výstupe je možné získať maximálny prúd 5 mA pri frekvencii 10 kHz.

Testovacie zariadenie Omicron 256plus môže komunikovať s testovacím softvérom pomocou dvoch portov PoE (Power over Ethernet) alebo pripojením cez USB kábel (**Obr. 5.2**).



Obr. 5.2 Možnosti pripojenia Omicron 256plus

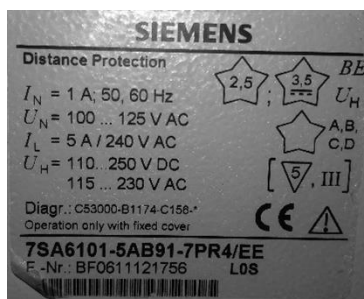
6 NÁVOD PRE POUŽITIE DIGSI MANAGER

DIGSI Manager je softvérové riešenie pre komunikáciu s distančnou ochranou SIEMENS 7SA610. Toto rozhranie umožňuje nastavenie požadovaných vlastností ochrany (typ napájania, vlastnosti distančných zón, ...), aktiváciu a deaktiváciu ochranných modulov atď.

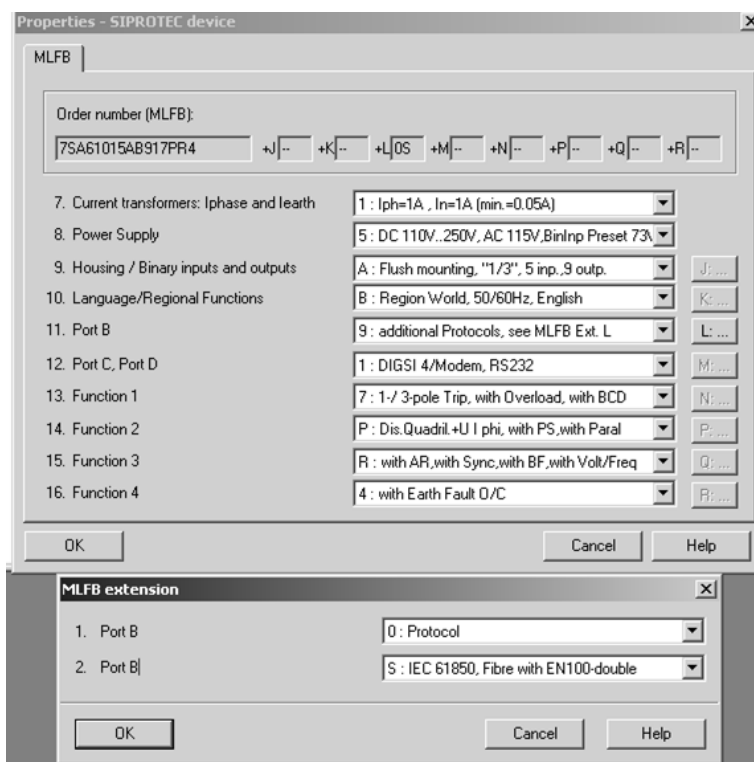
6.1 Vytvorenie nového projektu

Pri vytváraní nového projektu je potrebné postupovať:

1. „File“ → „New Project“ → vytvoriť a potvrdiť nový projekt
2. Vyvolať kontextovú ponuku „Folder“ a zvoliť „Device catalog“
3. Zvoliť verziu V4.7
4. Do MLFB ponuky sa zadáva číselný kód podľa štítku na boku prístroja SIEMENS 7SA610 (**Obr. 6.1**)
5. Port B sa zadáva podľa špecifikácie pod číslom prístroja (**Obr. 6.1**)
6. Výsledný tvar je 7SA61015AB917PR4 (**Obr. 6.2**)



Obr. 6.1 Identifikácia prístroja



Obr. 6.2 Hardvérová konfigurácia

6.2 Nastavenie komunikácie

Pri nastavovaní komunikácie medzi PC a prístrojom je potrebné zvoliť priamy typ komunikácie „Direct“. Pri zapojení prístroja je potrebné dbať na správne nastavenie rozhrania pre komunikáciu, pretože SIEMENS 7SA610 má dve rozhrania. Preto je potrebné pri nastavovaní konfigurácie zvoliť, ktoré rozhranie je aktívne.

Po nastavení komunikácie sa softvér opýta, aké údaje budú pri konfigurácii použité. S najväčšou pravdepodobnosťou sú dáta v PC a distančnej ochrane rozdielne, preto je vhodné začínať projekt s voľbou zdrojových dát z PC (**Obr. 6.3**)

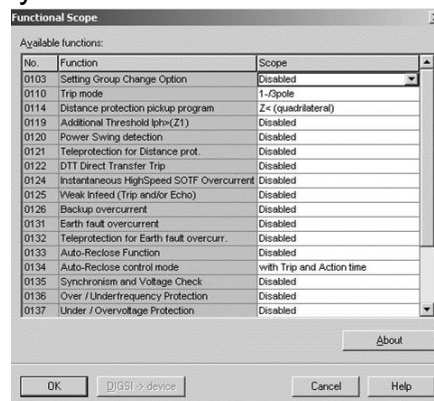


Obr. 6.3 Nastavenie zdrojových dát

6.3 Nastavenie vlastností ochrany

Po dokončení nastavovania komunikácie sa otvorí okno, umožňujúce nastavenie ochrany SIEMENS 7SA610. Veľmi veľkou výhodou je továrne nastavenie ochrany, vďaka ktorému stačí venovať pozornosť štyrom hlavným funkciám. Po otvorení karty „Settings“ teda postačuje nastaviť funkcie „Device Configuration“, „Masking I/O (Configuration Matrix)“, „Power System Data 1“ a „Setting Group A“

Pre bezproblémové testovanie ochrany je potrebné vypnúť všetky funkcie, ktoré nebudú testované (**Obr. 6.4**). Matica vstupov a výstupov totiž obsahuje enormné množstvo atribútov, ktoré pri nesprávnej konfigurácii znemožňujú správne chovanie ochrany.



Obr. 6.4 Nastavenie funkcií ochrany

6.4 Nastavenie matice vstupov a výstupov

Pri nastavovaní matice vstupov a výstupov je potrebné dávať veľký pozor na to, aby sa v nej neobjavili rovnaké binárne vstupy/výstupy pri rôznych funkciách. Takáto chyba spôsobí zmatok v reagovaní na poruchy a ochrana môže prejsť do stavu, kedy pri poruche nezareaguje a naopak pri normálnom stave bezdôvodne posielá signál výkonovému vypínaču k vypnutiu.

6.4.1 Nastavenie atribútov v matici vstupov a výstupov

Pre potreby merania je potrebné zdefinovať binárne vstupy, binárne výstupy a LED. Pre testovanie distančnej ochrany je potrebné nastaviť 6 hlavných atribútov (**Tab. č. 6-1**), ktoré sú presnejšie popísané nižšie.

Funkcii číslo 00005 „Reset LED“ je priradený binárny vstup 1. Ten je pripojený k binárnemu výstupu Omicronu a sleduje, či bol ochrane odoslaný signál o opätovnom zapojení výkonového vypínača a uzavretí obvodu. Ak táto podmienka bola splnená, všetky LED zhasnú a ochrana sa resetuje.

Funkcii číslo 00511 „Relay GENERAL TRIP command“ je pridelený binárny výstup 2, ktorý sa pri splnení podmienky zopnutia relé nastaví do stavu „Unlatch binary output 2“. Taktiež pre identifikáciu zareagovania relé je tejto funkcii priradená LED na pozícii č.1.

Funkciám 00512-00514 „Relay TRIP command“ pre fázové skraty sú pridelené identifikačné LED na pozícii č.7, ktoré v prípade zareagovania relé nastaví stav na LED „Latch LED 7“.

Funkcie 00511 a 03801 majú rovnaký binárny výstup 2, a to na konektore R2. Ten má na starosti vyslať signál výkonovému vypínaču v prípade, že ochrana zareagovala.

Tab. 6-1 Nastavenie atribútov v matici vstupov a výstupov

Nastavenie atribútov v matici vstupov a výstupov		
Číslo	Funkcia	Rozhranie/pridelený atribút
00005	Reset LED	BI/H1
00511	Relay GENERAL TRIP command	BO/U2 & LED/L1
00512	Relay TRIP command - Only Phase L1	LED/L7
00513	Relay TRIP command - Only Phase L2	LED/L7
00514	Relay TRIP command - Only Phase L3	LED/L7
03801	Distance protection: General trip	BO/U2

6.5 Nastavenie napájania

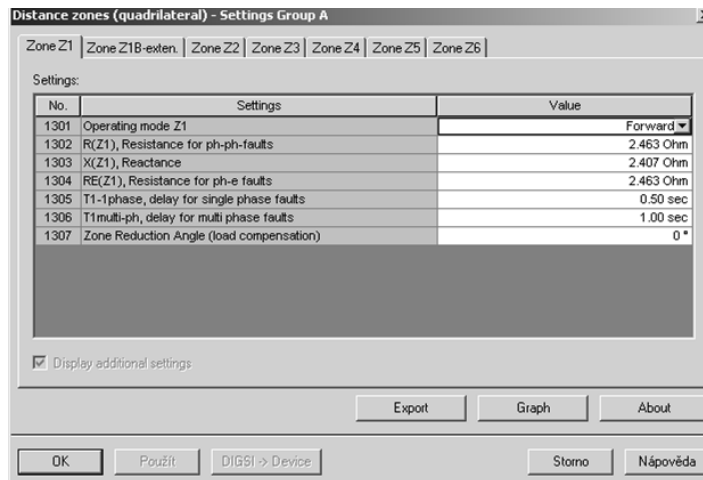
Napájanie sa nastavuje ako zdroj s uzemneným nulovým bodom transformátora a frekvenciou 50 Hz.

6.6 Nastavenie distančných zón

V nastaveniach distančných zón rozlišujeme dva typy porúch. Pri oboch ochrana počíta s individuálnym časom oneskorenia reakcie. Prvým typom je porucha na jednej fáze (č. 1305) a druhým typom sú poruchy dvojfázové a trojfázové (č. 1306).

Ochrana taktiež ponúka možnosť kompenzácie v prípade induktívnej alebo kapacitnej záťaže (č. 1307).

Distančná ochrana má možnosť definovania až siedmich ochranných zón. Pri každej zóne je možné definovať operačný mód ochrany – smerová, spätná alebo nesmerová.



Obr. 6.5 Nastavenie distančných zón ochrany

7 TESTOVANIE DISTANČNEJ OCHRANY SIEMENS 7SA610

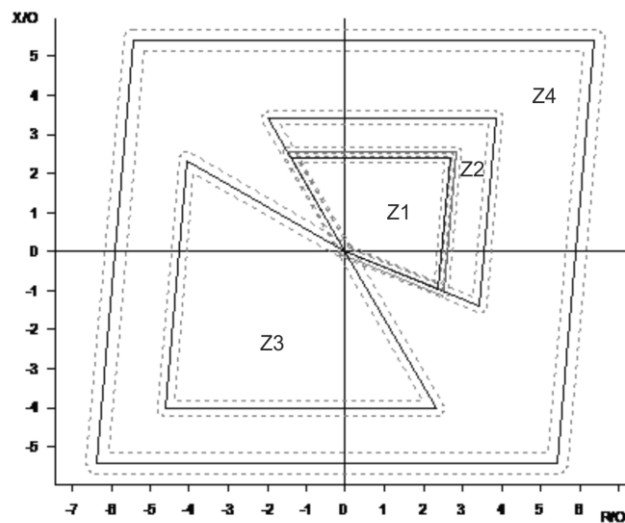
Účelom tohto testu je overiť funkčnosť distančnej ochrany SIEMENS 7SA610. Test zhodnotí správne zareagovanie ochrany podľa typu poruchy, otestuje správny čas zareagovania a to všetko na základe zadefinovanej impedancie.

7.1 Nastavenie ochrany SIEMENS 7SA610

Pre testovanie ochrany SIEMENS 7SA610 pomocou testovacieho zariadenia Omicron 256plus sme zvolili tri poruchové stavy:

1. L1-E – jednofázový skrat
2. L1-L2 – dvojfázový skrat
3. L1-L2-L3 – trojfázový skrat

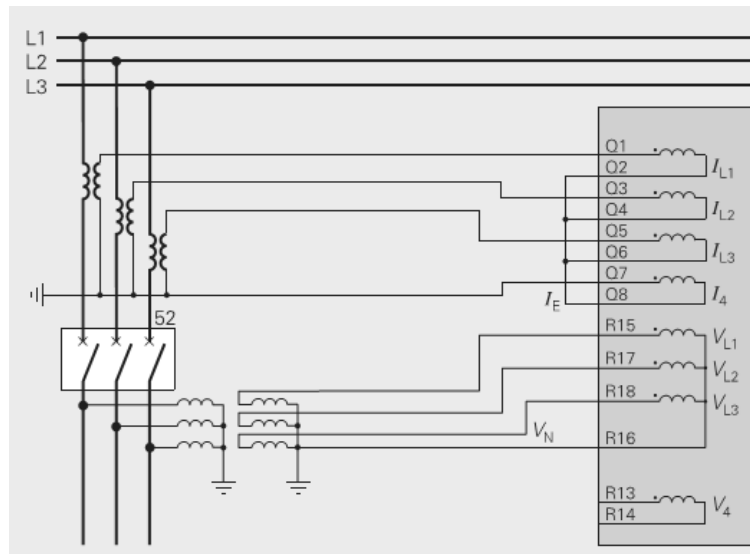
Ochrana má štyri aktívne zóny (**Obr. 8.1**), kedy pre každú zónu testujeme dve rôzne impedancie. Jedna sa nachádza v jasne definovanej zóne a druhá sa nachádza na hranici dvoch zón.



Obr. 8.1 Ochranné zóny distančnej ochrany SIEMENS 7SA610

7.1.1 Zapojenie obvodu

Pre meranie využijeme napäťové svorky 4 x 300 V, prúdové svorky 3 x 25 A a jeden binárny vstup pre vyhodnotenie zareagovania distančnej ochrany na poruchu.

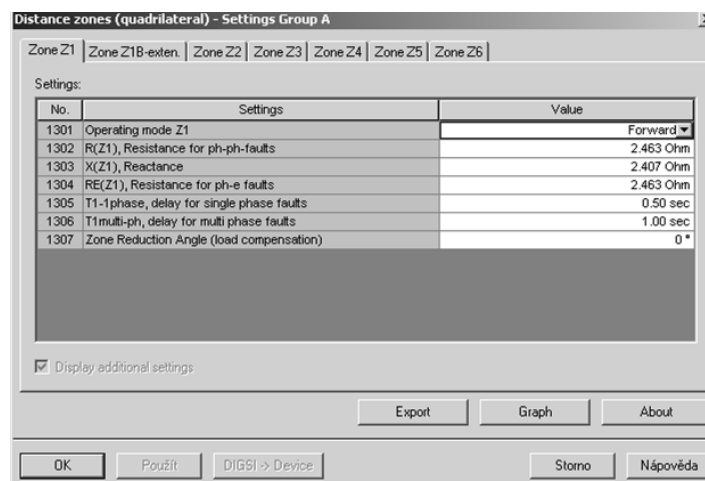


Obr. 8.2 Zapojenie prístrojových transformátorov prúdu a napätia

7.1.2 Nastavenie distančných zón

Pre nastavenie distančných zón boli využité reálne hodnoty dĺžky, odporu a reaktancie vedenia. Jedná sa o vedenie na trase Vozovna Medláanky – Čebín. Toto vedenie bolo pre účely testovania rozdelené na tri časti, s hodnotami uvedenými v **Tab. č. 6-2** a **Tab. č. 6-4**.

Distančná ochrana má pre účely testovania zadefinované štyri zóny, z ktorých sú dve smerové, jedna spätná a jedna nesmerová.



Obr. 6.5 Nastavenie distančných zón ochrany

Pri definovaní vlastností vzdialených zón je potrebné poznať odpor a reaktanciu vedenia, ktoré má byť chránené. Pre jednoduchú identifikáciu porúch sú vypínacie časy odstupňované po 30 sekundách.

Hodnoty odporov a reaktancií využitých pre testovanie ochrany, ako aj dĺžky zón vzdialenej ochrany sú uvedené v tabuľkách nižšie. Po úspešnom zadaní všetkých hodnôt je vhodné pre uľahčenie nastavenia testeru Omicron exportovať nastavenia zón.

Tab. 6-2 Vlastnosti chráneného vedenia

Vlastnosti chráneného vedenia			
Úsek vedenia	Dĺžka vedenia [m]	R [Ω]	X [Ω]
1.	8133,230	3,078	3,009
2.	4584,370	2,371	2,020
3.	5121,730	2,207	1,927

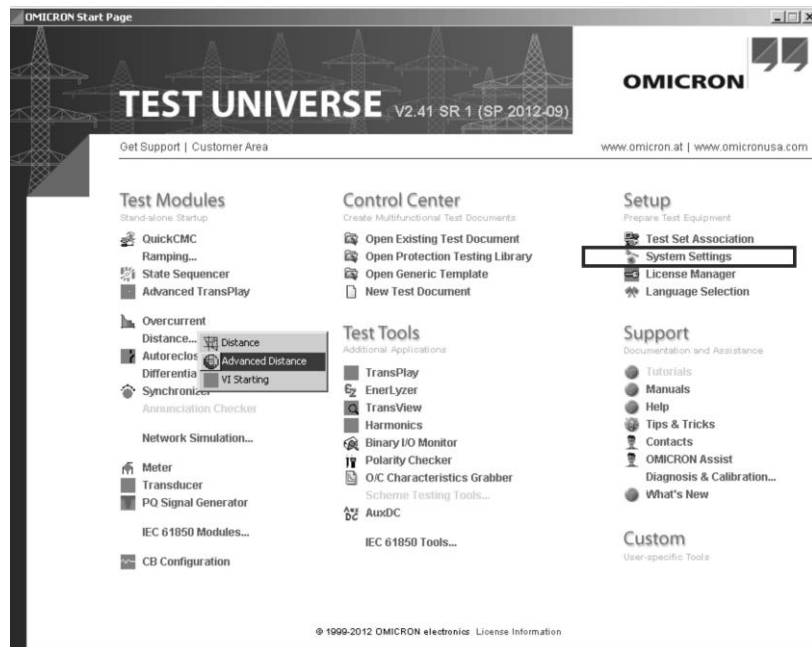
Tab. 6-3 Dĺžky zón vzdialenej ochrany

Dĺžky zón vzdialenej ochrany			
Zóna	Dĺžka	R [Ω]	X [Ω]
Z1	80% z 1. úseku vedenia	2,463	2,407
Z1B	85% z 1. úseku vedenia	2,617	2,558
Z2	20% z 2. úseku a celý 1. úsek vedenia	3,553	3,413
Z3	50% z 2. úseku a celý 1. úsek vedenia	4,264	4,019
Z4	20% z 3. úseku a celý 1. a 2. úsek vedenia	5,891	5,415

7.2 Nastavenie testeru OMICRON 256plus

7.2.1 Kontrola pripojenia

Pre overenie pripojenia testeru s PC využijeme funkciu „Test set“, ktorá sa nachádza na úvodnej obrazovke obslužného programu TEST UNIVERSE V2.41 SR 1 (SP 2012-09) pod sekciou „Setup“ (Obr. 7.1).



Obr. 7.1 Kontrola pripojenia testeru

Kontrola pripojenia testeru k PC sa prevádza nasledovným postupom:

Test Set Association and Configuration -> Associated Computer má byť v stave “This computer“

V prípade, že tester nie je pripojený k PC, je tak možné spraviť nasledovným postupom:

Test Sets -> Search For Test Sets (F5) -> Associate. Pri procese párovania je potrebné stlačiť tlačidlo na zadnej strane testera nad USB portom. Správnosť pripojenia indikuje stavová ikona vpravo dole (Obr. 7.2).



Obr. 7.2 Indikácia správneho pripojenia testeru

7.2.2 Nastavenie testovania

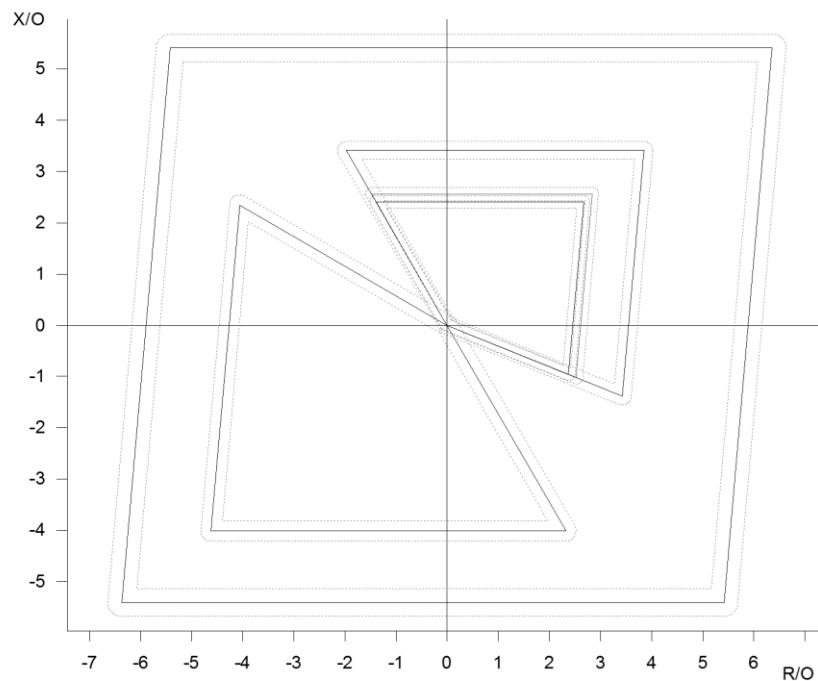
Omicron je prístroj pre testovanie ochrán a jeho intuitívne prostredie umožňuje rýchlu orientáciu v grafickom rozhraní. Postup, ako sa spúšťa test krok za krokom:

1. „Test Universe Start Page“ -> Pod „Test Modules“ vybrať „Distance...“
-> „Advanced Distance“ (potvrdiť)
2. „Parameters“ -> „Test Object“ (potvrdiť)
3. „File“ -> „Import“ -> vybrať export zón z DIGSI (kapitola 6.6) -> OK
(vpravo dole)
4. Zadávanie hodnôt pre testovanie -> „Fault Type“ -> klik na graf ->
„Add“ a opakovať
5. Spustenie testu: Test -> „Start/Continue“

8 TEST OCHRANY SIEMENS 7SA610

Tab. 8-1 Vlastnosti distančných zón

Vlastnosti distančných zón						
Zóna	Poruchová slučka	Reakčný čas [s]	Relatívna časová tolerancia [%]	Absolútna časová tolerancia [ms]	Tolerancia Z [%]	Absolútna tolerancia Z [mΩ]
Z1	L-L	1	1	±100	5	100
Z1	L-E	0,5	1	±100	5	100
Z1B	L-L	2,5	1	±100	5	100
Z1B	L-E	2	1	±100	5	100
Z3	L-L	2	1	±100	5	100
Z3	L-E	2	1	±100	5	100
Z2	L-L	3,5	1	±100	5	100
Z2	L-E	3	1	±100	5	100
Z4	L-L	4	1	±100	5	100
Z4	L-E	4	1	±100	5	100

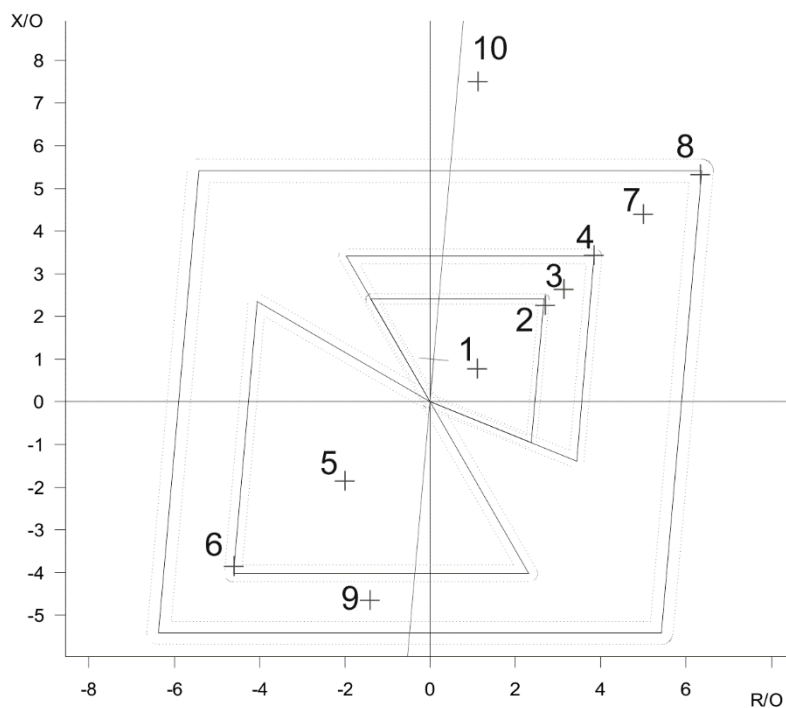


Obr. 8.1 Rozsah distančných zón

8.1 Testovanie ochrany pri jednofázových poruchách

Tab. 8-2 Test ochrany pri poruche na jednej fáze

Test ochrany pri poruche na jednej fáze								
Bod	Zóna	$ Z $ [Ω]	Φ [$^\circ$]	Nominálny čas [s]	Reakčný čas [s]	Odchýlka [%]	I_{test} [A]	Výsledok
1	Z1	1.355	34.63	0.5	0.5194	3.88	2	Vyhovuje
2	Z1	3.522	40.00	3	3.035	1.153	2	Vyhovuje
3	Z2	4.106	40.00	3	3.034	1.123	2	Vyhovuje
4	Z2	5.154	41.73	4	4.034	0.8575	2	Vyhovuje
5	Z3	2.728	-137.14	2	2.014	0.705	2	Vyhovuje
6	Z3	6.000	-140.00	2	2.019	0.975	2	Vyhovuje
7	Z4	6.653	41.27	4	4.039	0.9675	2	Vyhovuje
8	Z4	8.282	40.00	4	4.034	0.85	2	Vyhovuje
9	Z4	4.859	-106.97	4	4.039	0.985	2	Vyhovuje
10	mimo	7.585	81.43	nereaguje	nereaguje	-	2	Vyhovuje

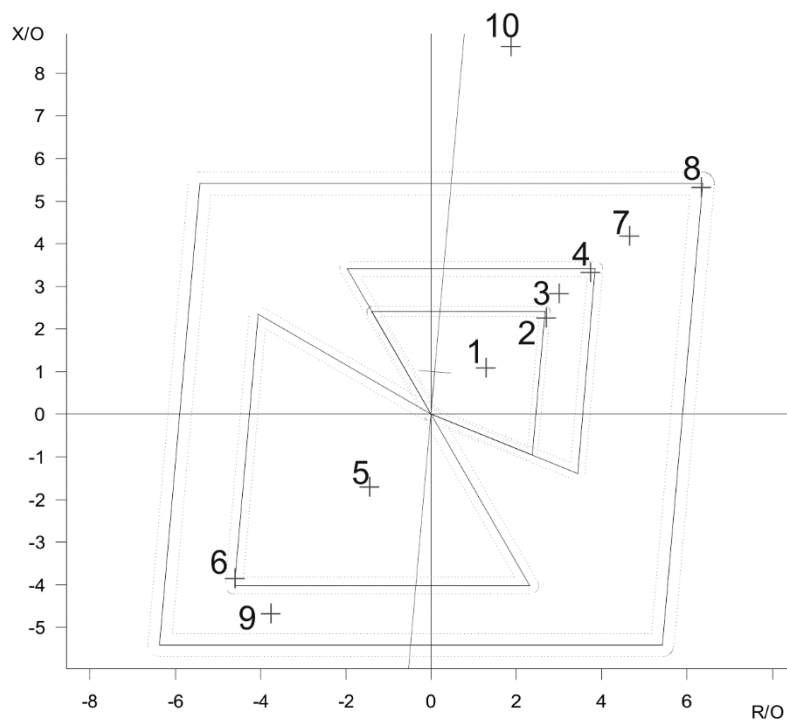


Obr. 8.2 Rozmiestnenie testovacích bodov pri poruche na jednej fáze

8.2 Testovanie ochrany pri dvojfázových poruchách

Tab. 8-3 Test ochrany pri poruche na dvoch fázach

Test ochrany pri poruche na dvoch fázach								
Bod	Zóna	$ Z $ [Ω]	Φ [$^\circ$]	Nominálny čas [s]	Reakčný čas [s]	Odchýlka [%]	I_{test} [A]	Výsledok
1	Z1	1.695	40.00	1	1.019	1.92	2	Vyhovuje
2	Z1	3.525	40.00	3.5	3.525	0.7	2	Vyhovuje
3	Z2	4.122	43.30	3.5	3.539	1.117	2	Vyhovuje
4	Z2	5.000	41.66	3.5	3.534	0.9743	2	Vyhovuje
5	Z3	2.235	-130.00	2	2.013	0.67	2	Vyhovuje
6	Z3	6.000	-140.00	2	2.014	0.695	2	Vyhovuje
7	Z4	6.259	41.85	4	4.034	0.8375	2	Vyhovuje
8	Z4	8.282	40.00	4	4.034	0.8475	2	Vyhovuje
9	Z4	6.000	-128.74	4	4.034	0.8575	2	Vyhovuje
10	mimo	8.833	77.77	nereaguje	no trip	-	2	Vyhovuje

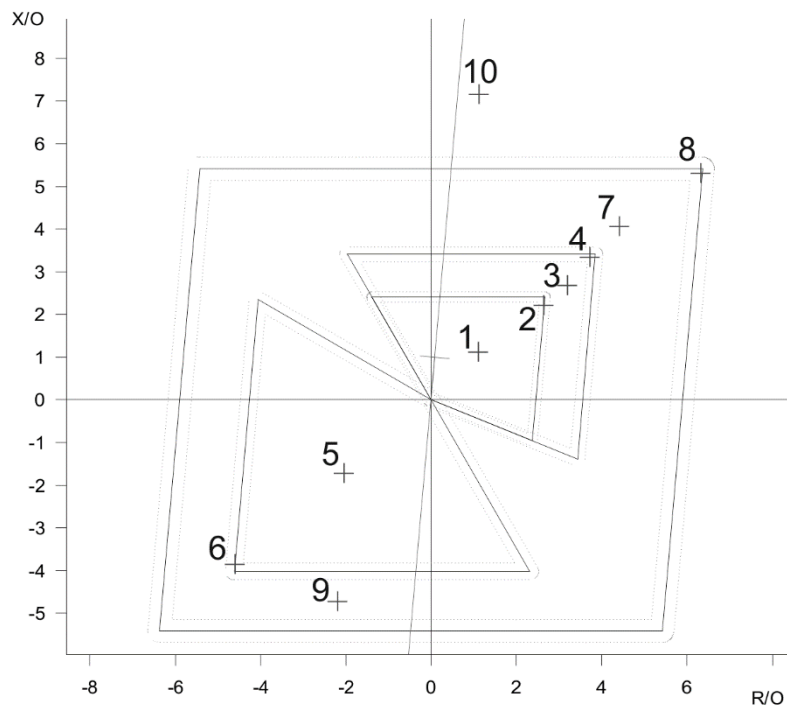


Obr. 8.3 Rozmiestnenie testovacích bodov pri poruche na dvoch fázach

8.3 Testovanie ochrany pri trojfázových poruchách

Tab. 8-4 Test ochrany pri poruche na troch fázach

Test ochrany pri poruche na troch fázach								
Bod	Zóna	$ Z $ [Ω]	Φ [$^\circ$]	Nominálny čas [s]	Reakčný čas [s]	Odchýlka [%]	I _{test} [A]	Výsledok
1	Z1	1.583	45.25	1	1.019	1.91	2	Vyhovuje
2	Z1	3.448	40.00	1	1.034	3.41	2	Vyhovuje
3	Z2	4.176	40.00	3.5	3.534	0.96	2	Vyhovuje
4	Z2	5.000	41.96	3.5	3.534	0.9771	2	Vyhovuje
5	Z3	2.667	-140.00	2	2.014	0.68	2	Vyhovuje
6	Z3	6.000	-140.00	2	2.019	0.935	2	Vyhovuje
7	Z4	6.000	42.63	4	4.034	0.86	2	Vyhovuje
8	Z4	8.263	40.00	4	4.034	0.8575	2	Vyhovuje
9	Z4	5.216	-114.94	4	4.034	0.8575	2	Vyhovuje
10	mimo	7.241	81.02	no trip	no trip	-	2	Vyhovuje



Obr. 8.3 Rozmiestnenie testovacích bodov pri poruche na troch fázach

9 ZÁVER

Cieľom tejto práce je oboznámiť čitateľa s problematikou distančných ochrán. Pre pochopenie potrieb a uplatnenia ochrán je preto v úvode venovaná kapitola základným poruchovým stavom v elektrizačnej sústave.

Na každú ochranu je kladených päť základných požiadavkov, ktorými sú spoľahlivosť, selektivita, rýchlosť pôsobenia, jednoduchosť obsluhy a ekonomická návratnosť.

Štvrtá kapitola sa venuje distančnej ochrane rady SIPROTEC 4, typ 7SA610. Táto ochrana v sebe kombinuje cez pätnásť druhov rôznych modulov, ktoré zabezpečujú ochranu proti poklesu napätia, tepelnú ochranu, prepäťovú a podpäťovú ochranu a ďalšie. Najdôležitejším modulom je pre túto prácu distančná ochrana.

Distančná ochrana typu 7SA610 dokáže pracovať až so siedmymi distančnými zónami, ktoré môžu byť nastavené ako smerové, nesmerové alebo spätné.

Pre testovanie distančných ochrán je potrebné využiť vhodný testovací nástroj. Pre túto prácu bol zvolený OMICRON 256plus, ktorý slúži na testovanie ochrán, meracích prevodníkov a elektromerov.

Pri testovaní ochrany boli nastavené štyri distančné zóny, ktorých impedancia bola zadaná podľa skutočného vedenia medzi Vozovnou Medláňky a transformačnou stanicou Čebín. Prvá a druhá zóna sú smerové, tretia je spätná a štvrtá zóna je nesmerová. Prvá zóna pokrýva 80% prvej časti chráneného vedenia, (rozšírená prvá zóna pokrýva 85%). Druhá zóna pokrýva celú prvú časť a 20% časti druhého vedenia. Tretia zóna pokrýva dĺžku 10,4 km vedenia, vypočítanú ako celá dĺžka prvej časti vedenia a 50% druhej časti vedenia. Štvrtá zóna, nastavená ako nesmerová, pokrýva dĺžku skoro 14 km, ktorá bola definovaná ako súčet prvých dvoch častí vedenia a 20% tretej časti vedenia.

Časy reagovania ochrany boli definované s odstupom 0,5 s, aby bolo jednoznačne identifikovateľné, o ktorý typ poruchy (jednofázový, dvojfázový alebo trojfázový) a ktorú distančnú zónu sa jedná.

Testovanie ochrany potvrdilo všetky požiadavky, ktoré sú na elektrické ochrany kladené. Podľa kapitoly osem, ktorá zoskupuje výsledky meraní, vyplýva, že spoľahlivosť na reagovanie ochrany bola dodržaná. Ani v jednom prípade nenastalo, aby ochrana nezareagovala. Čo sa týka požiadavku na selektivitu, tá bola tiež dodržaná a dôkazom bolo vybavenie vždy podľa definovaného reakčného času. Vybavenie v definovanom čase teda spĺňa aj tretiu podmienku, ktorou je rýchlosť pôsobenia ochrany. Jednoduchosti obsluhy sa venuje šiesta kapitola, kde je podľa počtu potrebných úkonov možné konštatovať splnenie tohto požiadavku. Ekonomickú návratnosť tohto prístroja nie je potrebné komentovať.

Pri každom type poruchy bolo použitých 10 testovacích bodov. Tieto body boli použité v troch situáciách – vnútri distančnej zóny, na hranici distančnej zóny a mimo chránenú oblasť. V prípade bodu umiestneného

Test distančnej ochrany potvrdil splnenie všetkých požiadavkov na elektrické ochrany. Pri najvyššej odchýlke času reagovania na poruchu 3,88% (19,4 ms) a najnižšej odchýlke 0,67% (0,013 s) splnila najdôležitejší požiadavok – rýchlosť pôsobenia. Selektivita bola dokázaná už raz uvedeným faktom reagovania ochrany podľa definovaného času a taktiež na základe nezareagovania v bode 10, ktorý sa vždy nachádzal mimo chránenú oblasť.

V Prílohe A sa nachádza kompletná správa z testovania distančnej ochrany SIPROTEC 4 typu 7SA610.

10 POUŽITÁ LITERATÚRA

- [1] TLUSTÝ, CSC., Prof. Ing. Josef, Ladislav, doc. Dr. Ing. Jan KYNCL, MÜLLER, Miroslav ŠPETLÍK, PH.D., Ing. Jan ŠVEC, PH.D., Ing. Zdeněk MÜLLER a Ing. Miroslav MÜLLER. Monitorování, řízení a chránění elektrizačních soustav [online]. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2011, 255 s. [cit. 2016-04-10]. ISBN 978-80-01-04940-2.
- [2] BLAŽEK, V, SKALA, P. Distribuce elektrické energie. VUT Brno, 140 stran.
- [3] ORSÁGOVÁ, J. Rozvodná zařízení. VUT Brno, 148 stran.
- [4] DOHNÁLEK, Petr. Provoz a údržba ochran v energetice. Praha: SNTL, 1989, 305 s.
- [5] DOHNÁLEK, P.: Technika ochran. Praha, STNL, 1989, 141 stran.
- [6] HALUZÍK, E., WEIDINGER, L., KRÁTKÝ, M.: Ochrany a jištění energetických zařízení. FEKT VUT v Brně, 2004, 63 stran.
- [7] OMICRON CMC 256. Referenční příručka. VESD 1002 - verze C256.GE.3. OMICRON electronics GmbH, překlad a grafická úprava, Milan Blokša, září 2007.
- [8] SIPROTEC Distance Protection 7SA6. 2011.
- [9] TOMAN, Petr, Jiří DRÁPELA, Stanislav MIŠÁK, et al. *Provoz distribučních soustav*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2011, 264 s. ISBN 9788001049358.

PRÍLOHA A

AdvDistance1:

Test Object - Device Settings

Substation/Bay:

Substation: Peter Substation address:
Bay: Folder Bay address:

Device:

Name/description: Peter /Folder Manufacturer:
Device type: 7SA610 Device address:
Serial/model
number:
Additional info 1:
Additional info 2:

Nominal Values:

f nom: 50.00 Hz Number of phases: 3
V nom: 100.0 V V primary: 100.0 V
(secondary):
I nom (secondary): 1.000 A I primary: 1.000 A

Residual Voltage/Current Factors:

VLN / VN: 1.732 IN / I nom: 1.000

Limits:

V max: 120.0 V I max: 10.00 A

Debounce/Deglitch Filters:

Debounce time: 5.000 ms Deglitch time: 0.000 s

Overload Detection:

Suppression time: 50.00 ms

Test Object - Other RIO Functions

CB Configuration

Description	Name	Value
CB trip time	CB trip time	50.00 ms
CB close time	CB close time	100.00 ms
Times for 52a, 52b in percent of CB time	52a, 52b % of CB	20.00 %

Test Object - Distance Settings

System parameters:

Line length: 1.000 Ω Line angle: 85.00 °
PT connection: at line CT starpoint: Dir. line
Impedance correction 1A/I nom: no
Impedances in primary values: no

Tolerances:

Tol. T rel.: 1.000 % Tol. T abs. -: 100.0 ms
Tol. T abs. +: 100.0 ms Tol. Z abs.: 100.0 m Ω
Tol. Z rel.: 5.000 %

Grounding

factor:

RE/RL: 1.000000

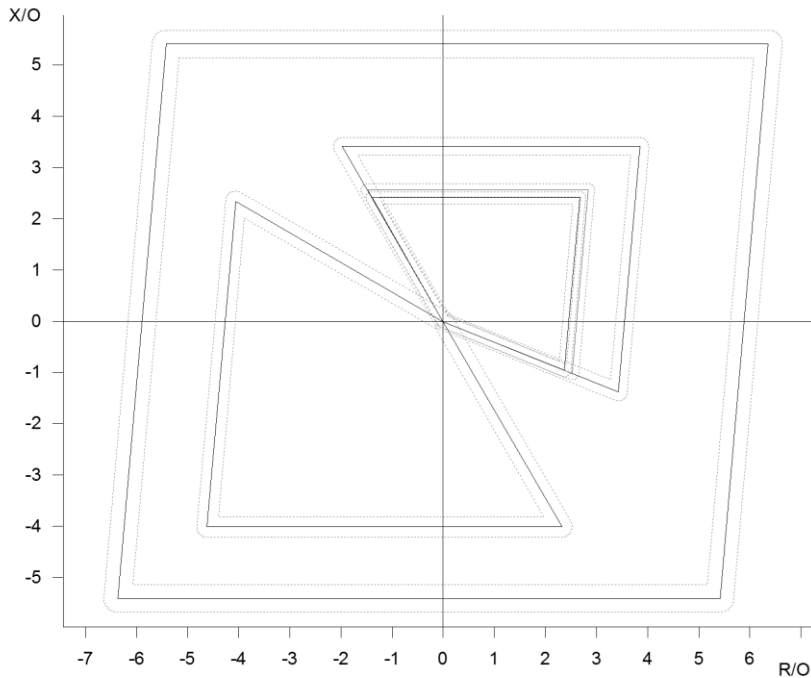
XE/XL:

1.000000

Separate arc resistance: no

Zone Settings:

Label	Type	Fault loop	Trip time	Trip rel	Tol.T	Tol.T abs+	Tol.T abs-	Tol.T rel.	Tol.Z	Tol.Z abs
Z1	Tripping	L-L	1.000 s	1.000 %	1.000	100.0 ms	100.0 ms	100.0 %	5.000	100.0 mΩ
Z1	Tripping	L-E	500.0 ms	1.000 %	1.000	100.0 ms	100.0 ms	100.0 %	5.000	100.0 mΩ
Z1B	extended	L-L	2.500 s	1.000 %	1.000	100.0 ms	100.0 ms	100.0 %	5.000	100.0 mΩ
Z1B	extended	L-E	2.000 s	1.000 %	1.000	100.0 ms	100.0 ms	100.0 %	5.000	100.0 mΩ
Z3	Tripping	L-L	2.000 s	1.000 %	1.000	100.0 ms	100.0 ms	100.0 %	5.000	100.0 mΩ
Z3	Tripping	L-E	2.000 s	1.000 %	1.000	100.0 ms	100.0 ms	100.0 %	5.000	100.0 mΩ
Z2	Tripping	L-L	3.500 s	1.000 %	1.000	100.0 ms	100.0 ms	100.0 %	5.000	100.0 mΩ
Z2	Tripping	L-E	3.000 s	1.000 %	1.000	100.0 ms	100.0 ms	100.0 %	5.000	100.0 mΩ
Z4	Tripping	L-L	4.000 s	1.000 %	1.000	100.0 ms	100.0 ms	100.0 %	5.000	100.0 mΩ
Z4	Tripping	L-E	4.000 s	1.000 %	1.000	100.0 ms	100.0 ms	100.0 %	5.000	100.0 mΩ



Linked XRIO References

Reference Name	Unit	Value	XRIO Path
RIO.DEVICE.NOMINALVALUES. INOM	In	1.00	RIO/Device/Nominal Values/In
RIO.DEVICE.NOMINALVALUES. VNOM	V _nom	100. 00 V	RIO/Device/Nominal Values/V nom

Comment

Test Module

Name: OMICRON Advanced Version: 2.41 SR 1
 Distance
 Test Start: 07-Apr-2016 14:46:01 Test End: 07-Apr-2016 14:48:44
 User Name: Manager:
 Company:

Test Settings

Test model:

Test model: constant test current ITest 2.000 A
 Allow reduction of no kS = kL: no
 ITest/VTest:
 ZS mag.: 0.000 Ω ZS angle: 0.00 °
 kS mag.: 1.000 kS angle: 0.00 °

Fault Inception:

Mode: random
 DC-offset: no

Times:

Prefault: 1.000 s Max. fault: 6.000 s
 Postfault: 500.0 ms Time reference: fault inception

Other:

Extended zones: not active Switch off at zero yes
 crossing:
 Load current enabled: no Load current: n/a

Search Settings:

Search res. rel.: 1.000 % Search res. abs.: 50.00 mΩ
 Ignore nominal characteristics: no
 Search interval: 200.0 mΩ

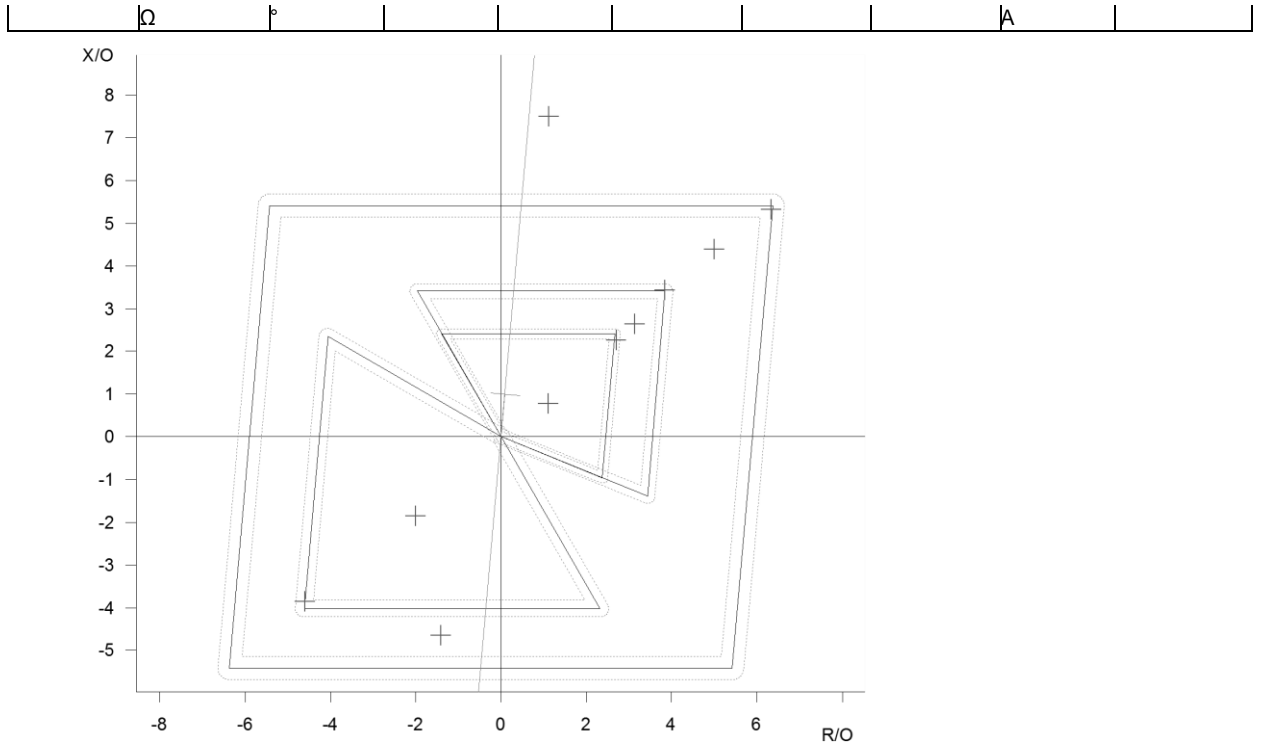
Auxiliary Binary Outputs:

Name	Fault inception time	Delay	Slope	Trip time	Delay	Slope
Ext. zones active	n/a		Open	n/a		Open

Test Results

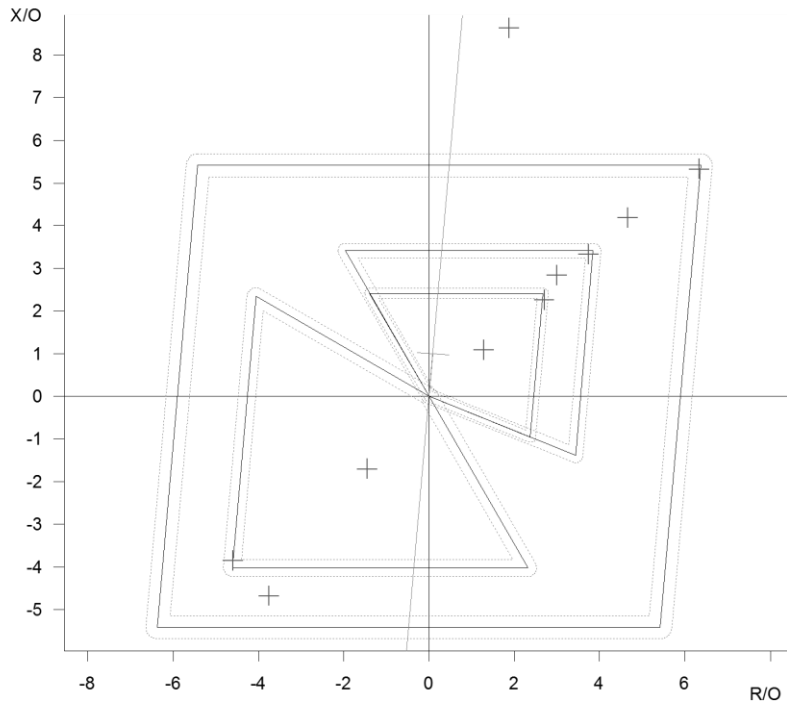
Shot Test: Fault Type L1-E

	Z	Phi	%	% of	t nom	t act.	Dev.	ITest	Result
1	Ω	1.355	34.63	n/a	500.0 ms	519.4 ms	3.88 %	2.000	Passed
1	Ω	3.522	40.00	n/a	3.000 s	3.035 s	1.153 %	2.000	Passed
2	Ω	4.106	40.00	n/a	3.000 s	3.034 s	1.123 %	2.000	Passed
2	Ω	5.154	41.73	n/a	4.000 s	4.034 s	0.8575 %	2.000	Passed
3	Ω	2.728	-	n/a	2.000 s	2.014 s	0.705 %	2.000	Passed
3	Ω	6.000	137.14 °	n/a	2.000 s	2.019 s	0.975 %	2.000	Passed
4	Ω	6.653	140.00 °	n/a	4.000 s	4.039 s	0.9675 %	2.000	Passed
4	Ω	8.282	41.27	n/a	4.000 s	4.034 s	0.85 %	2.000	Passed
4	Ω	4.859	40.00	n/a	4.000 s	4.039 s	0.985 %	2.000	Passed
4	Ω	4.859	-	n/a	4.000 s	4.039 s	0.985 %	2.000	Passed
out		7.585	106.97 °	n/a	no trip	no trip		2.000	Passed
			81.43	n/a					



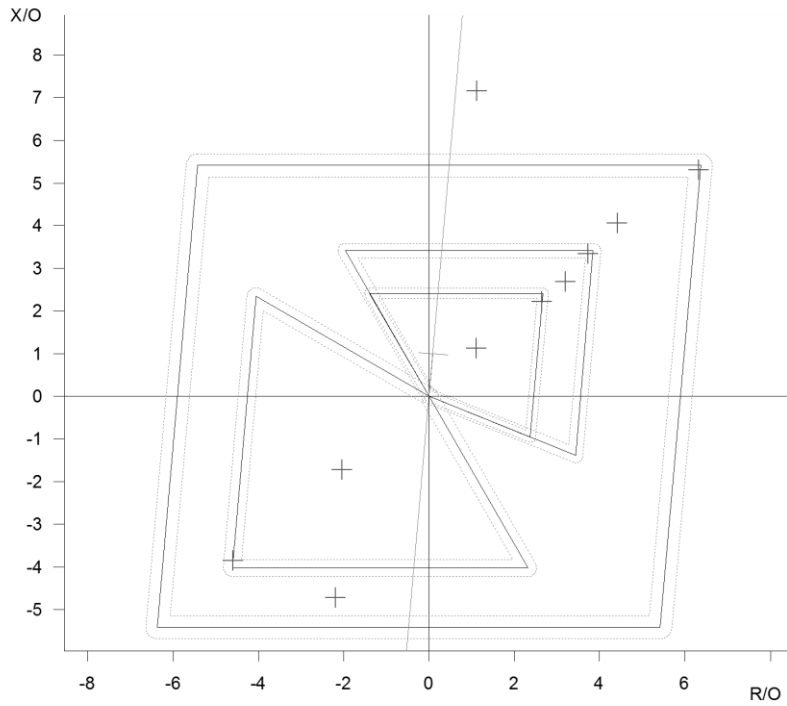
Shot Test: Fault Type L1-L2

	Z	Phi	%	% of	t nom	t act.	Dev.	I Test	Result
Ω	1.695	40.00	n/a		1.000 s	1.019 s	1.92 %	2.000	Passed
Ω	3.525	40.00	n/a		3.500 s	3.525 s	0.7 %	2.000	Passed
Ω	4.122	43.30	n/a		3.500 s	3.539 s	1.117 %	2.000	Passed
Ω	5.000	41.66	n/a		3.500 s	3.534 s	0.9743 %	2.000	Passed
Ω	2.235	-	n/a		2.000 s	2.013 s	0.67 %	2.000	Passed
Ω	6.000	130.00 °	n/a		2.000 s	2.014 s	0.695 %	2.000	Passed
Ω	6.259	140.00 °	n/a		4.000 s	4.034 s	0.8375 %	2.000	Passed
Ω	8.282	41.85	n/a		4.000 s	4.034 s	0.8475 %	2.000	Passed
Ω	6.000	40.00	n/a		4.000 s	4.034 s	0.8575 %	2.000	Passed
Ω	8.833	-	n/a		4.000 s	4.034 s	0.8575 %	2.000	Passed
Ω		128.74 °	n/a		no trip	no trip		2.000	Passed
Ω		77.77	n/a					2.000	Passed



Shot Test: Fault Type L1-L2-L3

		Z	Phi	%	% of	t nom	t act.	Dev.	I Test	Result
1	Ω	1.583	45.25	n/a		1.000 s	1.019 s	1.91 %	2.000	Passed
1	Ω	3.448	40.00	n/a		1.000 s	1.034 s	3.41 %	2.000	Passed
2	Ω	4.176	40.00	n/a		3.500 s	3.534 s	0.96 %	2.000	Passed
2	Ω	5.000	41.96	n/a		3.500 s	3.534 s	0.9771 %	2.000	Passed
3	Ω	2.667	-	n/a		2.000 s	2.014 s	0.68 %	2.000	Passed
3	Ω	6.000	140.00 °	n/a		2.000 s	2.019 s	0.935 %	2.000	Passed
2	Ω	6.000	140.00 °	n/a		4.000 s	4.034 s	0.86 %	2.000	Passed
2	Ω	8.263	40.00	n/a		4.000 s	4.034 s	0.8575 %	2.000	Passed
4	Ω	5.216	-	n/a		4.000 s	4.034 s	0.8575 %	2.000	Passed
4	Ω	7.241	114.94 °	n/a		no trip	no trip		2.000	Passed



Shot Details:

Parameters:

Fault Type:	L1-L2-L3	Phi:	81.02 °
Z :	7.241 Ω	X:	7.152 Ω
R:	1.131 Ω	% of:	
%:	n/a		
I _{Test}	2.000 A		

Results:

t act.:	no trip	Assessment:	Passed
t nom.:	no trip	Dev.:	
t min.:	no trip	t max.:	no trip

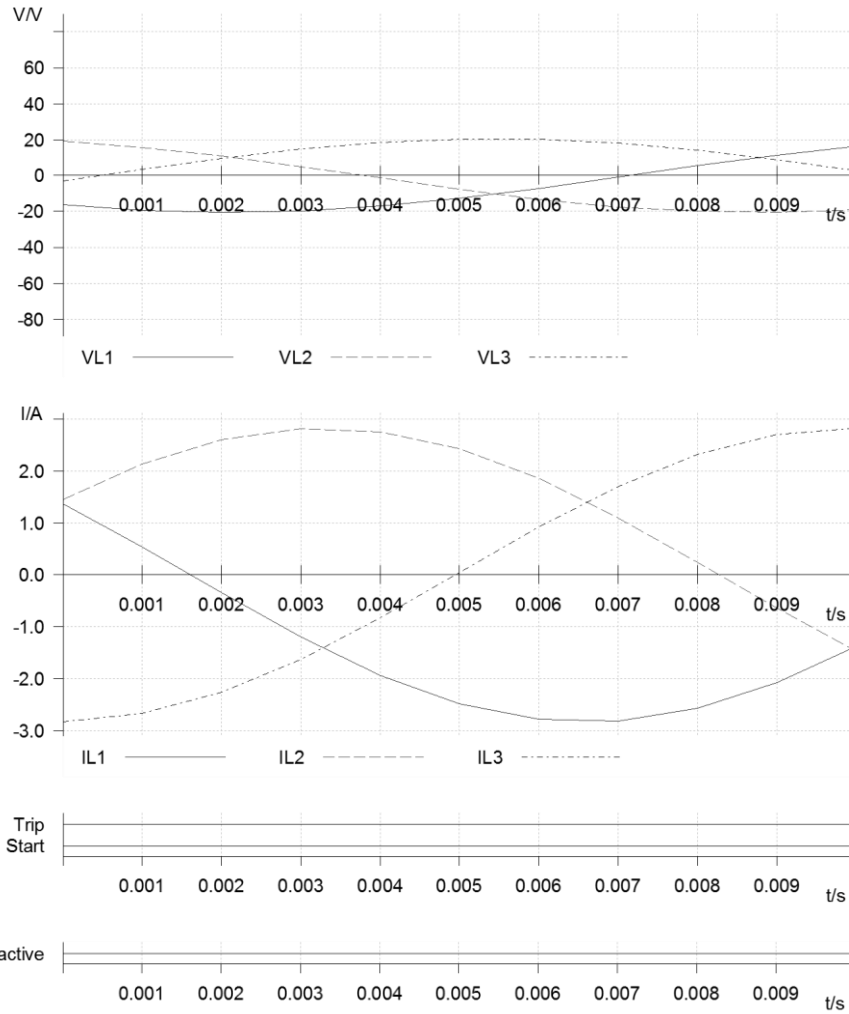
Fault Quantities (natural):

VL1:	14.48 V	0.00 °
VL2:	14.48 V	-120.00 °
VL3:	14.48 V	120.00 °
IL1:	2.000 A	-81.02 °
IL2:	2.000 A	-201.02 °
IL3:	2.000 A	38.98 °
V _{Fault}	14.48 V	0.00 °
I _{Fault} :	2.000 A	-81.02 °

Fault Quantities (symmetrical):

V ₀ :	0.000 V	n/a
V ₁ :	14.48 V	0.00 °
V ₂ :	0.000 V	n/a
I ₀ :	0.000 A	n/a
I ₁ :	2.000 A	-81.02 °
I ₂ :	0.000 A	n/a

Fault



Cursor Data

	Time	Signal	Value
Cursor 1	0.00 s		n/a
Cursor 2	0.00 s		n/a
C2 - C1	n/a		n/a

Test
 State: Test
 passed