

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**

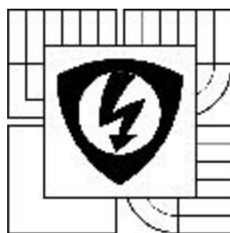
TESTOVÁNÍ DISTANČNÍ OCHRANY

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS**

**AUTOR PRÁCE
AUTHOR**

MARTIN DVOŘÁK

BRNO 2014



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav elektroenergetiky

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor
Silnoproudá elektrotechnika a elektroenergetika

Student: Martin Dvořák

Ročník: 3

ID: 125210

Akademický rok: 2013/14

NÁZEV TÉMATU:

Testování distanční ochrany

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Princip činnosti distanční ochrany, impedanční charakteristiky
2. Digitální distanční ochrany, jejich přínos, možnosti nastavení
3. Návrh vhodné metodiky pro měření vypínací charakteristiky
4. Praktická aplikace metody a výsledky měření

DOPORUČENÁ LITERATURA:

podle pokynů vedoucího práce

Termín zadání: 10. 2. 2014

Termín odevzdání: 30. 5. 2014

Vedoucí práce: doc. Ing. Jaroslava Orságová, Ph.D.

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 citace práce:

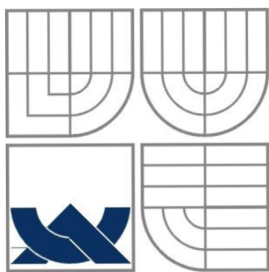
DVOŘÁK, M. *Testování distanční ochrany*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2014. 78s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Jaroslava Orságová, Ph.D.

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.

Zároveň bych chtěl na tomto místě poděkovat vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Jaroslavě Orságové, Ph.D. a Jiřímu Černochovi, senior techniku v oboru ochrany a automatik, ze společnosti E.ON Česká republika, s.r.o., za udílení cenných rad, ochotu a vynaložený čas.

Závěrem chci poděkovat mé rodině za podporu, kterou mi poskytovali po celou dobu tvorby bakalářské práce.

.....



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ



Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií

Ústav elektroenergetiky

Bakalářská práce

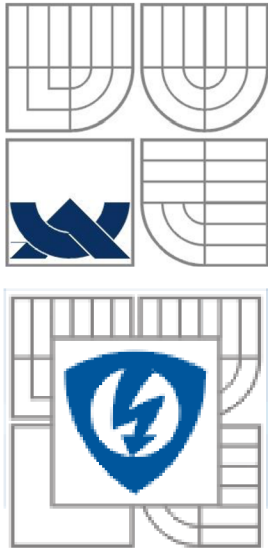
Testování distanční ochrany

Martin Dvořák

vedoucí: doc. Ing. Jaroslava Orságová, Ph.D.

Ústav elektroenergetiky, FEKT VUT v Brně, 2014

Brno



BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

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

Bachelor's Thesis

Testing of Distance Protection

by

Martin Dvořák

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

Brno University of Technology, 2014

Brno

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá obecnou problematikou distančních ochran. Primárně nás seznamuje s distanční ochranou, charakterizuje její význam a popisuje jednotlivé členy distančních ochran. Sekundárně porovnává vypínací charakteristiky a vyhodnocuje získaná data.

Práce se zaměřuje na distanční ochranu SIPROTEC 7SA610 od společnosti Siemens a také program DIGSI 4, který komunikuje s touto ochranou. Ochrana je nastavována podle zmíněného programu. Zařízením OMICRON CMC 256plus a pomocí programu OMICRON Test Universe je testována.

Distanční ochrana je s testovacím zařízením propojena přes osobní počítač. Měření je prováděno pro různé body vypínací charakteristiky.

Hlavním cílem bakalářské práce bylo navrhnout vhodnou metodu pro měření vypínací charakteristiky a provést praktickou aplikaci této metody.

KLÍČOVÁ SLOVA: Distanční ochrana; testování distanční ochrany; SIPROTEC 7SA610;
OMICRON CMC 256 plus

ABSTRACT

This bachelor thesis deals with the problem of distance protection. Primarily, it introduces us to distance protection, characterizes its significance and describes each part of distance protection. In second part, the tripping characteristics are compared and gained data are evaluated.

Thesis is focused on distance protection SIPROTEC 7SA610 from Siemens corporation and DIGSI 4 programme, which communicates with this protection. The protection is set due to this programme. The OMICRON CMC 256plus is another device investigated and is tested due to the programme OMICRON Test Universe.

The distance protection is connected with the testing device via a personal computer. Measurement is done for various points of the tripping characteristic.

The main aim of this thesis was to suggest the appropriate method for measurement of the tripping characteristic and to perform the practical application of this method.

KEY WORDS: Distance protection; Testing of distance protection; SIPROTEC 7SA610;
OMICRON CMC 256 plus

Obsah

Seznam obrázků	10
Seznam tabulek	12
Seznam symbolů a zkratk	13
1. Úvod	14
2. Obecné rozdělení ochran	15
2.1 Třídění ochran	15
2.2 Základní členy ochran	16
3. Distanční ochrany	18
3.1 Měřicí členy distančních ochran.....	20
3.2 Polygonální charakteristika měřícího členu	22
3.3 Vliv sítě na funkci distanční ochrany	23
3.4 Kompenzace stejnosměrné složky	24
3.5 Výhody a nevýhody distančních ochran	25
4. Distanční ochrana SIEMENS 7SA6.....	26
4.1 Popis funkce	27
4.2 Oblasti použití	27
4.3 Ochranné funkce	27
4.4 Komunikace ochrany.....	28
4.5 Nastavení ochran	28
4.6 Výpočet impedancí.....	28
4.6.1 Smyčka vodič- vodič.....	29
4.6.2 Smyčka vodič- země	29
4.7 Údaje o vedení	30
4.8 Stupňová vypínací charakteristika	31
5. Testovací zařízení OMICRON CMC 256plus	32

5.1 Schéma zapojení DO 7SA610 pro měření	33
6. Postup nastavení DO pomocí programu DIGSI 4.....	35
6.1 Komunikace ochrany s počítačem.....	37
6.2 Nastavení parametrů ochrany.....	38
6.3 Nastavení parametrů vedení	42
7. Nastavení zařízení OMICRON CMC 256 plus.....	48
7.1 Konfigurace objektu.....	50
7.2 Konfigurace hardwaru	52
7.3 Testování distanční ochrany	53
7.4 Výsledky měření	55
Závěr.....	67
Použitá literatura	68
Příloha A	69

Seznam obrázků

Obr. 3. 1. Impedance zkratové smyčky	18
Obr. 3. 2. Selektivní vypínání distančních ochran	19
Obr. 3. 3. Impedanční charakteristika	20
Obr. 3. 4. Charakteristika mho	20
Obr. 3. 5. Charakteristika offset mho	21
Obr. 3. 6. Reaktanční charakteristika	21
Obr. 3. 7. Odporová charakteristika	21
Obr. 3. 8. Směrová charakteristika	22
Obr. 3. 9. Polygonální tvar impedanční charakteristiky	23
Obr. 3. 10. Modelová impedance	24
Obr. 4. 1. Hardwarová struktura digitální distanční ochrany 7SA6	26
Obr. 4. 2. Zkrat smyčky vodič- vodič	29
Obr. 4. 3. Zkrat smyčky vodič- země	30
Obr. 5. 1. Testovací zařízení OMICRON CMC 256plus	32
Obr. 5. 2. Přehledové schéma distanční ochrany 7SA610	33
Obr. 5. 3. Příklad připojení měřících transformátorů proudu.....	34
Obr. 6. 1. Vytvoření nového projektu	35
Obr. 6. 2. Uložení projektu.....	36
Obr. 6. 3. Připojení DO a počítače	37
Obr. 6. 4. Nastavení rozhraní připojení	37
Obr. 6. 5. Nabídka nastavení ochrany	38
Obr. 6. 6. Nastavení komunikace masking I/O	39
Obr. 6. 7. Nastavení transformátorů a jejich převodů	40
Obr. 6. 8. Nastavení fází, frekvence a jednotek délky.....	41
Obr. 6. 9. Nastavení zkoušky výkonového spínače.....	41
Obr. 6. 10. Nastavení parametrů vedení.....	42
Obr. 6. 11. Nastavení úhlu natočení charakteristiky	43
Obr. 6. 12. Nastavení vypínacích časů pro jednotlivé zóny	43

Obr. 6. 13. Nastavení zóny Z1	44
Obr. 6. 14. Nastavení zóny Z2	45
Obr. 6. 15. Nastavení zóny Z3	45
Obr. 6. 16. Nastavení zóny Z4	46
Obr. 6. 17. Nastavení zóny Z5	46
Obr. 6. 18. Nastavení doby záznamu.....	47
Obr. 7. 1. Úvodní okno testovacího programu	48
Obr. 7. 2. Přidružení sady testu	48
Obr. 7. 3. Nastavení systému.....	49
Obr. 7. 4. Nastavení a konfigurace zařízení	50
Obr. 7. 5. Objekt testu- nastavení zařízení	51
Obr. 7. 6. Nastavení parametrů distanční ochrany	51
Obr. 7. 7. Nastavení zón pro měření	52
Obr. 7. 8. Konfigurace výstupu testovacího zařízení	52
Obr. 7. 9. Nastavení měřících bodů.....	53
Obr. 7. 10. Nastavení testovacího proudu	54
Obr. 7. 11. Umístění bodů v zóně Z1 a Z2.....	55

Seznam tabulek

Tab. A. 1. Parametry vedení.....	69
Tab. A. 2. Hodnoty pro zónu Z1	70
Tab. A. 3. Hodnoty pro zónu Z2	72
Tab. A. 4. Hodnoty pro zónu Z3	74
Tab. A. 5. Hodnoty pro zónu Z4	76
Tab. A. 6. Hodnoty pro zónu Z5	78

Seznam symbolů a zkratk

Symbol, zkratka	Název	Jednotka
u	napětí	[V]
i	proud	[A]
R	činný odpor	[Ω]
Z	impedance	[Ω]
X	reaktance	[Ω]
L	indukčnost	[H]
t	čas	[s]
d	délka vedení	[km]
v	chráněný úsek vedení	[km]
h_0	hraniční oblast	[-]
P_d	oblast zátěže	[-]
P_z	oblast zkratu	[-]
DO	distanční ochrana	[-]
MTU	měřicí transformátor napětí	[-]
MTI	měřicí transformátor proudu	[-]

1. Úvod

V této bakalářské práci se v první části obecně zabýváme elektrickými ochranami. V další části popisujeme princip distančních ochran, které charakterizujeme podrobněji. Distanční ochrana je jedna z nejrozšířenějších ochran používaných v přenosových a distribučních sítích, u transformátorů s velkými výkony a u generátorů, kde se používá jako záložní. Základní požadavky kladené na moderní ochranu vedení jako rychlost, citlivost a selektivita se společně s požadavky na dostupnost stále zvyšují. Moderní digitální distanční ochrany musí být schopny pracovat společně se stávajícími elektromechanickými ochranami, a proto je velice důležitá jejich flexibilita.

Po zhodnocení distančních ochran popisujeme ochranu SIPROTEC 7SA6 od společnosti Siemens a testovací zařízení OMICRON CMC 256plus.

V praktické části se zabýváme návrhem metody testování této ochrany a popisujeme postup testování.

V závěru bakalářské práce vyhodnocujeme výsledky testování.

[1] [4]

2. Obecné rozdělení ochran

Ochrana je zařízení, které má za úkol zajišťovat provozní bezpečnost a spolehlivost určité části energetického systému např. generátoru, vedení, transformátoru apod. Ochrana musí rozlišit, je-li chráněný objekt v mezích normálního provozu nebo se jedná o poruchu. V případě poruchy ochrana zamezuje poškození chráněného zařízení vypnutím, odbuzením apod.

2.1 Třídění ochran

1) Podle typu chráněného objektu

- a) ochrana vedení
- b) přípojnic
- c) transformátoru
- d) generátoru
- e) motoru
- f) kondenzátorové baterie

2) Podle druhu poruchy

- a) zkratová
- b) při přetížení
- c) nadpěťová
- d) podpěťová
- e) kmítočtová
- f) při zemním spojení
- g) při zpětném toku výkonu
- h) při ztrátě buzení
- i) při nesouměrnosti

3) Podle funkčního principu (druh ochrany)

- a) proudová
- b) distanční
- c) napěťová srovnávací

- d) rozdílová
- e) wattová
- f) jalová
- g) kmitočtová
- h) při nesouměrnosti

4) Podle doby působení

- a) mžiková ochrana- působí „ihned“ po vzniku poruchy. Její rychlost je omezena pouze dobou zpracování informace uvnitř ochrany
- b) časově závislá ochrana- doba působení je závislá na velikosti měřené veličiny
- c) časově nezávislá ochrana- předem nastavená doba působení vzniku poruchy je konstantní

5) Podle konstrukce

- a) elektromechanické ochrany
- b) tranzistorové ochrany
- c) číslicové ochrany

Konstrukce ochran se neustále vyvíjí tak, aby odpovídala současnému stavu vědy a techniky. [4]

2.2 Základní členy ochran

Ochrany se skládají z těchto základních členů, ale nemusí je obsahovat všechny.

a) **vstupní člen**- převádí vstupní signál na zpracovatelný tvar a úroveň, zjišťuje ze signálu stav objektu, chrání vnitřní obvody ochrany proti rušení a chybným signálům.

Jmenovité vstupní hodnoty ochran jsou 100V, 5A nebo 1A. Tyto veličiny jsou přivedeny na svorky ochrany z přístrojových transformátorů proudu a napětí. Měřící členy uvnitř ochrany pracují na úrovních jednotek voltů a miliampérů. Vstupní členy ochrany převádějí vstupní veličiny na tyto úrovně pomocí bočníků, děličů a transformátorů. Transformátor, ať už proudový nebo napěťový, navíc galvanicky odděluje obvody ochrany od okolí.

b) **popudový člen**- vznikne-li porucha v energetické soustavě v dosahu ochrany, podává o ní popud informaci logickému členu a měřicímu členu ochrany. Je třeba mít na paměti, že ne každá porucha má být odstraněna jedinou ochranou. O tom, zda příslušná porucha patří do

kompetence ochrany, rozhodne měřicí člen a logika. Popud zaručí pouze rozběh těchto obvodů.

c) **měřicí člen**- vlastnosti většiny ochran jsou závislé na měřícím členu. Je to např. selektivita, citlivost a přesnost. Je patrné, že rozdíl mezi měřícím členem napěťové nebo proudové ochrany není podstatný. Proto je vhodné analyzovat měřicí členy nikoliv podle měřené fyzikální veličiny, ale podle charakteru funkce. Rozeznáváme dva základní typy měřících členů: **amplitudový** a **součinnový** měřicí člen.

d) **logický člen**- logika ochrany má za úkol zpracovat logický signál z popudu a určit funkci měřeného členu. Dále na základě signálu z měřícího členu určit funkci koncového členu. Všechny vstupy i výstupy logiky jsou booleovské funkce. Proto její struktura lze vytvořit jako soustavu tří logických funkcí: součtu, součinu a negace.

e) **koncový člen**- koncové členy ochran tvoří nejčastěji pomocná relé s výkonnými kontakty. Na jejich vstup přichází signál z logiky. Koncový člen má upravit signál logiky tak, aby byl schopen předání ovládacím zařízením objektu. Musí mít dostatečně vysokou úroveň a odolnost proti vnějšímu rušení. Kontakty výstupních obvodů koncového členu musí mít dostatečnou zatížitelnost.

f) **časový člen**- prodlužuje dobu působení ochrany, jeho vstup je signál z logiky. Tento člen se používá z důvodů: zajištění selektivity, využití možné akumulace energie v objektu a vyloučení chybného působení ochrany.

g) **napájecí člen**- napájení, tj. pohon ochrany, může být v zásadě zajištěno těmito způsoby: ochrany bez napájení, přímé napájení ze staniční baterie, napájení ze střídavé sítě, napájení přes stabilizátor, galvanické oddělení, napájení z přístrojových transformátorů. [1][2][4]

Ochrana měří velikost proudu i_k a napětí u_k v místě ochrany. Při zkratu jsou obě tyto veličiny vázány vztahem:

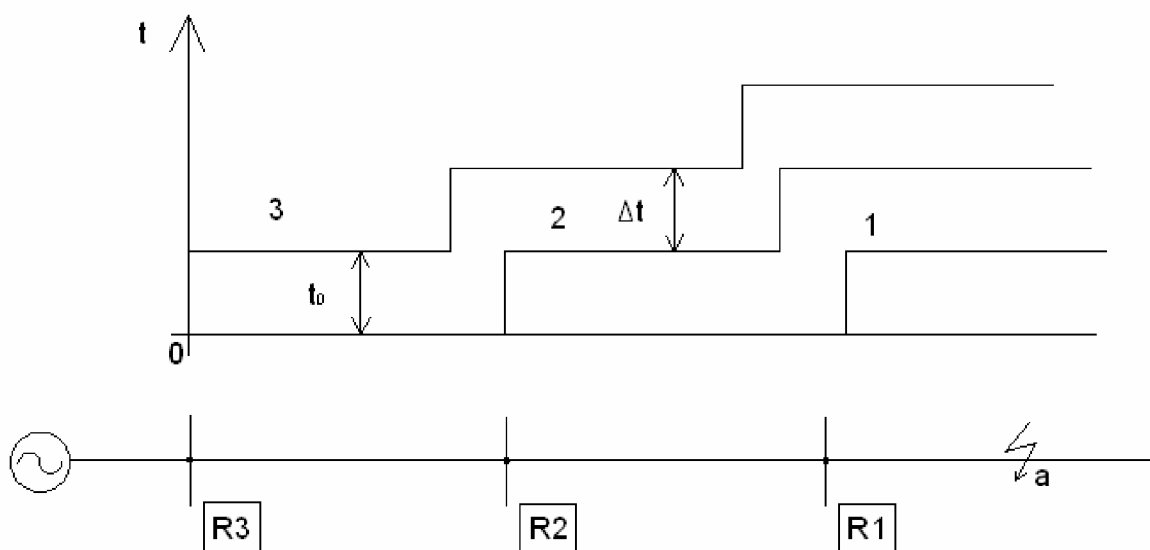
$$u_k = z \cdot i_k \quad (V; \Omega, A) \quad (3. 2)$$

kde u_k je napětí v místě ochrany

i_k - proud v místě ochrany

z - je impedance zkratové smyčky

Vypínací charakteristika distanční ochrany podle rovnice (3.1) je přímka. Aby nedocházelo k prodlužování vypínacích časů při poruchách ležících dále od distanční ochrany, je konstrukce upravena tak, že vypínací čas je na impedanci prakticky nezávislý a je určen nastavením časového zpoždovacího členu. Tím lze dosáhnout stupňovité vypínací charakteristiky podle obr. 3. 2. [4]



Obr. 3. 2. *Selektivní vypínání distančních ochran*

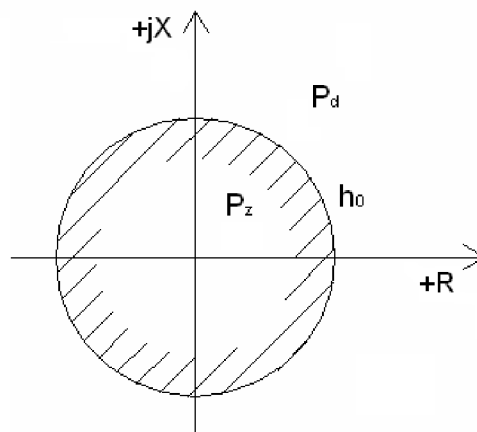
Na obrázku 3. 2. je t_0 vlastní čas ochrany. U moderních ochran bývá tento čas v intervalu 10÷50ms. Δt je koordinační časový interval, který se určuje podle stejných kritérií jako u nadproudových nezávislých ochran. Např. vznikne-li porucha v místě a , pak nabíhají ochrany R1, R2 respektive R3. Ochrana R1 vypíná v čase t_0 . Při jejím selhání pak působí v delším čase ochrana R2 a popřípadě R3. Takto se navzájem zálohují, avšak vypínací časy v chráněných úsecích směrem ke zdroji se neprodlužují jako u nadproudových nezávislých ochran. Toto je základní výhoda při použití distančních ochran. [4]

3.1 Měřící členy distančních ochran

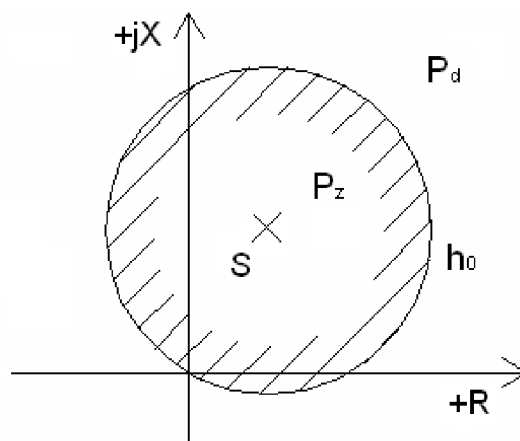
Základním prvkem distančních ochran je měřící člen, který na základě přivedených vstupních hodnot napětí a proudu v místě připojení ochrany, měří impedanci Z . Při poklesu pod její nastavenou hodnotu, dává pokyn k vypnutí.

Charakteristiky nejvíce používaných měřících členů distančních ochran:

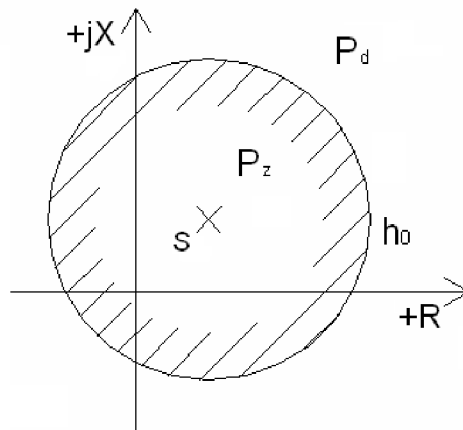
- impedanční s kruhovou charakteristikou ve středové poloze
- charakteristika „mho“ procházející počátkem
- charakteristika „offset mho“, což je vysunutá charakteristika „mho“
- reaktanční charakteristika
- odporová charakteristika
- směrová charakteristika procházející počátkem [1][5][6]



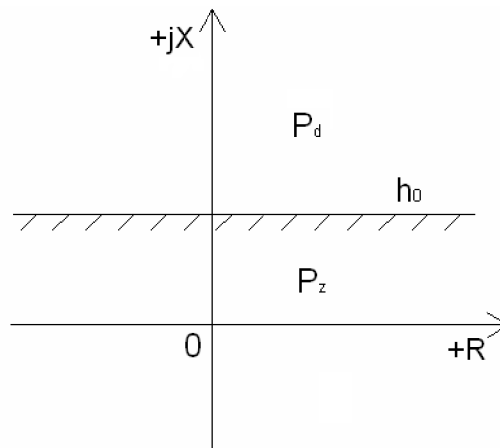
Obr. 3. 3. Impedanční charakteristika



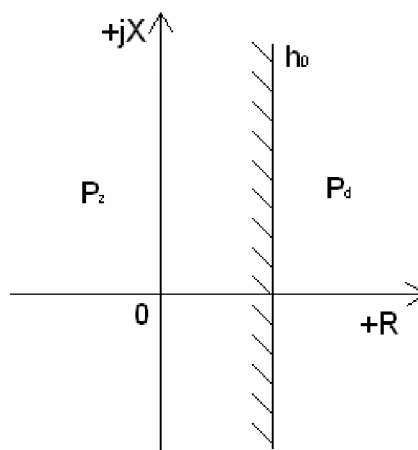
Obr. 3. 4. Charakteristika mho



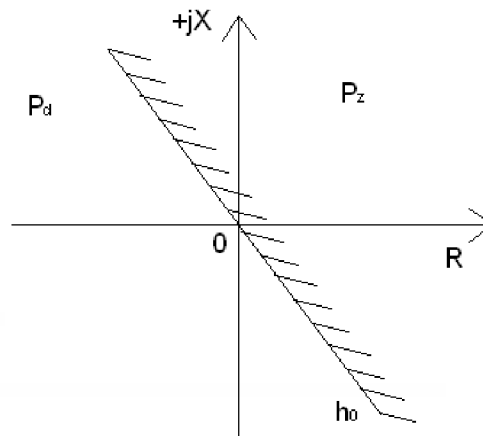
Obr. 3. 5. Charakteristika offset mho



Obr. 3. 6. Reaktanční charakteristika



Obr. 3. 7. Odporová charakteristika



Obr. 3. 8. Směrová charakteristika

kde h_0 je hraniční oblast

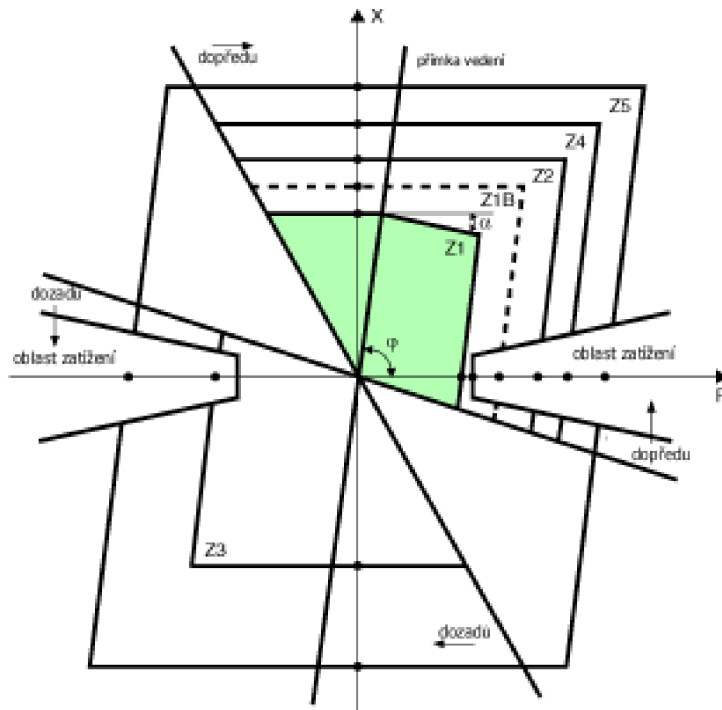
P_d - oblast zátěže

P_z - oblast zkratu

3.2 Polygonální charakteristika měřícího členu

Běžně používané charakteristiky měřících členů jsou kruhové, obvykle doplněné směrovým členem, případně je použita charakteristika m_{ho} . Charakteristika m_{ho} slučuje v jediném členu směrové i impedanční působení. Velmi výhodná se jeví polygonální charakteristika, kterou dostaneme skládáním signálů měřících členů.

Polygonální charakteristiku získáme složením dvou charakteristik. Poloha polygonální charakteristiky je volena tak, aby impedance vedení protínala horní stranu čtyřúhelníku. Výhoda této charakteristiky je především v dokonalé kompozici oblouku a to i pro krátké linky. [4][5]



Obr. 3. 9. Polygonální tvar impedanční charakteristiky

3.3 Vliv sítě na funkci distanční ochrany

Dosud jsme sledovali charakteristiky distančních ochrany bez ohledu na skutečné velikosti napětí u_k a proudu i_k . Při nízkých úrovních vně tohoto intervalu dochází k nepřesnostem a zpoždění funkce ochrany. Na obrázku 3.1 je znázorněn úsek vedení mezi místem tvrdého napětí A a poruchou v místě C. V místě B je distanční ochrana, z_s je impedance mezi ochranou a zdrojem konstantního napětí u_i v síti. Impedance z_s určuje, která ochrana musí zpracovat úbytek napětí a tím i velikost napětí u_k .

$$u_k = u_i - z_s i_k \quad (3.3)$$

Impedance zkratové smyčky z je úměrná vzdálenosti poruchy od ochrany a určuje poměr:

$$z = \frac{u_k}{i_k} \quad (3.4)$$

Skutečná velikost u_k , i_k je závislá na z a také na z_s . Při malém z_s (impedanční ochrana je blízko zdroje napětí u_i) pracuje ochrana při jmenovitém napětí sítě u_i :

$$z \rightarrow 0 = u_k \doteq u_i \quad (3.5)$$

Zvětšujeme-li z_s , ubývá u_k až na velikost u_{min} , což je hranice spolehlivé funkce ochrany:

$$u_k = \frac{Z}{Z + z_s} u_1 \quad (3.6)$$

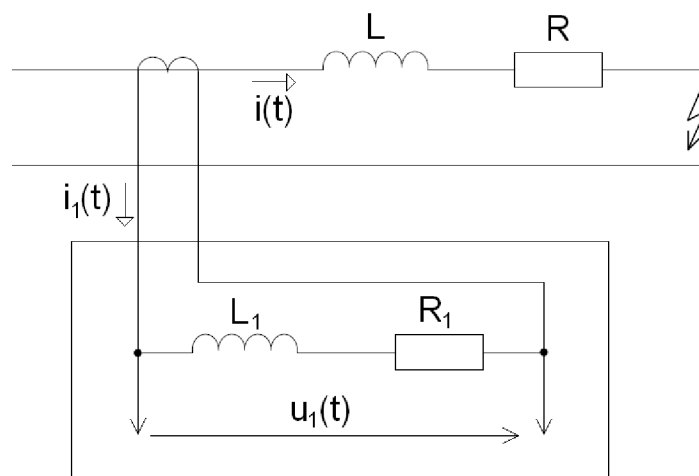
Velikost z_s závisí na vzdálenosti ochrany od místa napájení sítě a je nepřímo úměrná zkratovému výkonu. [4]

3.4 Kompenzace stejnosměrné složky

Při odvozování základních rovnic měřících členů jsme dosud uvažovali, že vstupní napětí a proudy jsou harmonického průběhu, odkud měřená impedance byla uvažována jako podíl fázorů.

$$\frac{u_k}{i_k} = Z = R_a + j\omega L \quad (3.7)$$

Tento vztah ovšem neplatí, jestliže zkratový proud obsahuje stejnosměrnou složku, která vzniká při poruše na vstupu ochrany. Musíme tedy stejnosměrnou složku odfiltrovat např. bočníkem, který nazýváme modelová impedance.



Obr. 3. 10. Modelová impedance

Modelovou impedancí mohou být přímo impedance Z_1 a Z_2 v součtovém členu. Budeme předpokládat dokonalý přenos jak střídavé, tak stejnosměrné složky zkratového proudu přes jistící transformátory proudu. [1][4] [5]

3.5 Výhody a nevýhody distančních ochran

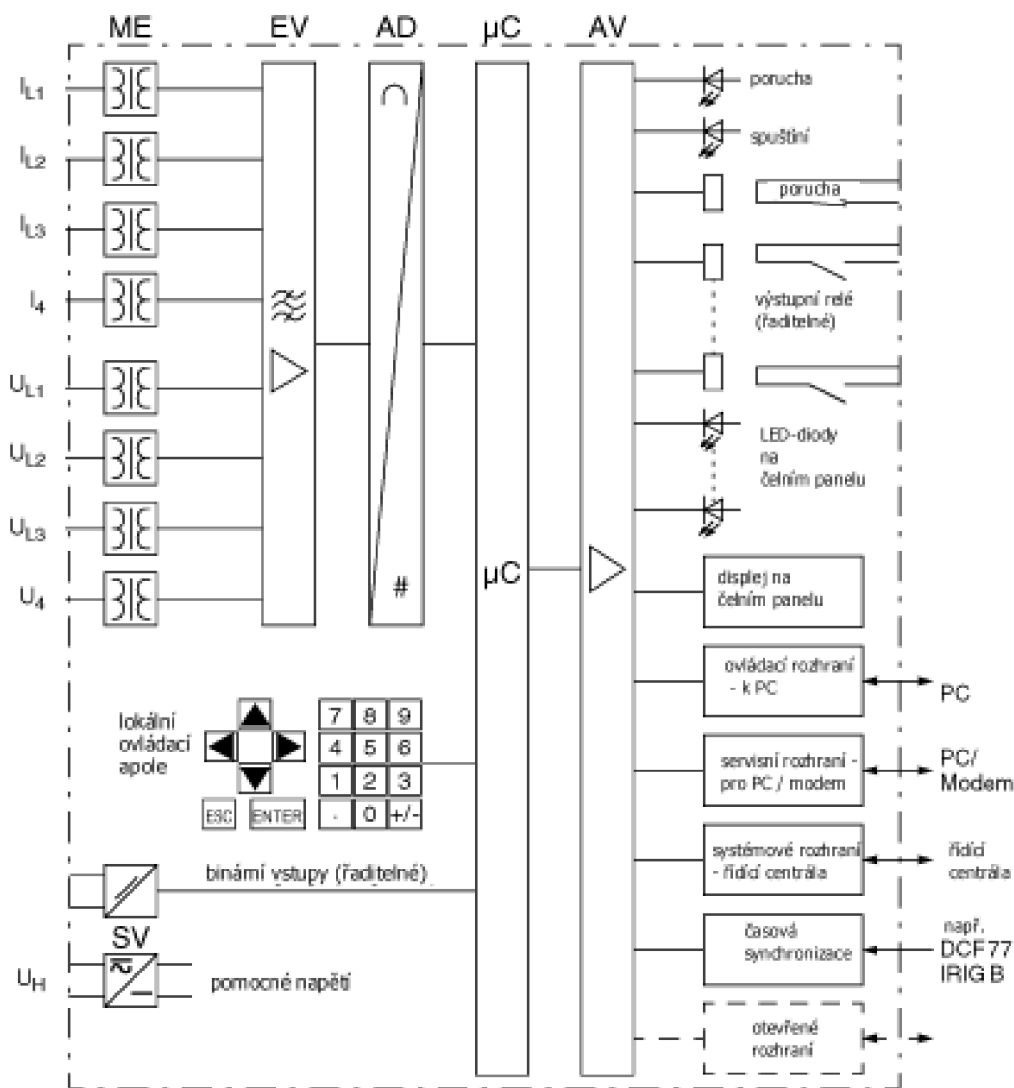
Mezi výhody distančních ochran patří to, že DO nezajišťuje pouze směr polohy jako směrová ochrana, ale přímo vymezuje začátek i konec úseku vedení, kde působí. Automatická změna citlivosti ochrany ve zvolených časových úsecích dovoluje s určitým časovým zpožděním zálohovat ochrany sousedních úseků. V základním úseku pracuje mžikově, zatímco nadproudové ochrany musí být směrem ke zdroji výkonu úmyslně zpožděné (místo s nejtěžšími ztrátami). Funkce distanční ochrany nezávisí na kolísání napětí zdroje. Impedance vedení je konstantní.

Nevýhodou distančních ochran je jejich složitost, možnost chybného měření při ztrátě měřeného napětí. Je nutno ji vybavit dodatečným blokováním při poruše v napěťovém obvodu jistících transformátorů napětí. Při nastavování jednotlivých stupňů ochrany je přesnost měření ovlivněna velikostí příčné admitance vedení. [1][5][6]

4. Distanční ochrana SIEMENS 7SA6

Digitální distanční ochrana SIEMENS 7SA6 je vybavena výkonným mikroprocesorem. Díky tomu jsou všechny úkoly, od snímání měřených veličin až po vydávání příkazů výkonovým spínačům, plně digitálně zpracovány.

Měřicí vstupy transformují proudy a napětí přicházející od měřících převodníků a přizpůsobují je interní úrovni, se kterou přístroj pracuje. Přístroj disponuje 4 proudovými a 4 napěťovými vstupy. Tři proudové vstupy slouží jako vstupy proudů fázových vodičů, další může být použit pro zemní proud, zemní proud paralelního vedení nebo proud nulového bodu napájecího transformátoru. Pro každé napětí vodič- zem je k dispozici jeden napěťový vstup. Další napěťový vstup může být použit pro nulové napětí, pro napětí přípojnice nebo pro libovolné napětí.



Obr. 4. 1. Hardwarová struktura digitální distanční ochrany 7SA6

4.1 Popis funkce

Důležitým prvkem pro identifikaci poruch je rozeznání spojení se zemí, protože se od toho odvíjí platnost impedancí smyčky pro určení vzdálenosti poruch a tvar charakteristik distančních zón, ať už se jedná o spojení se zemí nebo ne. 7SA6 disponuje stabilizovanou registrací zemního proudu, porovnáním nulového proudu, zpětných složek proudu a registrací nulového napětí. Jako další byla učiněna zvláštní opatření, aby byla zachycena detekce poruchy u jednoduchých spojení se zemí v izolované nebo kompenzované síti. [7]

4.2 Oblasti použití

DO je selektivní a rychlé ochranné zařízení pro otevřená vedení a kabely napájené z jedné nebo více stran v radiálních, kruhových nebo libovolných mřížových sítích jakýchkoliv napěťových řad. Nulový bod sítě může být uzemněný, kompenzovaný nebo izolovaný. Přístroj je vybaven funkcemi, které se obvykle používají pro ochranu odbočky vedení a je proto univerzálně použitelný. Stejně tak je přístroj možné použít jako časově odstupňovanou záložní ochranu ke všem druhům ochranných zařízení pracujících na principu porovnávání pro vedení, transformátory, generátory, motory a přípojnice všech napěťových řad. [1][7]

4.3 Ochranné funkce

Základní funkcí je určení vzdálenosti zkratu distančním měřením. Především pro komplexní poruchy ve více fázích je distanční měření koncipováno pro více systémů. Různé druhy detekce poruchy umožňují velkou schopnost přizpůsobit se poměrům v síti a filozofii uživatele.

Při výpadku měřicího napětí kvůli poruše v sekundárním obvodu např. sepnutí ochranného spínače měřicího transformátoru napětí nebo vypnutí pojistky může přístroj samočinně přejít do nouzového režimu pomocí integrované nadproudové ochrany, dokud není měřicí napětí opět k dispozici. Kromě zmíněných funkcí ochrany proti zkratu jsou možné další ochranné funkce, jako je evidence zemních zkratů, víceúrovňová přepětíová a podpětíová ochrana, ochrana proti selhání výkonového spínače, ochrana proti účinkům kývání výkonu, jakož i ochrana proti tepelnému přetížení, která chrání provozní prostředky před nepřipustným oteplováním. K rychlému vyhledání poškozeného místa po zkratu je integrován lokalizátor poruchy, u kterého mohou být kompenzovány také vlivy paralelních vedení. [7]

4.4 Komunikace ochrany

Pro komunikaci ochrany s externími ovládacími, řídicími a paměťovými systémy jsou k dispozici sériová rozhraní.

Devítipólový konektor DSUB na čelním panelu slouží k lokální komunikaci s osobním počítačem. Prostřednictvím ovládacího softwaru SIPROTEC DIGSI 4 mohou být přes toto rozhraní prováděny všechny ovládací a vyhodnocovací úkony.

Další rozhraní se nachází na zadní straně přístroje (dle objednané varianty). Je to buď servisní rozhraní, nebo systémové. Servisní rozhraní slouží k ovládání ze vzdáleného místa pomocí osobního počítače a obslužného softwaru DIGSI 4. Systémové rozhraní slouží centrální komunikaci mezi přístrojem a řídicí centrálou. Ta může být provozována přes datové nebo optické kabely.

Alternativně je u přístroje SIPROTEC možné pomocí PROFIBUS FMS připojení na sběrnici pro datová pole. Toto připojení je především v automatizační technice velmi rozšířený komunikační standard s obzvláště vysokým výkonem. [7]

4.5 Nastavení ochran

Pro nastavení vypínacích charakteristik je třeba uvažovat tyto údaje:

- a) **parametry sítě**- napěťová hladina, konfigurace sítě, délka vedení a její parametry
- b) **údaje o měničích**- převodové poměry proudových a napěťových transformátorů
- c) **zkratové poměry**- jednofázové a trojfázové zkratové výkony resp. proudy nebo odpovídající impedance sousledné a zpětné složky
- d) **výkonové poměry**- maximální činná a jalová zátěž

U některých případů je potřeba brát zřetel na přechodové děje jako je kývání sítě, záběrové proudy transformátorů a motorů.

4.6 Výpočet impedancí

Pro 6 možných smyček vedení L1-E, L2-E, L3-E, L1-L2, L2-L3, L3-L1 je k dispozici impedanční měřicí zařízení. Smyčky vodič-země (L-E) jsou platné, jestliže došlo k rozpoznání spojení se zemí a proud fáze překročil nastavenou minimální hodnotu. Smyčky vodič-vodič (L-L) jsou platné, jestliže proudy ve vedení obou daných fází překročily minimální hodnotu.

Detektor skoku synchronizuje všechny výpočty s příchodem poruchy. Jestliže se během vyhodnocování objeví další porucha, okamžitě se počítá s novými naměřenými veličinami. Vyhodnocení tedy vždy pracuje s naměřenými veličinami aktuálního stavu. [7]

4.6.1 Smyčka vodič- vodič

Pro výpočet smyčky vodič- vodič při dvoufázovém zkratu L1-L2 podle obrázku 4.2. vypadá rovnice smyček takto:

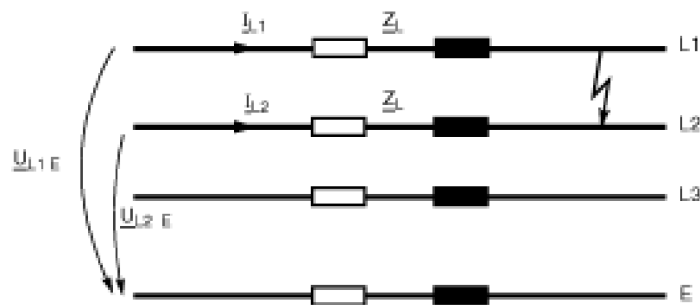
$$I_{L1} \cdot Z_L - I_{L2} \cdot Z_L = U_{L1-E} - U_{L2-E} \quad (4.1)$$

kde U, I jsou (komplexní) měřené veličiny

Z- (komplexní) impedance vedení

Impedance vedení se pak vypočítá:

$$Z_L = \frac{U_{L1-E} - U_{L2-E}}{I_{L1} - I_{L2}} \quad (4.2)$$



Obr. 4. 2. Zkrat smyčky vodič- vodič

Výpočet smyčky vodič-vodič se neprovádí, pokud je jedna ze zúčastněných fází odpojena (během jednofázového krátkého přerušení), aby se zabránilo chybnému měření s naměřenými hodnotami, které nejsou momentálně nadefinované. [7]

4.6.2 Smyčka vodič- země

Pro výpočet smyčky vodič-země, například při zkratu L3-E podle obrázku 4.3. musí být zohledněno, že impedance zpětného zemního vedení všeobecně nesouhlasí s impedancí vodičů.

V rovnici smyček:

$$I_{L3} \cdot Z_L - I_E \cdot Z_E = U_{L3-E} \quad (4.3)$$

je Z_E nahrazeno $(Z_E/Z_L) \cdot Z_L$ a z toho vyplývá:

$$I_{L3} \cdot Z_L - I_E \cdot Z_L \cdot \frac{Z_E}{Z_L} = U_{L3-E} \quad (4.4)$$

Z této rovnice se získá opět impedance vedení:

$$Z_L = \frac{U_{L3-E}}{I_{L3} - \left(\frac{Z_E}{Z_L}\right) \cdot I_E} \quad (4.5)$$



Obr. 4. 3. Zkrat smyčky vodič- země

Stejně jako u smyčky vodič- vodič se ani zde neprovádí výpočet smyčky vodič- země, pokud je jedna ze zúčastněných fází odpojena. [7]

4.7 Údaje o vedení

Nastavení údajů o vedení se zde vztahuje na společné údaje, které jsou nezávislé na konkrétním odstupňování distanční ochrany. Úhel vedení může být zjištěn z konstant vedení.

Platí:

$$\tan\varphi = \frac{X_L}{R_L} \text{ nebo } \varphi = \arctg \frac{X_L}{R_L} \quad (4.6)$$

kde R_L je ohmický odpor

X_L - reaktance chráněného vedení

Údaje o vedení mohou být použity buď pro kompletní vedení nebo jako hodnoty vztažené na délku, protože kvocienty nejsou závislé na délce. U kvocientů také nemá žádný význam, zda jsou vypočítány z primárních nebo sekundárních veličin. [7]

Pro parametrizaci prostřednictvím osobního počítače a programu DIGSI 4 mohou být hodnoty volitelně zadávány také v primárních veličinách. Potom odpadá následující přepočtení v sekundárních veličinách.

Pro přepočtení primárních hodnot na sekundární platí:

$$Z_{sekundární} = \frac{\text{převod měřicího transformátoru proudu}}{\text{převod měřicího transformátoru napětí}} \cdot Z_{primární} \quad (4.7)$$

V souladu s tím platí pro reaktanční vrstvu vedení:

$$X'_{sek} = \frac{N_{Str}}{N_{SpG}} \cdot X'_{prim} \quad (4.8)$$

kde N_{Str} je převod měřicího transformátoru proudu

N_{SpG} - převod měřicího transformátoru napětí

Příklad výpočtu:

110kV otevřené vedení 150mm² s parametry:

$$R'_1 = 0,19\Omega/\text{km}$$

$$X'_1 = 0,42\Omega/\text{km}$$

Měřicí transformátor proudu 600A/ 1A

Měřicí transformátor napětí 110kV/ 0,1kV

Sekundární reaktanční vrstva se vypočítá:

$$X'_{sek} = \frac{N_{Str}}{N_{SpG}} \cdot X'_{prim} = \frac{600A/1A}{110kV/0,1kV} \cdot 0,42\Omega/\text{km} = 0,229\Omega/\text{km} \quad (4.9)$$

4.8 Stupňová vypínací charakteristika

Doporučuje se pro celou galvanicky spojenou síť nejprve vytvořit stupňovou vypínací charakteristiku, na které jsou vyznačeny délky tras s jejich primárními reaktancemi X v $\Omega/\text{ fáze}$. Reaktance X jsou rozhodující pro dosah distančních zón.

Pro první zónu $Z1$ se zvolí asi 85% chráněné trasy vedení bez zpoždění (tj. $T1 = 0,00s$).

Ochrana potom odpojuje poruchy na této vzdálenosti v jejím vlastním spínacím čase.

Pro vyšší stupně je doba zpoždění zvýšena vždy o dobu odstupňování. Doba odstupňování musí respektovat vypínací čas výkonového spínače vč. rozptylu, doby odpadu ochranných zařízení a rozptylu doby zpoždění. Běžně je to 0,2 až 0,4s. Dosah je zvolen tak, aby vystačil asi do 80% časově shodné zóny ochrany pro nejkratší následné vedení. [7]

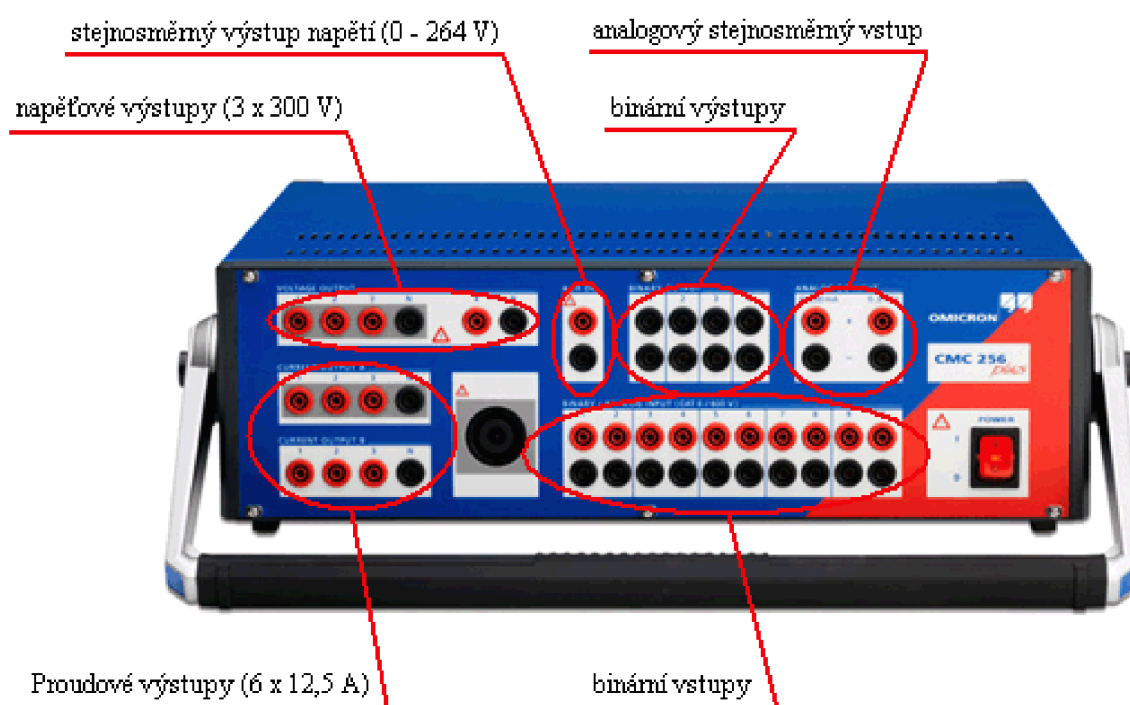
5. Testovací zařízení OMICRON CMC 256plus

Testovací zařízení OMICRON CMC 256plus je zařízení uzpůsobené pro testování elektroměrů, měničů a ochran. Zařízení umožňuje simulovat signály z měřících transformátorů proudu a napětí a tím ověřit funkci ochrany. Výkonové parametry CMC 256plus:

Výstupní zkušební veličiny:

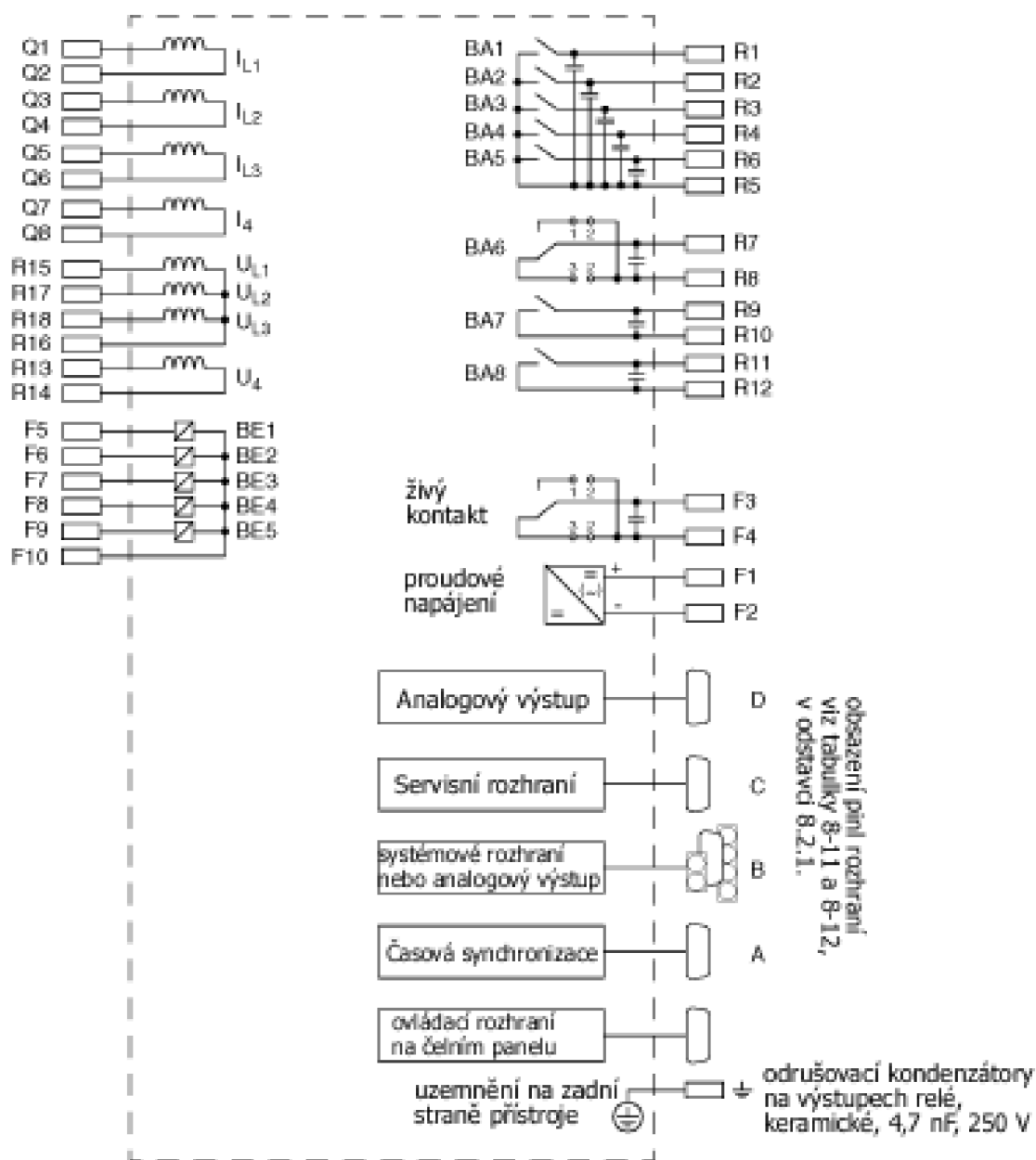
- 4 x napětí (fázové 0 ... 300 V)
- dva galvanicky oddělené proudové obvody (vždy 3 x 12,5 A)
- napájení zkoušeného objektu stejnosměrným napětím
- výstup a vstup binárních signálů

OMICRON CMC 265plus je součástí zkušebního systému, který se vedle zkušebního přístroje samotného skládá z PC a programu OMICRON Test Universe. [6]



Obr. 5. 1. Testovací zařízení OMICRON CMC 256plus

5.1 Schéma zapojení DO 7SA610 pro měření



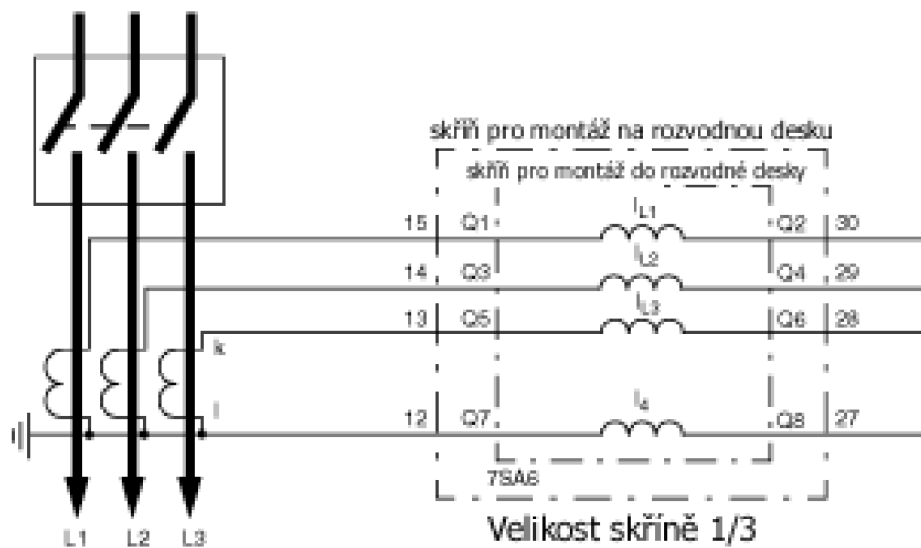
Obr. 5. 2. Přehledové schéma distanční ochrany 7SA610

Na svorky F1 a F2 přivedeme napájecí napětí ochrany.

Na svorky Q1, Q3, a Q5 přivedeme proudové výstupy 1, 2 a 3 z testovacího zařízení. Svorky Q2, Q4, Q6 a Q8 zapojíme do hvězdy. Svorku Q7 přivedeme na nulový výstup proudu. Toto zapojení je bráno s ohledem na přípojky na 3 měřicí transformátory proudu a nulový proud podle obrázku 5.3.

Na svorky R15, R17 a R18 přivedeme napěťové výstupy z testovacího zařízení a na svorku R16 přivedeme nulový výstup napětí.

Svorky R1 a R5 přivedeme na binární vstupy testovacího zařízení.

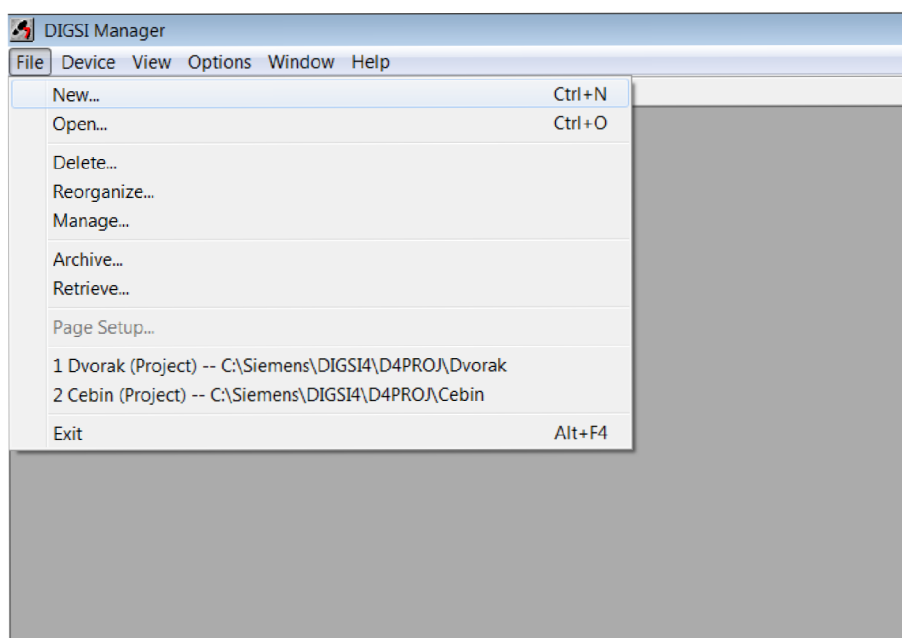


Obr. 5. 3. Příklad připojení měřicích transformátorů proudu

6. Postup nastavení DO pomocí programu DIGSI 4

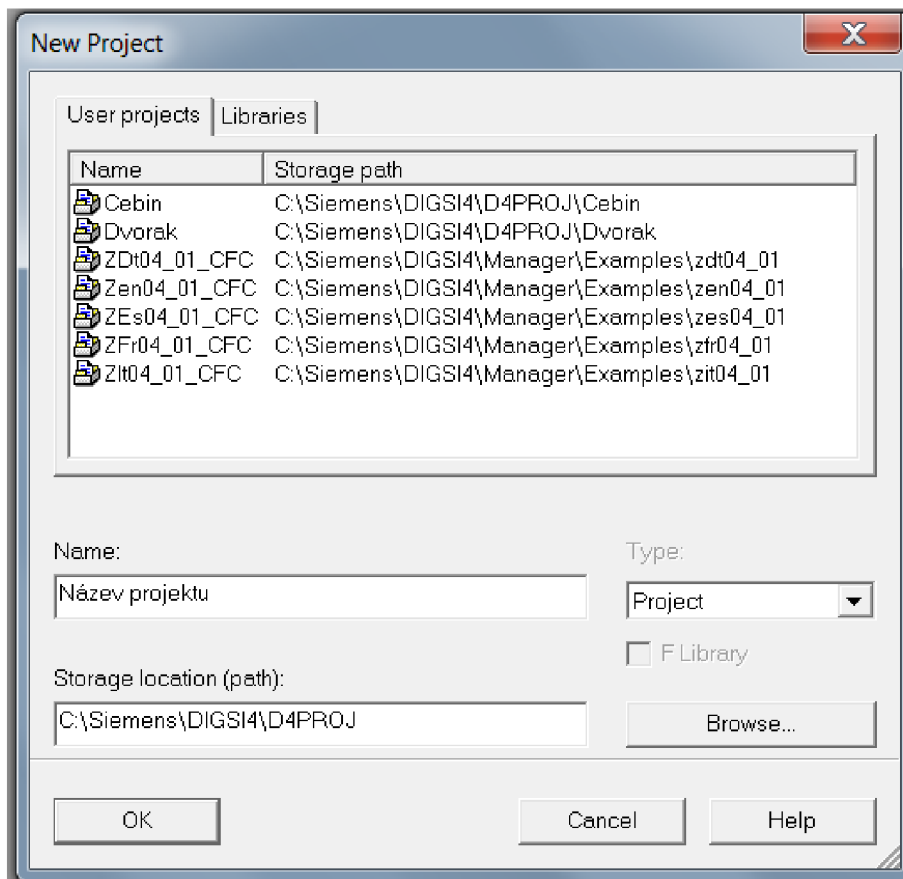
Distanční ochranu obsluhujeme pomocí počítače a programu DIGSI 4. Počítač je s ochranou propojen komunikačním kabelem RS232 přes port COM1.

Po spuštění programu zvolíme následující cestu: **File**→ **New**.



Obr. 6. 1. Vytvoření nového projektu

Pro vytvoření nového projektu musíme zadat název projektu a místo uložení v počítači. Nejčastěji se projekt ukládá do knihovny programu DIGSI 4, ale můžeme si také zvolit jiné místo uložení.

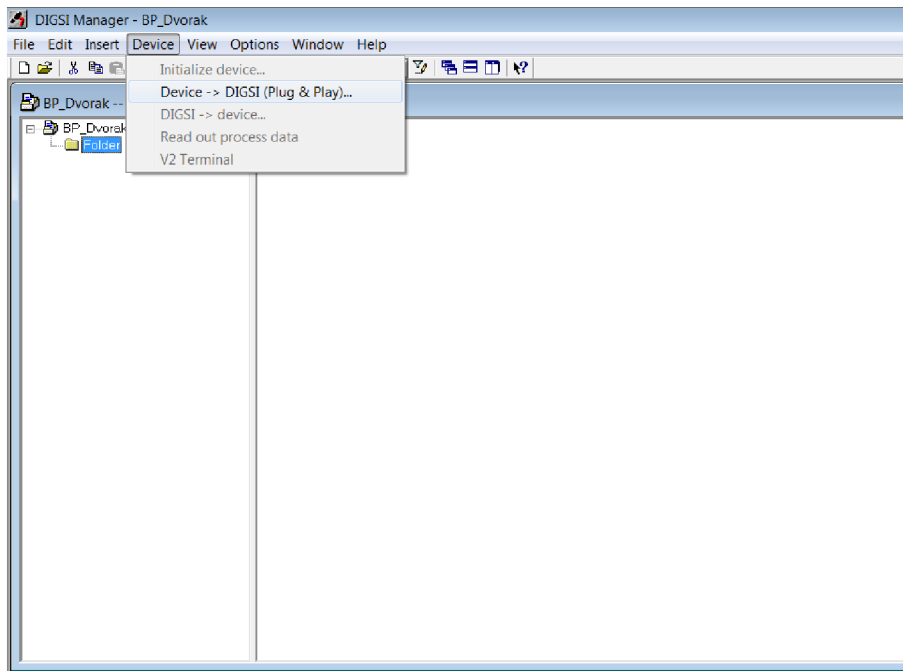


Obr. 6. 2. Uložení projektu

Nový projekt si pojmenujeme a zvolíme si již dříve zmíněné místo uložení.

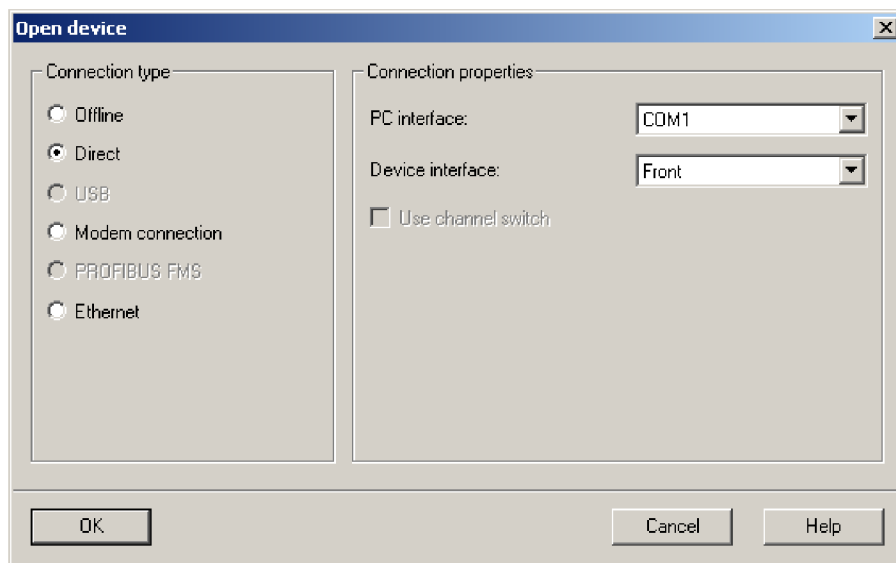
6.1 Komunikace ochrany s počítačem

Nyní připojíme danou ochranu k počítači, abychom pracovali v režimu online.



Obr. 6. 3. Připojení DO a počítače

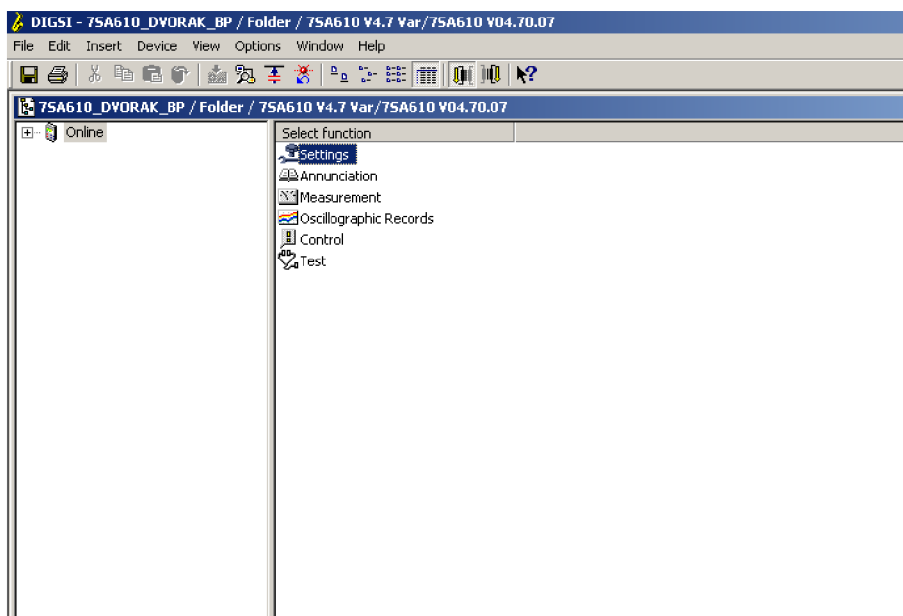
V následujícím okně zvolíme typ připojení direct a rozhraní COM1. Vybereme jestli máme komunikační kabel RS232 připojen na přední straně ochrany nebo na zadní.



Obr. 6. 4. Nastavení rozhraní připojení

6.2 Nastavení parametrů ochrany

Po připojení se dostáváme do rozhraní nastavení ochrany. Budeme nastavovat převody MT proudu a MT napětí. Dále budeme parametrizovat jednotky délky, pořad fází či jmenovitou frekvenci.



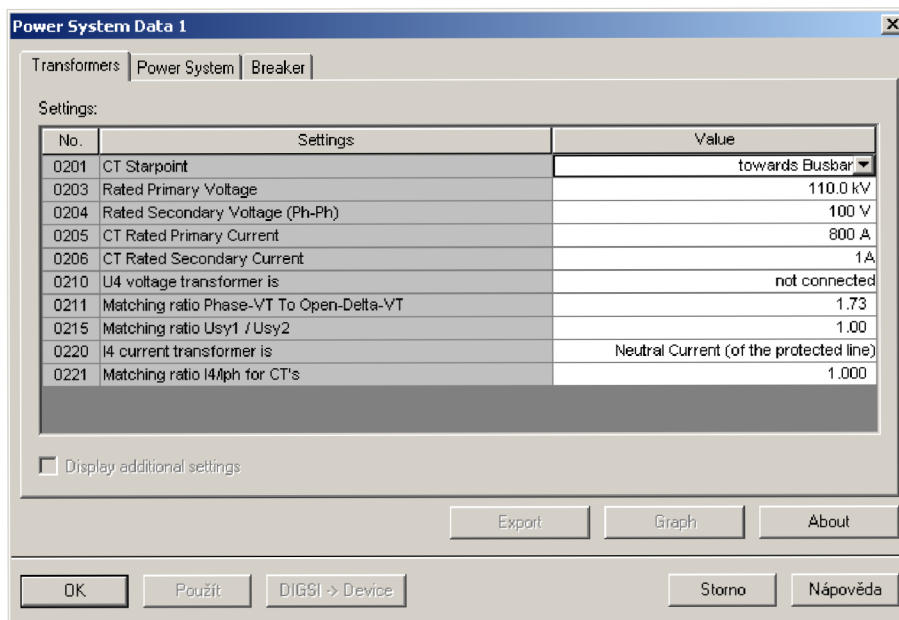
Obr. 6. 5. Nabídka nastavení ochrany

Pod záložkou **Settings** se nám nabídka rozšíří na jednotlivé nastavovací kroky ochrany. Jako první je zde **Device configuration**, kde se můžeme podívat, jak máme nastavenou DO. Jako druhé je zde nastavení **Masking I/O (Configuration Matrix)**. Tato záložka je důležitá z hlediska komunikace. Můžeme si zde nastavovat, co má daná ochrana vypínat, kam má posílat hlášení, na jaké binární vstupy a výstupy jsou připojeny jednotlivá zařízení a také indikuje chyby pomocí LED na čelním panelu. Jednotlivé příkazy mají svou neměnnou adresu (číslo), pod kterou jsou přiřazeny. Tyto adresy jsou u všech ochran 7SA6 stejné.

	Information				Source			Destination										
	Number	Display text	Long text	Type	BI	F	S	C	BO	LEDs	Buffer			S	X	C	CM	
											O	S	T					
Dis. Quadrl																		
Back-Up O/C											*			*				
Measurem Superv											*							
Fault Locator													*		*			
EN100-Modul 1	009.0100.01	Failure Modul	Failure EN100 Modul	IniSP							I/O							
	009.0101.01	Fail Ch1	Failure EN100 Link Channel 1 (Ch1)	IniSP							I/O							
	009.0102.01	Fail Ch2	Failure EN100 Link Channel 2 (Ch2)	IniSP							I/O							
Testing	07325	CB1-TESTrip L1	CB1-TEST TRIP command - Only L1	OUT							I/O							
	07326	CB1-TESTrip L2	CB1-TEST TRIP command - Only L2	OUT							I/O							
	07327	CB1-TESTrip L3	CB1-TEST TRIP command - Only L3	OUT							I/O							
	07328	CB1-TESTrip123	CB1-TEST TRIP command L123	OUT							I/O							
	07329	CB1-TEST close	CB1-TEST CLOSE command	OUT							I/O							
	07345	CB-TEST running	CB-TEST is in progress	OUT							I/O							
	07346	CB-TST stop FLT.	CB-TEST canceled due to Power Sys. Fault	OUT_Ev							I							
	07347	CB-TST stop OPEN	CB-TEST canceled due to CB already OPEN	OUT_Ev							I							
	07348	CB-TST stop NOTr	CB-TEST canceled due to CB was NOT READY	OUT_Ev							I							
	07349	CB-TST stop CLOS	CB-TEST canceled due to CB stayed CLOSED	OUT_Ev							I							
Cntl Authority		ModeREMOTE	Controlmode REMOTE	IniSP							I/O							
		Cntl Auth	Control Authority	IniSP							I/O				X			
		ModeLOCAL	Controlmode LOCAL	IniSP							I/O							
Control Device						*	*			*				*	*	*	*	
Process Data					*					*						*	*	
Measurement										*								
Set Points/MMI							*			*								

Obr. 6. 6. Nastavení komunikace masking I/O

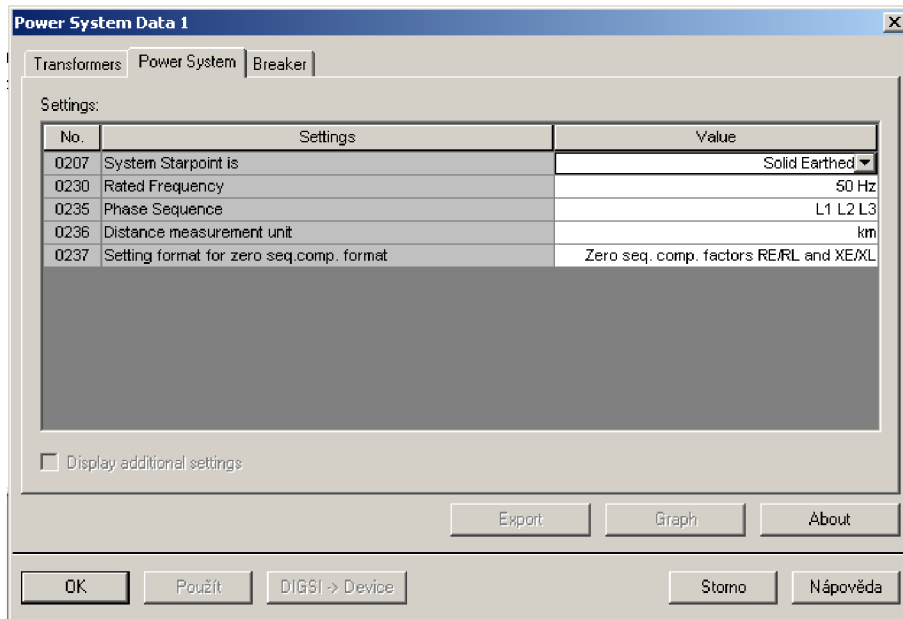
Dále otevřeme záložku **Power System Data 1**, kde probíhá vlastní nastavení ochrany. Projdeme si jednotlivé záložky a jejich nastavení. Zde musíme dávat pozor, abychom jednotlivé hodnoty nastavili správně.



Obr. 6. 7. Nastavení transformátorů a jejich převodů

kde 0201 je nulový bod MTI a udává směr (v našem případě towards Busbar- k přípojnici)

- 0203- jmenovité napětí MT- primární hodnota
- 0204- jmenovité napětí MT- sekundární hodnota
- 0205- jmenovitý proud MT- primární hodnota
- 0206- jmenovitý proud MT- sekundární hodnota
- 0210- měřicí transformátor U4- nepřipojen
- 0211- faktor přizpůsobení U_{ph}/U_{en}
- 0215- faktor přizpůsobení U_{ltg}/U_{ss}
- 0220- měřicí transformátor I4- nulový proud
- 0221- faktor přizpůsobení pro MT I4



Obr. 6. 8. Nastavení fází, frekvence a jednotek délky

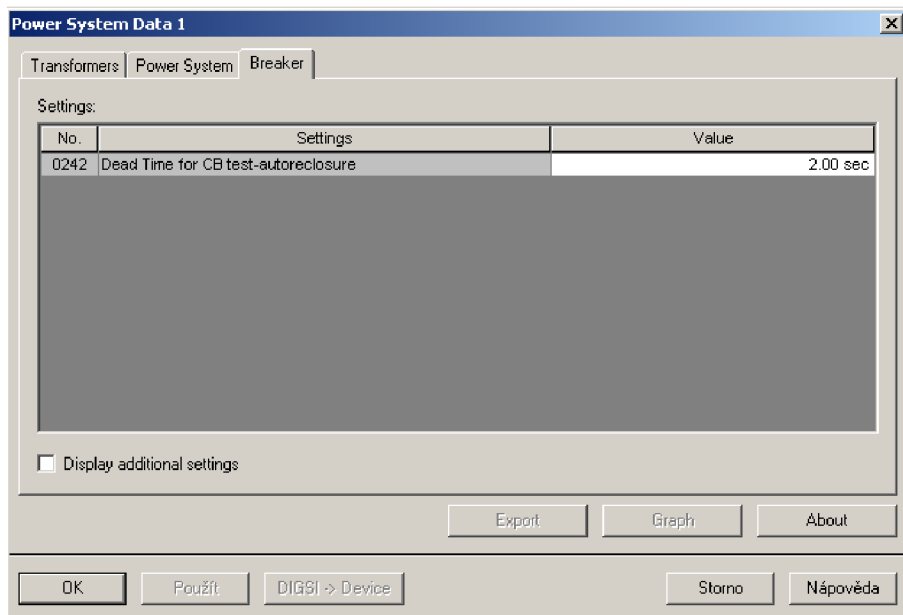
kde 0207 je ošetření nulového bodu sítě (uzemněný, kompenzovaný, izolovaný)

0230- jmenovitá frekvence

0235- pořad fází

0236- jednotka délky

0237- formát faktorů přizpůsobení zemní impedance

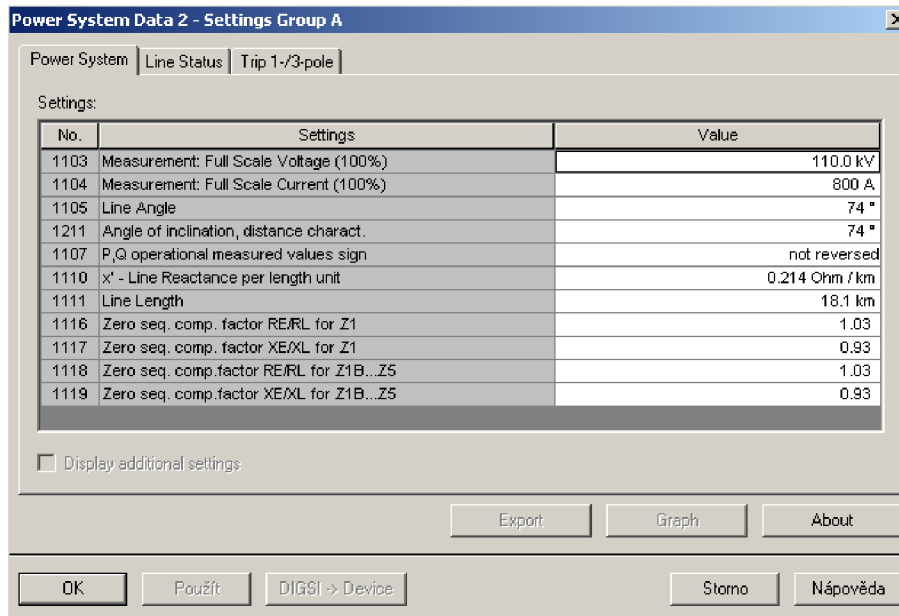


Obr. 6. 9. Nastavení zkoušky výkonového spínače

kde 0242 je zkouška výkonového spínače

6.3 Nastavení parametrů vedení

Nyní začneme nastavovat parametry vedení. Otevřeme záložku **Setting Group A** → **Power System Data 2**. Zde nastavíme jednotlivé parametry úseků vedení (zón) jako je např. délka vedení, reaktance, úhel impedance a vypínací časy jednotlivých zón. Údaje vkládáme z tabulek v příloze A. Můžeme si vymyslet i nějaké imaginární vedení a podle vztahů uvedených v kapitole 4.6 a 4.7 dopočítat potřebné hodnoty.



Obr. 6. 10. Nastavení parametrů vedení

kde 1103 je provozní jmenovité napětí prim. zařízení

1104- provozní jmenovitý proud prim. zařízení

1105- úhel impedance vedení

1110- měrná reaktance vedení

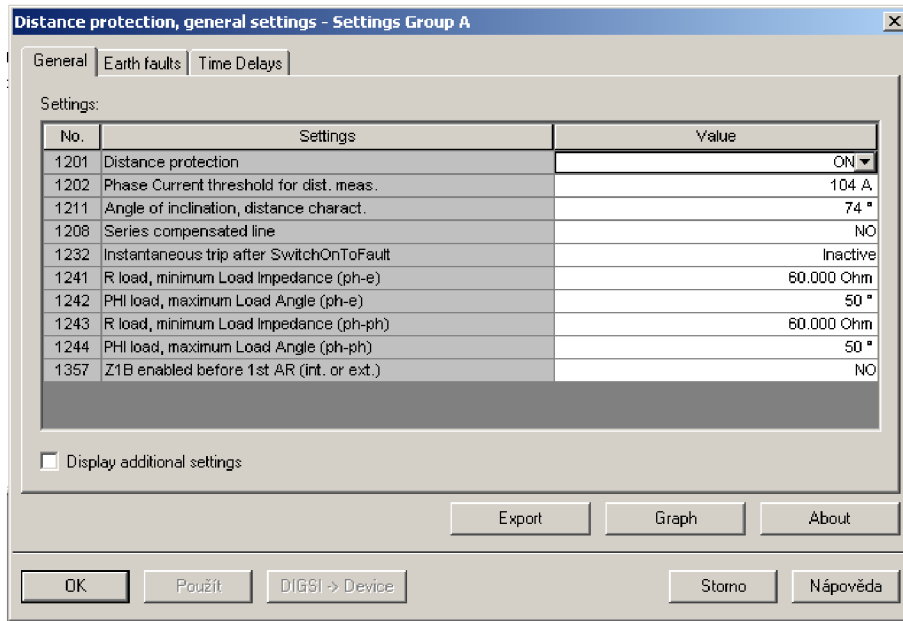
1111- délka vedení v km

1116- faktor přizpůsobení RE/RL pro 1. zónu

1117- faktor přizpůsobení XE/XL pro 1. zónu

1118- faktor přizpůsobení RE/RL pro vyšší zóny

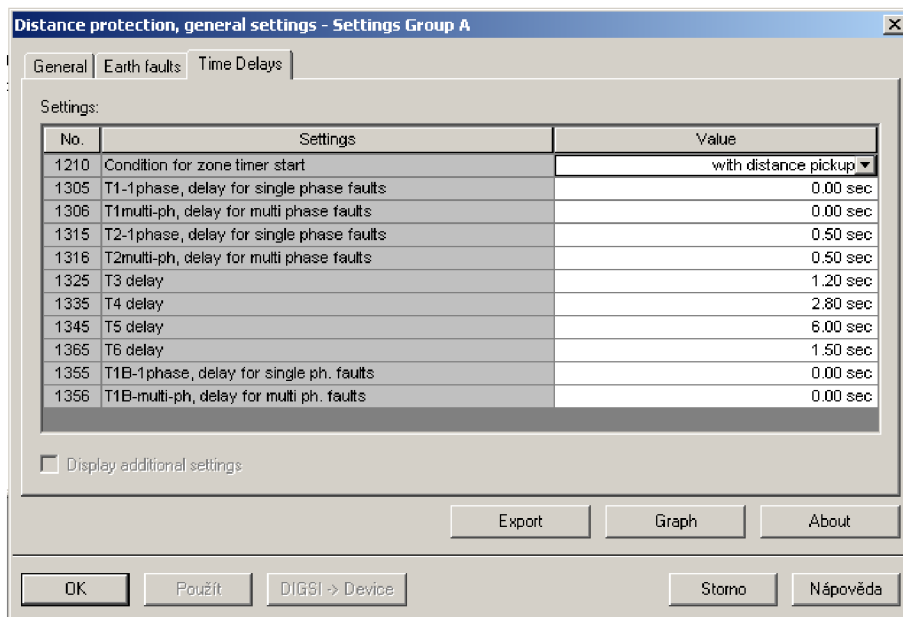
1119- faktor přizpůsobení XE/XL pro vyšší zóny



Obr. 6. 11. Nastavení úhlu natočení charakteristiky

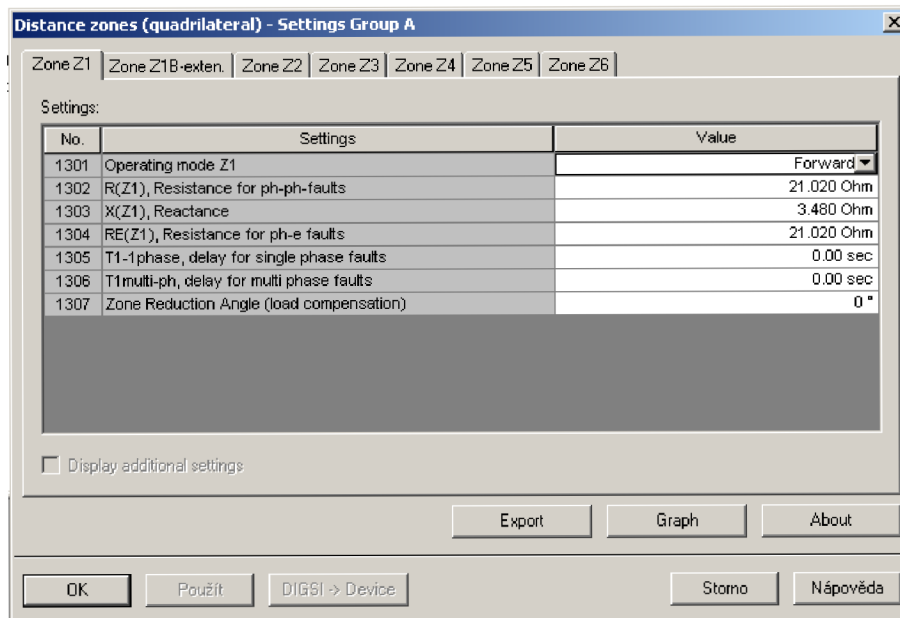
kde 1202 je minimální fázový proud

- 1211- úhel natočení charakteristiky
- 1208- sériová kompenzace
- 1232- nezpožděná oblast detekce poruchy
- 1241- hranice RL zátěž. kuželu pro smyčku LE
- 1242- úhel otevření zátěž. kuželu pro smyčku LE
- 1243- hranice RL zátěž. kuželu pro smyčku LL
- 1244- úhel otevření zátěž. kuželu pro smyčku LL
- 1357- uvolnění zóny Z1B pro opakované zapínání



Obr. 6. 12. Nastavení vypínacích časů pro jednotlivé zóny

Nastavování jednotlivých zón vypínací charakteristiky. Nastavení si ukážeme pouze na zóně Z1, jelikož se toto nastavení pro další úseky liší pouze v hodnotách, které jsme získali z tabulek pro jednotlivé zóny.



Obr. 6. 13. Nastavení zóny Z1

kde 1301 je režim zóny

1302- rezistence

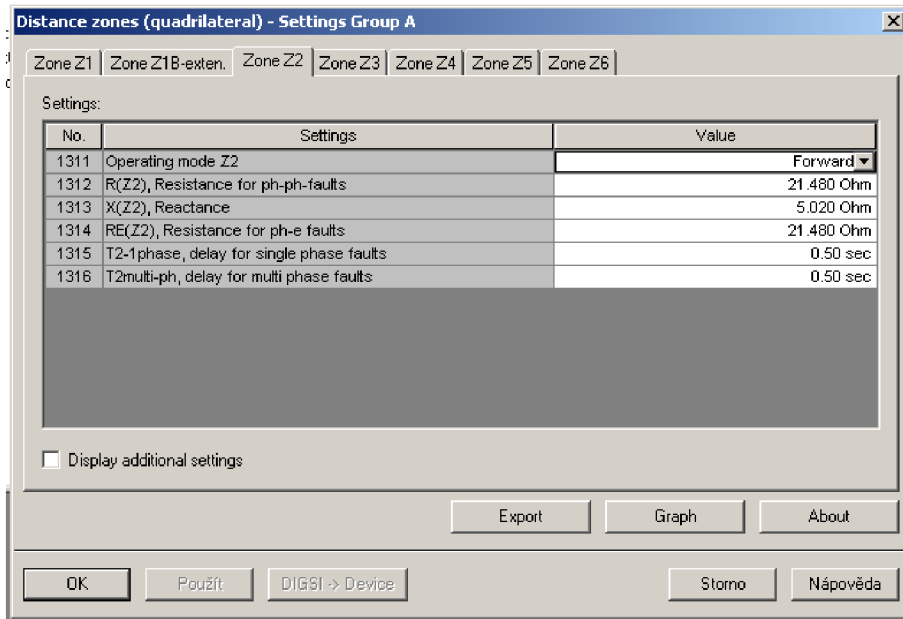
1303- reaktance

1304- rezistence při spojení se zemí RE

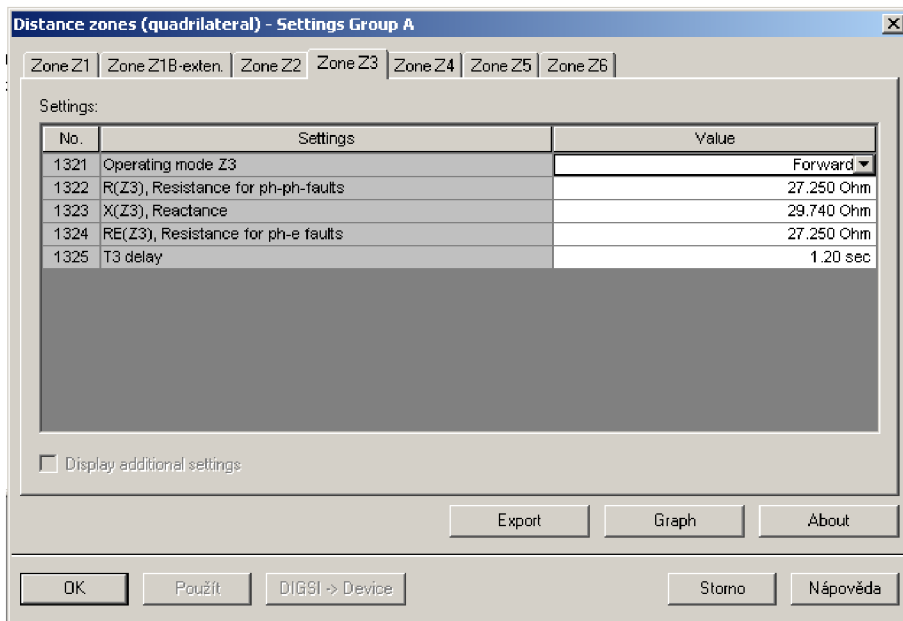
1305- čas zpoždění T1- 1 pól

1306- čas zpoždění T1- více pól

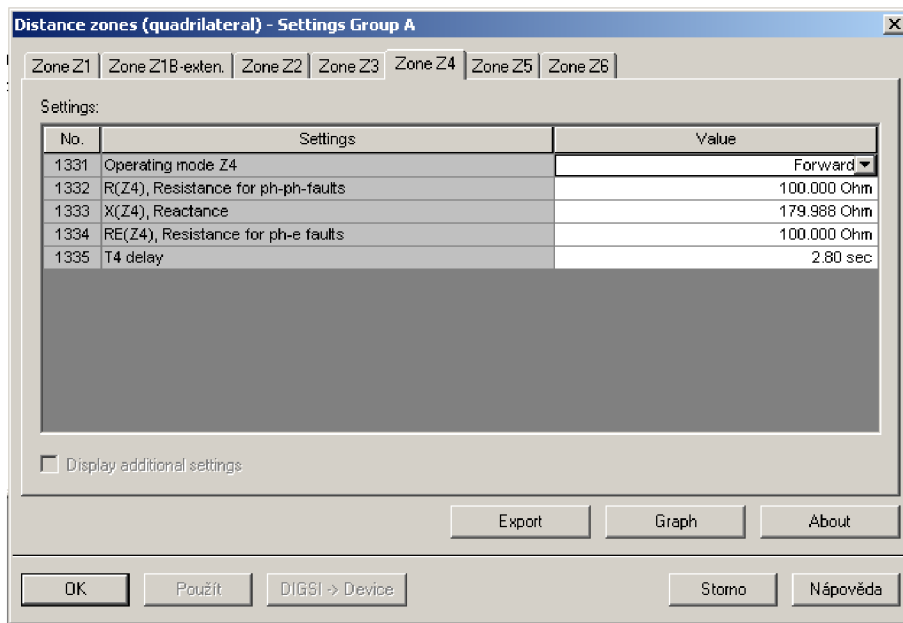
1307- zešíkmení polygonu



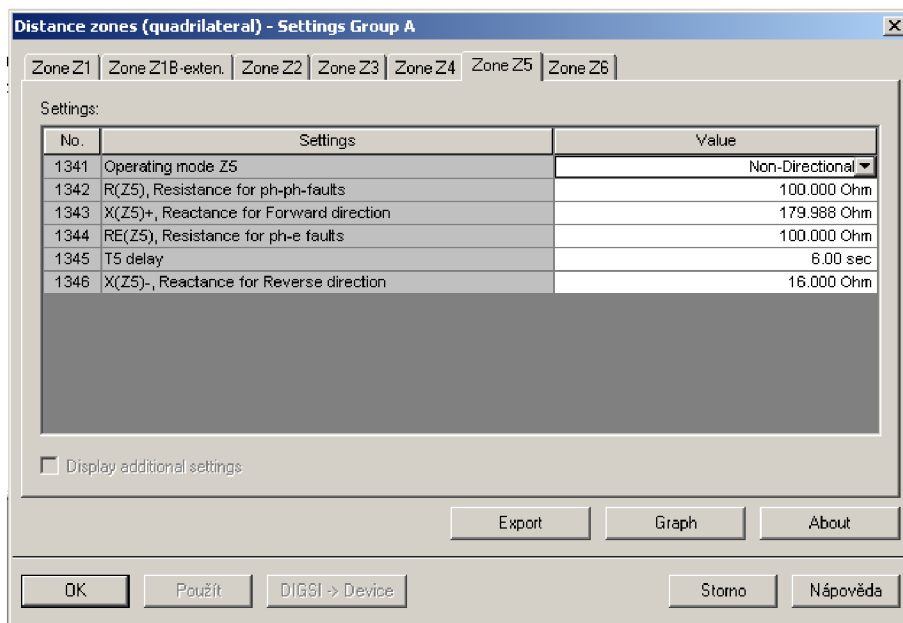
Obr. 6. 14. Nastavení zóny Z2



Obr. 6. 15. Nastavení zóny Z3

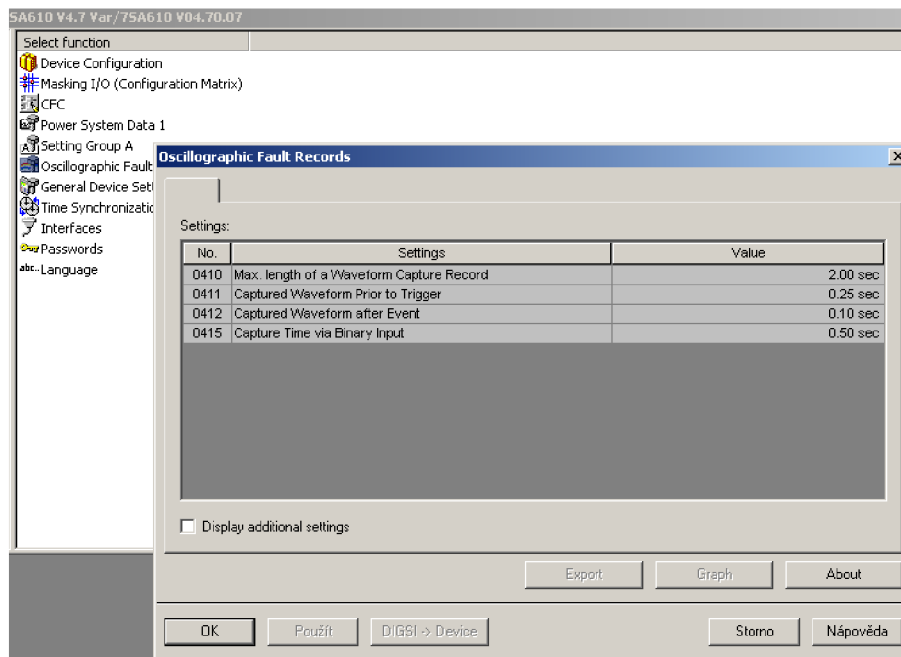


Obr. 6. 16. Nastavení zóny Z4



Obr. 6. 17. Nastavení zóny Z5

Nyní si upravíme dobu záznamu v záložce **Oscillographic Fault Records**. To provádíme z důvodu délky záznamu.



Obr. 6. 18. Nastavení doby záznamu

kde 0410 je maximální délka jednoho záznamu

0411- čas náběhu před poruchou

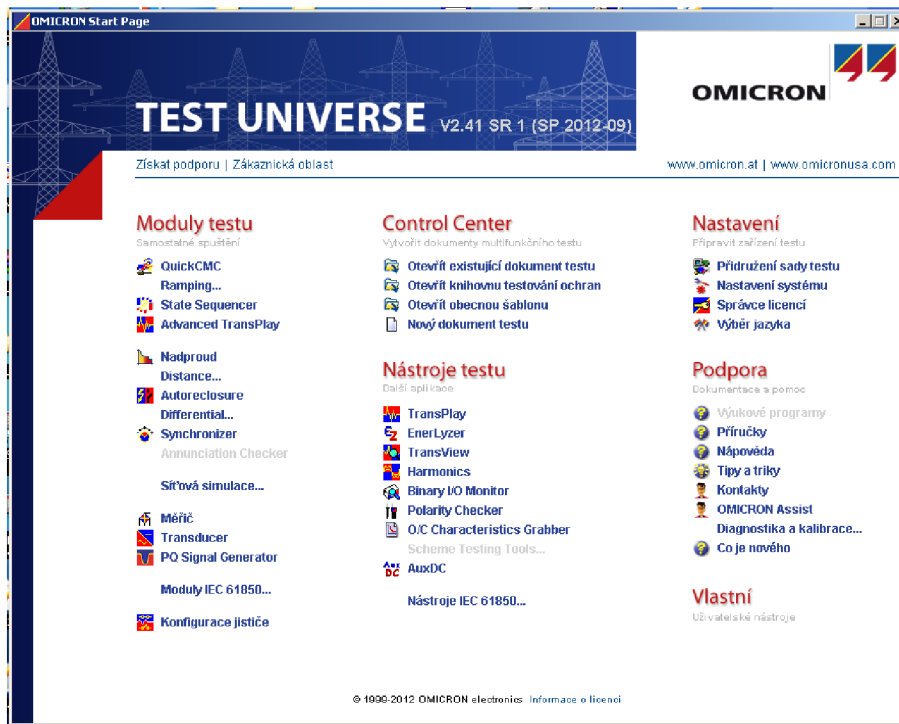
0412- čas doběhu po vypnutí

0415- doba záznamu při externím startu

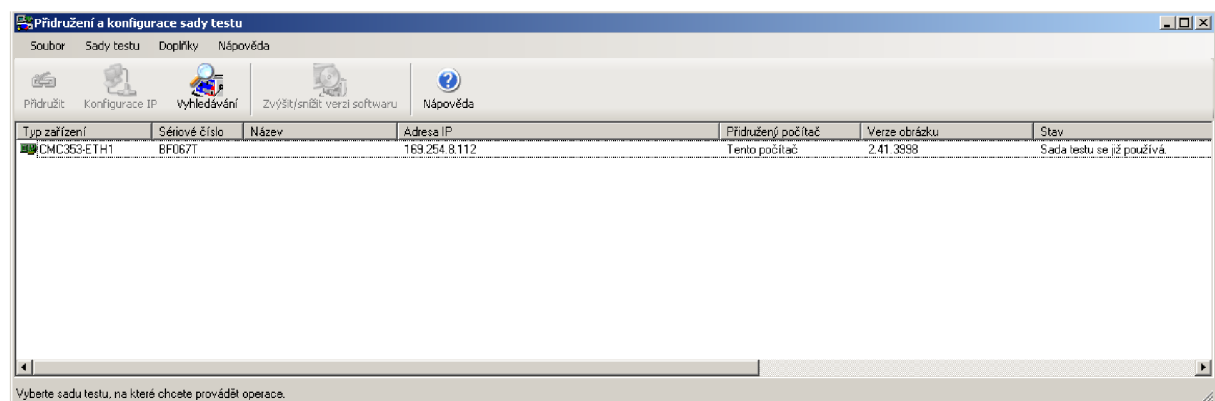
Jakmile nastavíme všechny potřebné hodnoty, zvolíme tlačítko DIGSI→ Device. Veškeré naše nastavení se nám nahraje do distanční ochrany. Pro přístup k ochraně musíme zadat heslo (od výroby je přednastavené 000000). Po nahrání do ochrany si svoje nastavení uložíme pomocí tlačítka Export. Nastavení se nám uloží do námi zvoleného souboru v počítači s příponou **rio**. To děláme z toho důvodu, že testovací zařízení OMICRON dokáže toto nastavení přijmout a tudíž nemusíme provádět nové nastavení v programu OMICRON Test Universe.

7. Nastavení zařízení OMICRON CMC 256 plus

Testovací zařízení připojíme pomocí síťového kabelu (Ethernet) k počítači a podle schéma zapojení (obrázek 5.2.) připojíme k distanční ochraně. Spustíme program Test Universe od společnosti OMICRON. Klikneme na **nastavení** → **přidružení sady testu**.



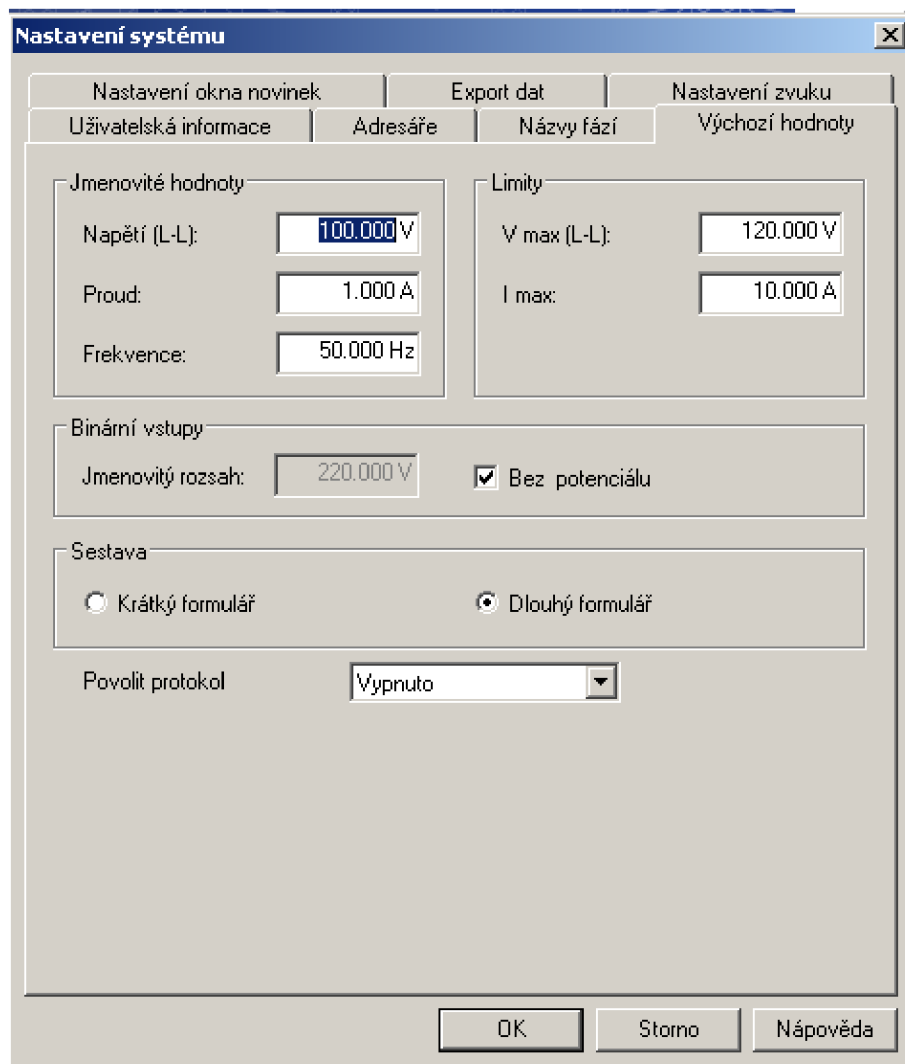
Obr. 7. 1. Úvodní okno testovacího programu



Obr. 7. 2. Přidružení sady testu

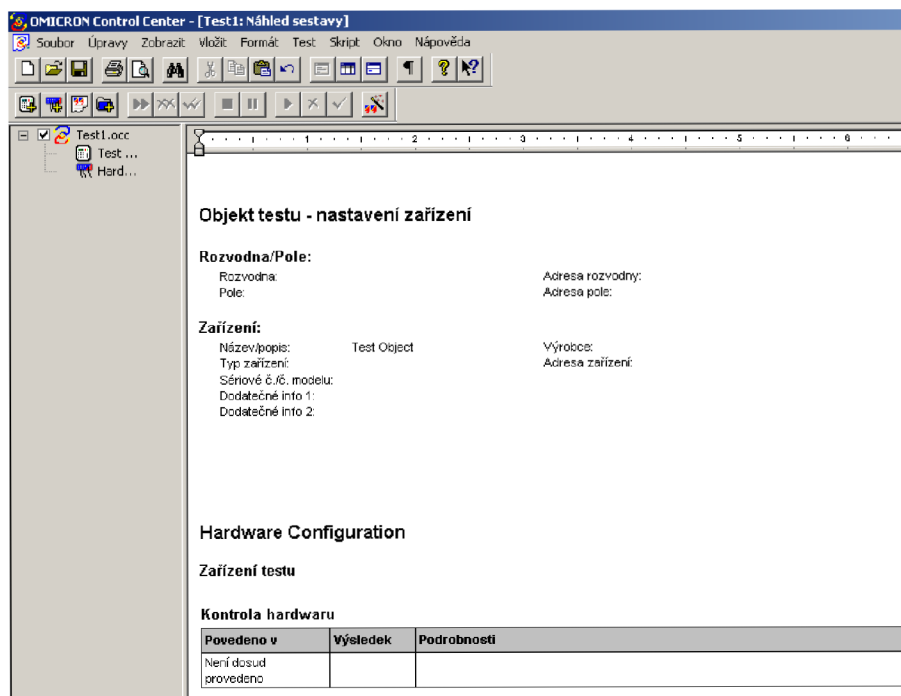
Pokud se nezobrazí dané testovací zařízení, zvolíme vyhledávání. Jakmile se zařízení najde, zvolíme přidružit. K přidružení je potřeba po výzvě stisknout tlačítko ASSOCIATE na zadní straně testovacího zařízení.

Dále zvolíme **nastavení systému**, kde v záložce **výchozí hodnoty** nastavíme jednotlivé parametry.



Obr. 7. 3. Nastavení systému

Po zadání potřebných parametrů se nám objeví následující okno.

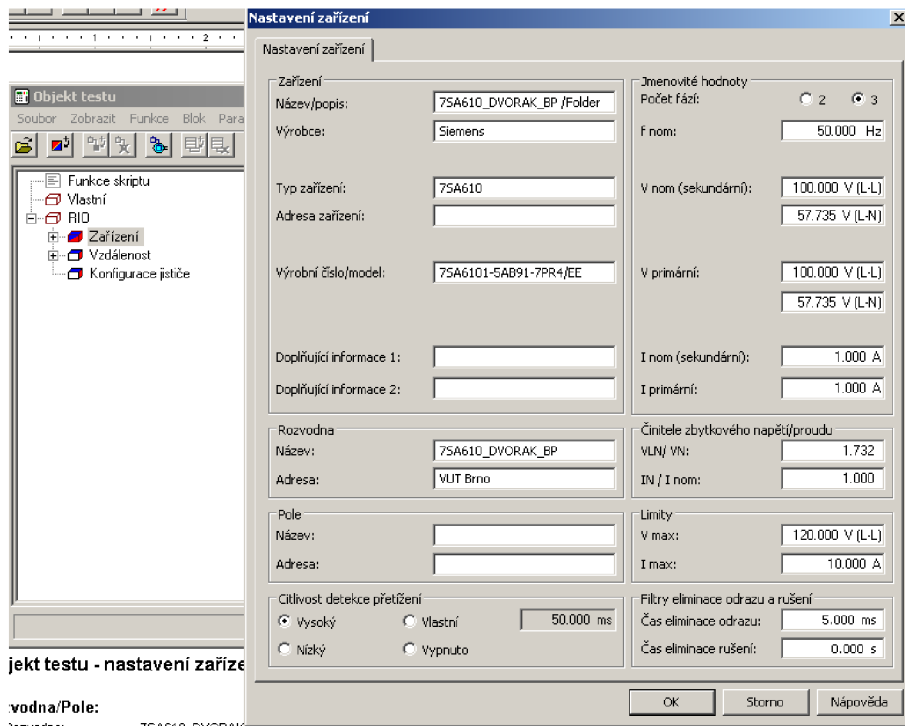


Obr. 7. 4. Nastavení a konfigurace zařízení

Klikneme na ikonu vložit modul testu a z následující nabídky vybereme způsob testu. Vybíráme quickCMC a vzdálenost (distance). Tyto záložky jsou druhy testů, kterými budeme danou ochranu testovat.

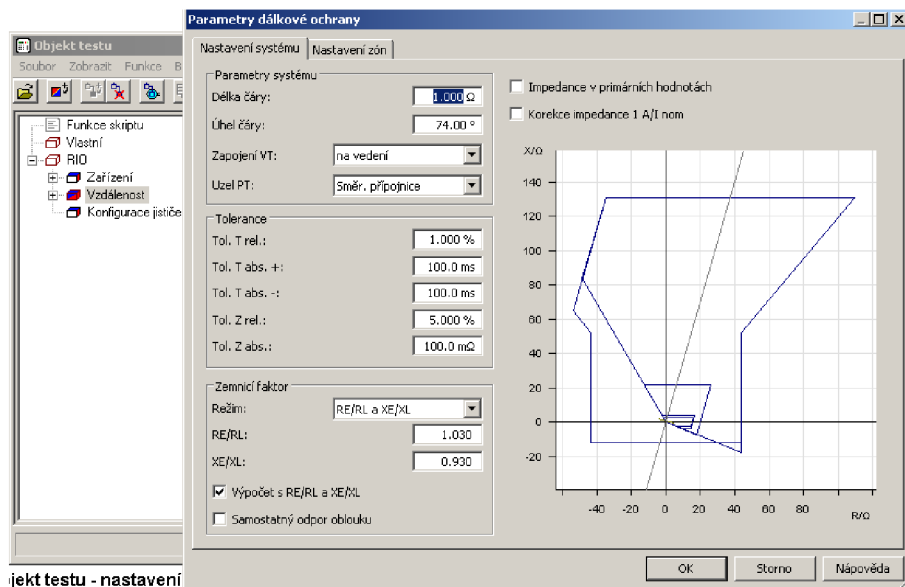
7.1 Konfigurace objektu

V levém okně rozklikneme Test Object a v otevřeném okně zvolíme složku import xrio/rio (otevřít) a vybereme soubor, který jsme si exportovali z programu DIGSI 4. Následně otevřeme podzáložku zařízení a vyplníme okno nastavení zařízení.



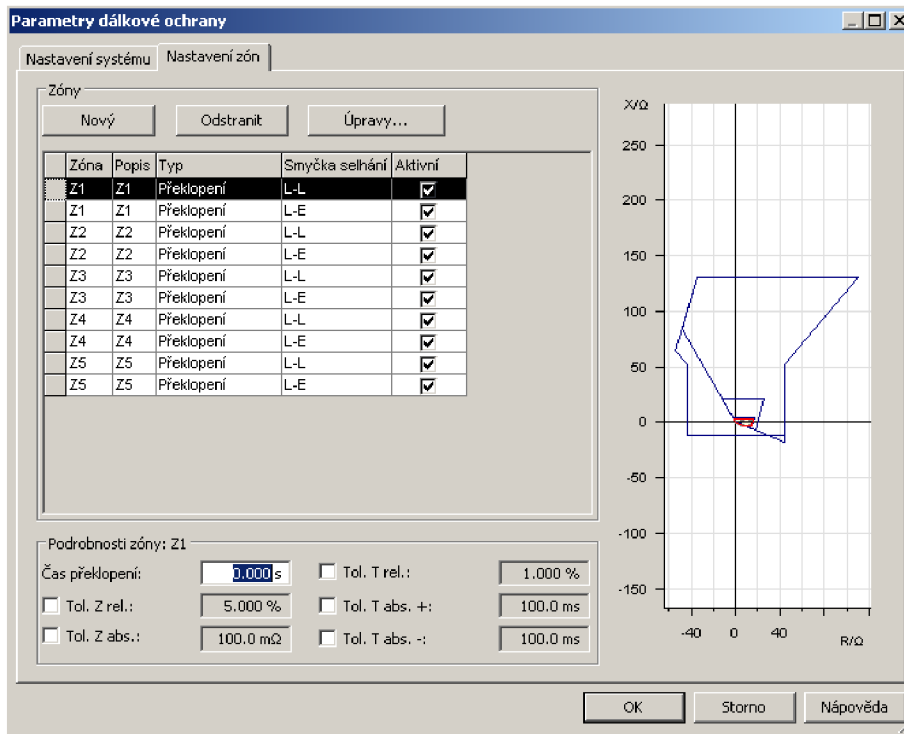
Obr. 7. 5. Objekt testu- nastavení zařízení

Pokud jsme zadali všechny hodnoty správně v programu DIGSI 4, měla by se nám v záložce vzdálenost objevit polygonální charakteristika.



Obr. 7. 6. Nastavení parametrů distanční ochrany

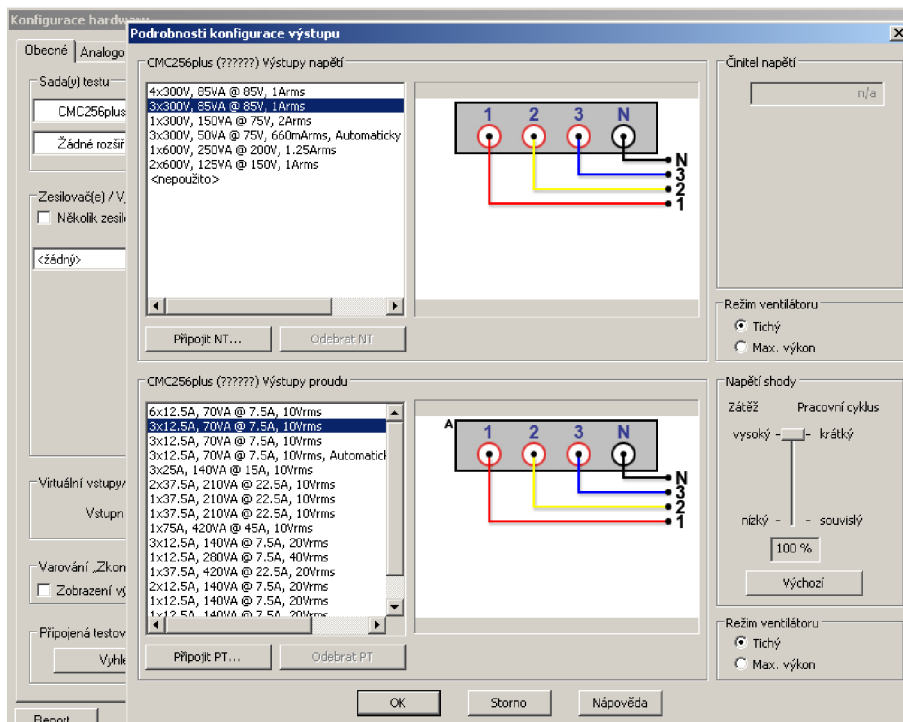
Zde si můžeme prohlédnout nastavení jednotlivých zón a jejich doby vypnutí.



Obr. 7. 7. Nastavení zón pro měření

7.2 Konfigurace hardwaru

V levém okně klikneme na záložku konfigurace hardwaru. V záložce podrobnosti zvolíme druh připojení ochrany k testovacímu zařízení.

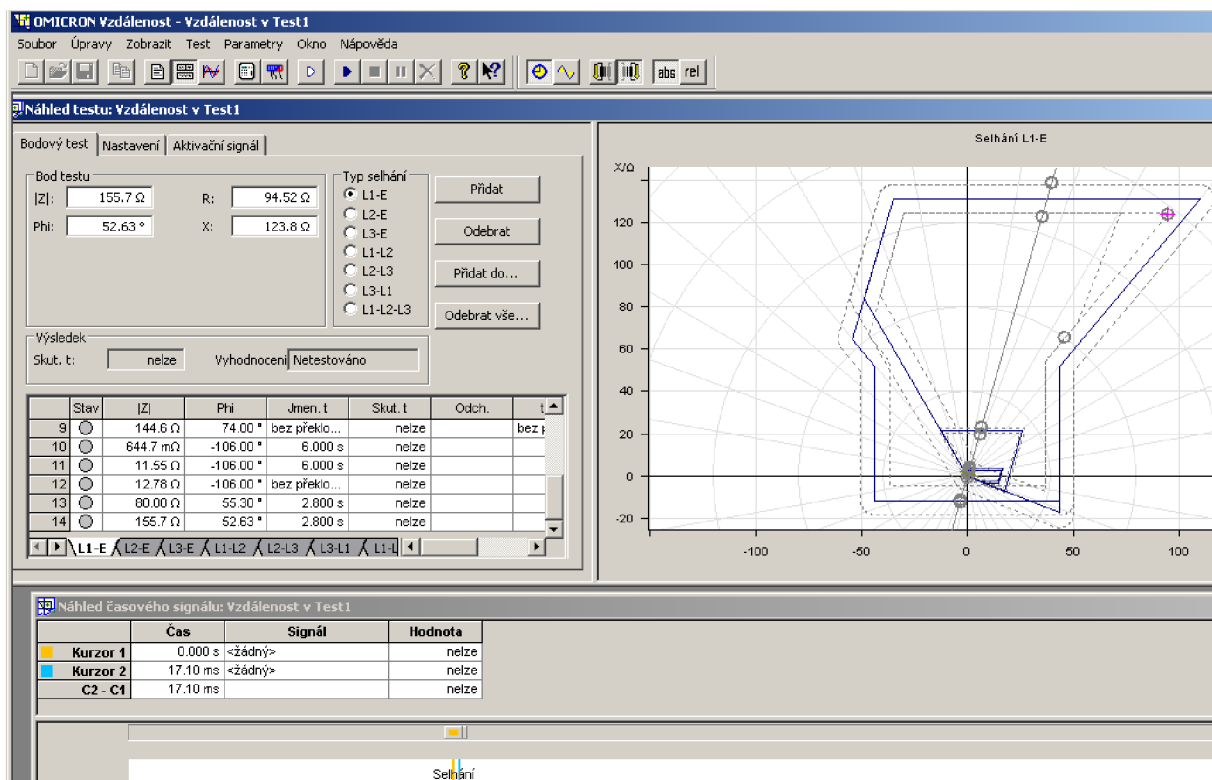


Obr. 7. 8. Konfigurace výstupu testovacího zařízení

V záložce binární/ analogové vstupy zvolíme pouze binární vstup 1 a 2. Jelikož máme připojen právě jeden binární vstup. Pokud se nechají zaškrtnuté i zbývající vstupy, chyba to není, jen by se nám to ve výsledném protokolu projevilo nadbytečným počtem dat a tabulek, které by nic neobsahovaly.

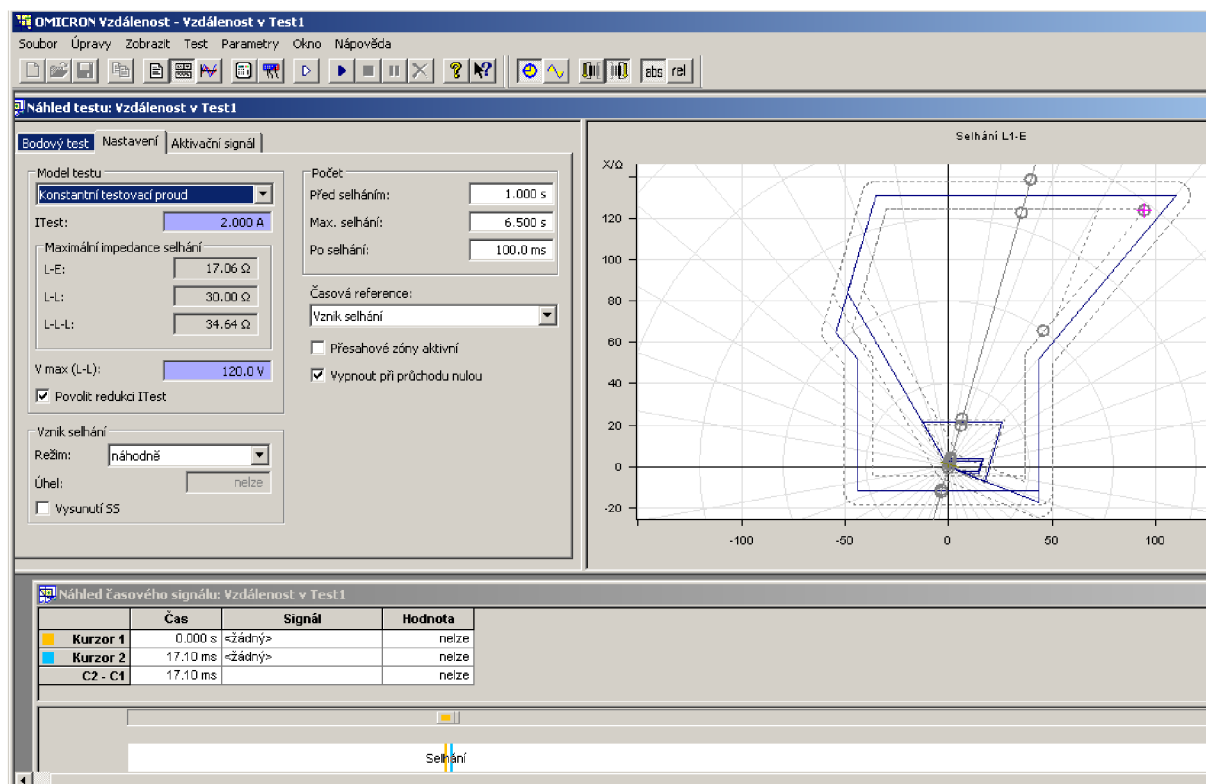
7.3 Testování distanční ochrany

Nyní v levém okně klikneme na **vzdálenost** (distance) a objeví se nám příslušné testovací okno. V tomto okně můžeme vidět polygonální charakteristiku a jednotlivé zóny.



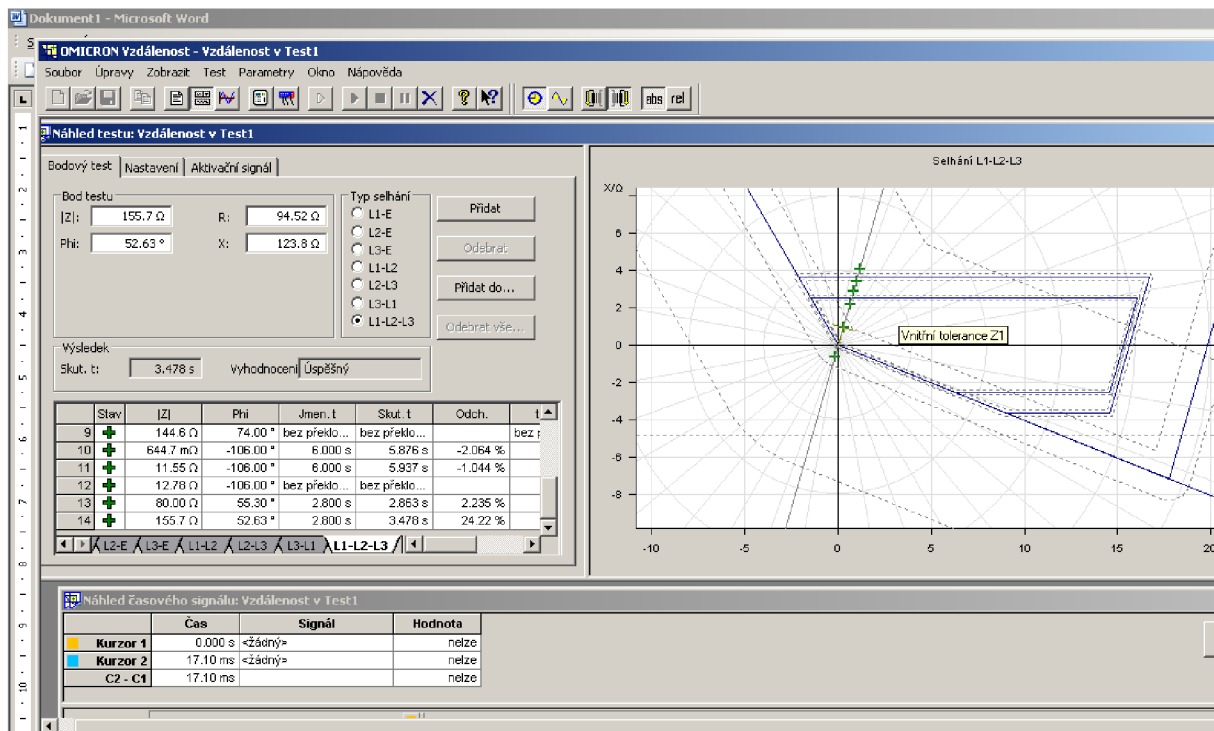
Obr. 7. 9. Nastavení měřících bodů

Pro testování v záložce **nastavení** zvolíme konstantní testovací proud a hodnotu 2A. Nastavíme také dobu před selháním, maximální selhání a po selhání. Tyto hodnoty nastavujeme zpravidla proto, aby při selhání ochrany netrval záznam více než námi zvolená hodnota. Maximální selhání nastavujeme přibližně o 500ms větší, než jak nám vypíná poslední zóna.



Obr. 7. 10. Nastavení testovacího proudu

Poté již proměřujeme jednotlivé body vypínací charakteristiky. Body volíme především v blízkosti hranice zóny. Ověřuje se tím správnost a doba vypnutí, kterou jsme si stanovili. Tyto body se také dost často volí v blízkosti oblasti zátěže. Na dalším obrázku si můžeme povšimnout volby jednotlivých bodů v zóně Z1 a Z2.



Obr. 7. 11. Umístění bodů v zóně Z1 a Z2

7.4 Výsledky měření

Bodovým testem jsme proměřovali zvolené body ve vypínací charakteristice. Nejdříve jsme body volili po přímce, která měla úhel 74° . Dále jsme body volili v rozích dané charakteristiky a proměřovali jednofázové- zemní a mezifázové zkraty.

Do výsledků měření přikládám výsledný protokol, který rekapituluje celkové testování distanční ochrany. V tomto protokolu můžeme pozorovat, že vypínací časy pro jednotlivé zóny se vždy lišily. To bylo způsobeno prodlevou ochrany a také vypínače.

Objekt testu - nastavení zařízení

Rozvodna/Pole:

Rozvodna: 7SA610_DVORAK_BP Adresa rozvodny:
Pole: Folder Adresa pole:

Zařízení:

Název/popis: 7SA610_DVORAK_BP /Folder Výrobce:
Typ zařízení: 7SA610 Adresa zařízení:
Sériové č./č. modelu: 7SA6101-5AB91-7PR4/EE
Dodatečné info 1:
Dodatečné info 2:

Hardware Configuration

Zařízení testu

Typ	Sériové číslo
CMC256plus	ME503L

Kontrola hardwaru

Povedeno v	Výsledek	Podrobnosti
23/05/2014 18:56:24	Úspěšný	

QuickCMC

Objekt testu - nastavení zařízení

Rozvodna/Pole:

Rozvodna: 7SA610_DVORAK_BP Adresa rozvodny:
Pole: Folder Adresa pole:

Zařízení:

Název/popis: 7SA610_DVORAK_BP /Folder Výrobce:
Typ zařízení: 7SA610 Adresa zařízení:
Sériové č./č. modelu: 7SA6101-5AB91-7PR4/EE
Dodatečné info 1:
Dodatečné info 2:

Jmenovité hodnoty:

f nom: 50.00 Hz Počet fází: 3
V nom (sekundární): 100.0 V V primární: 100.0 V
I nom (sekundární): 1.000 A I primární: 800.0 A

Činitele zbytkového napětí/proudu:

VLN / VN: 1.732 IN / I nom: 1.000

Limity:

V max: 120.0 V I max: 10.00 A

Filtry eliminace odrazu a rušení:

Čas eliminace odrazu: 5.000 ms Čas eliminace rušení: 0.000 s

Detekce přetížení:

Čas potlačení: 50.00 ms

Objekt testu - další funkce RIO

Konfigurace jističe

Popis	Název	Hodnota
Čas překlopení jističe	Čas překlopení jističe	50.00 ms
Čas sepnutí jističe	Čas sepnutí jističe	100.00 ms
Násobek pro 52a, 52b v procentech času jističe	52a, 52b % z jističe	20.00 %

Modul testu

Název: OMICRON QuickCMC Verze: 2.41 SR 1
Spuštění testu: 30-May-2014 12:58:48 Konec testu:
Uživatelské jméno: Manager:
Společnost:

Výsledky testu

Poznámka

Souhrn

0 úspěšných testů, 0 neúspěšných testů, 0 testů
nevyhodnoceno
Nejsou žádné výsledky!
test proveden offline: Výsledky testu jsou simulované!

Vzdálenost:

Objekt testu - nastavení zařízení

Rozvodna/Pole:

Rozvodna: 7SA610_DVORAK_BP Adresa rozvodny:
Pole: Folder Adresa pole:

Zařízení:

Název/popis: 7SA610_DVORAK_BP /Folder Výrobce:
Typ zařízení: 7SA610 Adresa zařízení:
Sériové č./č. modelu:
Dodatečné info 1:
Dodatečné info 2:

Jmenovité hodnoty:

f nom: 50.00 Hz Počet fází: 3
V nom (sekundární): 100.0 V V primární: 100.0 V
I nom (sekundární): 1.000 A I primární: 1.000 A

Činitele zbytkového napětí/proudu:

VLN / VN: 1.732 IN / I nom: 1.000

Limity:

V max: 120.0 V I max: 10.00 A

Filtry eliminace odrazu a rušení:

Čas eliminace odrazu: 5.000 ms Čas eliminace rušení: 0.000 s

Detekce přetížení:

Čas potlačení: 50.00 ms

Objekt testu - další funkce RIO

Konfigurace jističe

Popis	Název	Hodnota
Čas překlopení jističe	Čas překlopení jističe	50.00 ms
Čas sepnutí jističe	Čas sepnutí jističe	100.00 ms
Násobek pro 52a, 52b v procentech času jističe	52a, 52b % z jističe	20.00 %

Objekt testu - distanční nastavení

Parametry systému:

Délka vedení:	1.000 Ω	Úhel čáry:	74.00 °
Zapojení VT:	na vedení	Uzel PT:	Směr. přípojnice
Korekce impedance 1	ne		
A/I nom:			
Impedance v primárních hodnotách:	ne		

Tolerance:

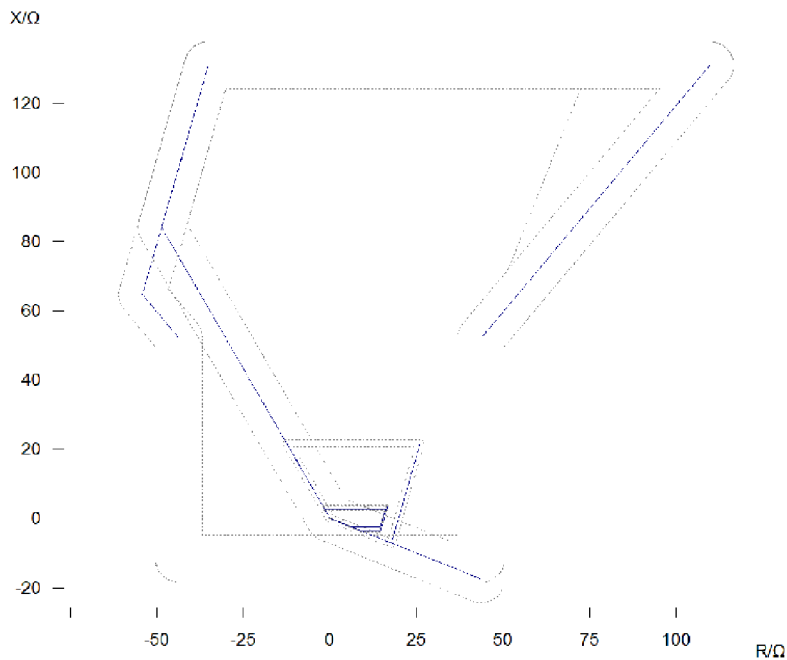
Tol. T rel.:	1.000 %	Tol. T abs. -:	100.0 ms
Tol. T abs. +:	100.0 ms	Tol. Z abs.:	100.0 m Ω
Tol. Z rel.:	5.000 %		

Zemnicí faktor:

RE/RL:	1.030000	XE/XL:	0.930000
Samostatný odpor oblouku:	ne		

Nastavení zón:

Popis	Typ	Smyčka selhání	Čas překlopení	Tol.T rel	Tol.T abs+	Tol.T abs-	Tol.Z rel.	Tol.Z abs
Z1	Překlopení	L-L	0.000 s	1.000 %	100.0 ms	100.0 ms	5.000 %	100.0 m Ω
Z1	Překlopení	L-E	0.000 s	1.000 %	100.0 ms	100.0 ms	5.000 %	100.0 m Ω
Z2	Překlopení	L-L	500.0 ms	1.000 %	100.0 ms	100.0 ms	5.000 %	100.0 m Ω
Z2	Překlopení	L-E	500.0 ms	1.000 %	100.0 ms	100.0 ms	5.000 %	100.0 m Ω
Z3	Překlopení	L-L	1.200 s	1.000 %	100.0 ms	100.0 ms	5.000 %	100.0 m Ω
Z3	Překlopení	L-E	1.200 s	1.000 %	100.0 ms	100.0 ms	5.000 %	100.0 m Ω
Z4	Překlopení	L-L	2.800 s	1.000 %	100.0 ms	100.0 ms	5.000 %	100.0 m Ω
Z4	Překlopení	L-E	2.800 s	1.000 %	100.0 ms	100.0 ms	5.000 %	100.0 m Ω
Z5	Překlopení	L-L	6.000 s	1.000 %	100.0 ms	100.0 ms	5.000 %	100.0 m Ω
Z5	Překlopení	L-E	6.000 s	1.000 %	100.0 ms	100.0 ms	5.000 %	100.0 m Ω



Přiřazené odkazy XRIO

Název odkazu	Jednotky	Hodnota	Cesta XRIO
RIO.DEVICE.NOMINALVALUES.INOM	In	1.00 A	RIO/Zařízení/Jmenovité hodnoty/In
RIO.DEVICE.NOMINALVALUES.VNOM	V_jmen.	100.00 V	RIO/Zařízení/Jmenovité hodnoty/V jmen.

Nastavení testu

Model testu:

Model testu:	konstantní testovací proud	I _{Test}	2.000 A
Povolit redukci I _{Test} /V _{Test} :	ano		

Vznik selhání:

Režim:	náhodně
Vysunutí SS:	ne

Počet:

Před selháním:	1.000 s	Max. selhání:	6.500 s
Po selhání:	100.0 ms	Časová reference:	vznik selhání

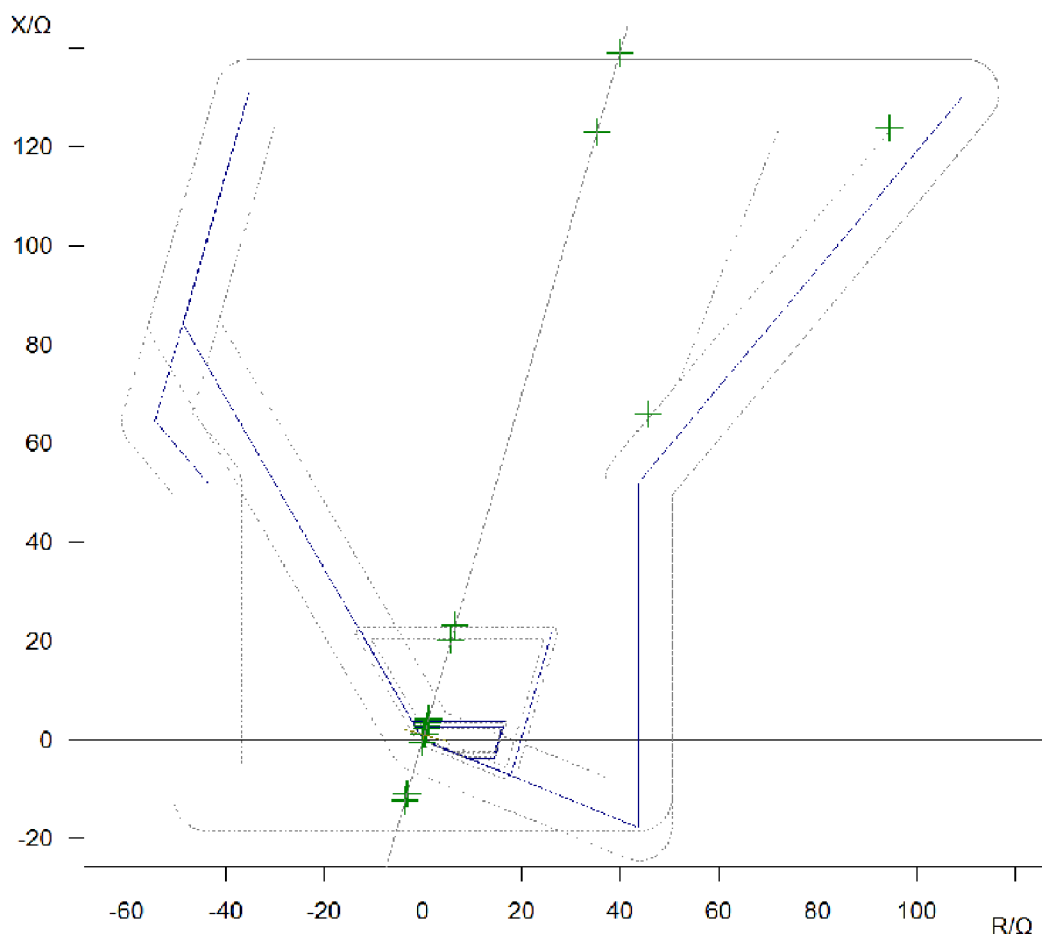
Jiné:

Simulace jističe:	vypnuto	Rozšířené zóny:	neaktivní
Vypnout při průchodu nulou:	ano		

Výsledky testu

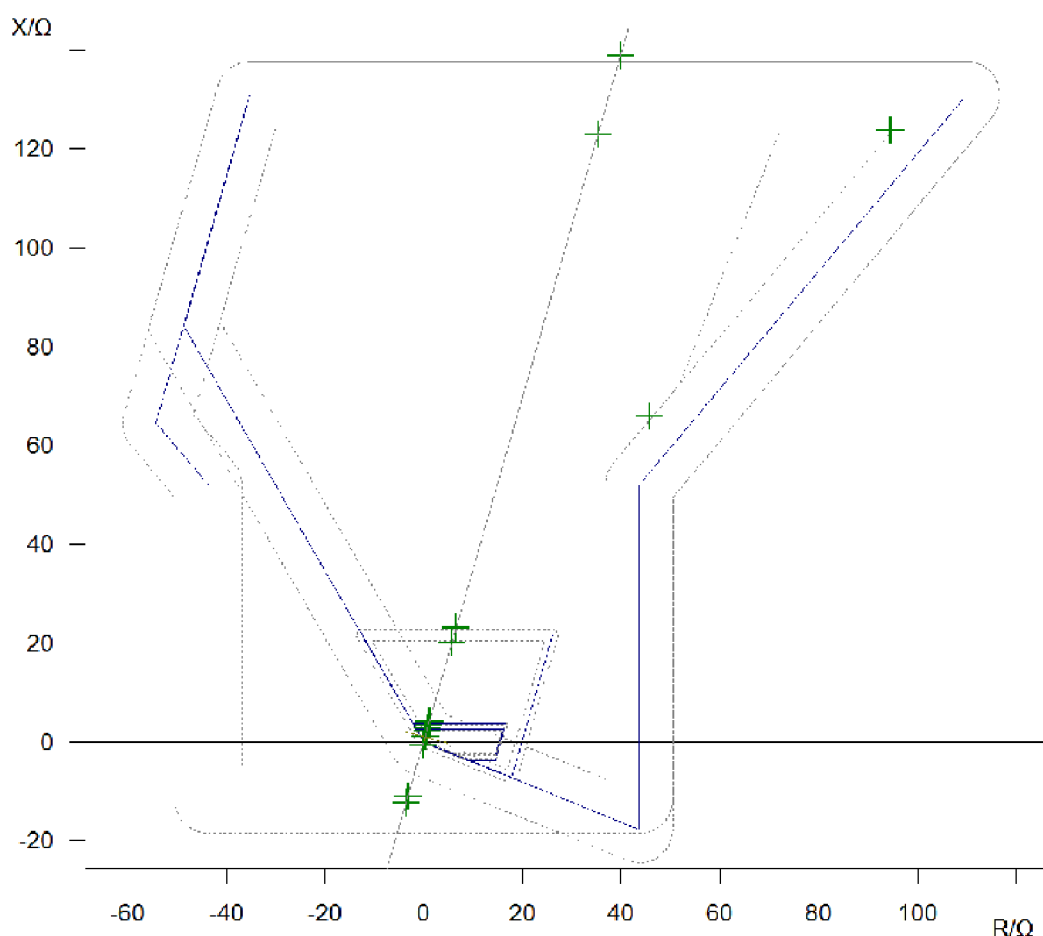
Bodový test: Typ selhání L1-E

Z	Phi	Jmen. t	Skut. t	Odch.	I _{Test}	Výsledek
1.000 Ω	74.00 °	0.000 s	78.67 ms	78.67 ms	2.000 A	Úspěšný
2.272 Ω	74.00 °	0.000 s	7.291 ms	7.291 ms	2.000 A	Úspěšný
3.043 Ω	74.00 °	500.0 ms	538.8 ms	7.757 %	2.000 A	Úspěšný
3.552 Ω	74.00 °	500.0 ms	470.1 ms	-5.99 %	2.000 A	Úspěšný
4.223 Ω	74.00 °	1.200 s	1.186 s	-1.177 %	2.000 A	Úspěšný
20.75 Ω	74.00 °	1.200 s	1.279 s	6.581 %	1.723 A	Úspěšný
24.00 Ω	74.00 °	2.800 s	2.877 s	2.758 %	1.490 A	Úspěšný
127.7 Ω	74.00 °	2.800 s	2.733 s	-2.409 %	279.9 mA	Úspěšný
144.6 Ω	74.00 °	bez	bez		247.3 mA	Úspěšný
		překlopení	překlopení			
644.7 mΩ	-106.00 °	6.000 s	1.934 s	-67.77 %	2.000 A	Úspěšný
11.55 Ω	-106.00 °	6.000 s	6.003 s	0.05102 %	2.000 A	Úspěšný
12.78 Ω	-106.00 °	bez	bez		2.000 A	Úspěšný
		překlopení	překlopení			
80.00 Ω	55.30 °	2.800 s	2.861 s	2.166 %	441.2 mA	Úspěšný
155.7 Ω	52.63 °	2.800 s	5.341 s	90.75 %	226.1 mA	Úspěšný



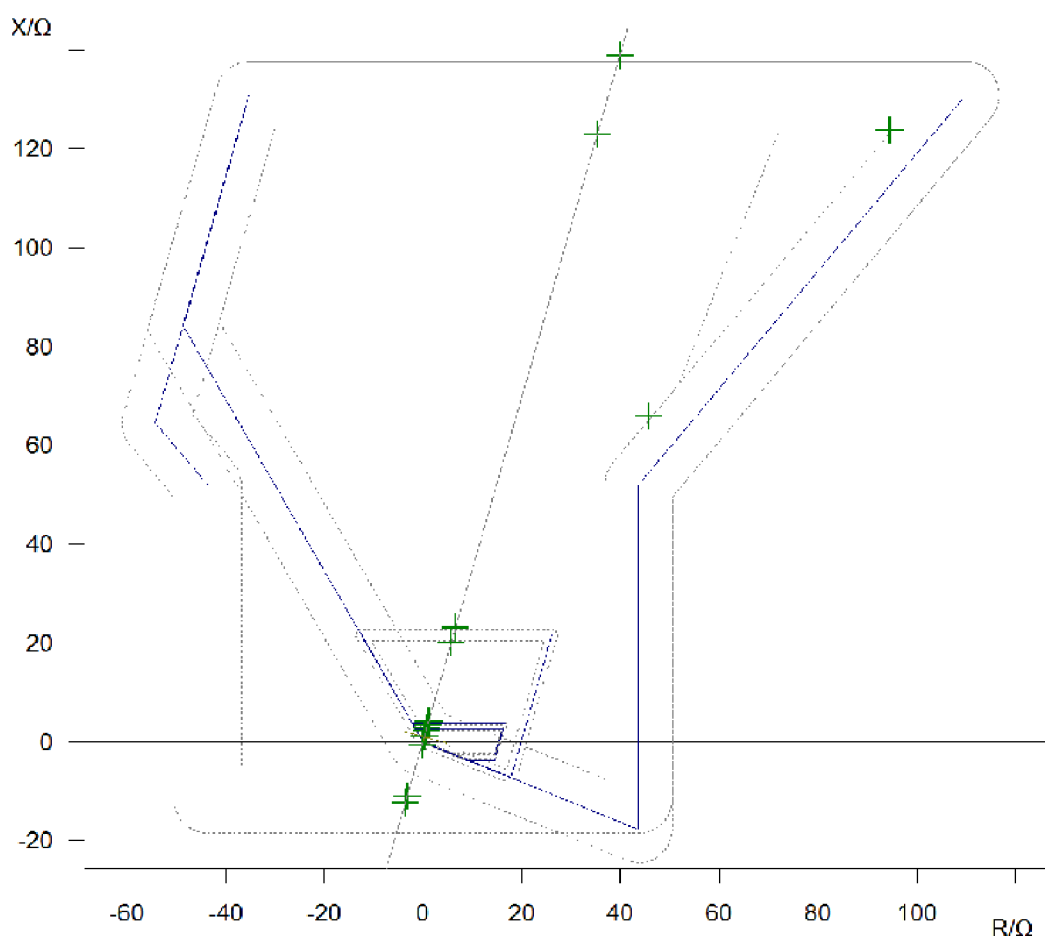
Bodový test: Typ selhání L2-E

Z	Phi	Jmen. t	Skut. t	Odch.	I _{Test}	Výsledek
1.000 Ω	74.00 °	0.000 s	13.92 ms	13.92 ms	2.000 A	Úspěšný
2.272 Ω	74.00 °	0.000 s	96.90 ms	96.90 ms	2.000 A	Úspěšný
3.043 Ω	74.00 °	500.0 ms	543.4 ms	8.675 %	2.000 A	Úspěšný
3.552 Ω	74.00 °	500.0 ms	497.3 ms	-0.5475 %	2.000 A	Úspěšný
4.223 Ω	74.00 °	1.200 s	1.214 s	1.193 %	2.000 A	Úspěšný
20.75 Ω	74.00 °	1.200 s	1.196 s	-0.3675 %	1.723 A	Úspěšný
24.00 Ω	74.00 °	2.800 s	2.890 s	3.208 %	1.490 A	Úspěšný
127.7 Ω	74.00 °	2.800 s	2.879 s	2.817 %	279.9 mA	Úspěšný
144.6 Ω	74.00 °	bez překlopení	bez překlopení		247.3 mA	Úspěšný
644.7 mΩ	-106.00 °	6.000 s	3.920 s	-34.67 %	2.000 A	Úspěšný
11.55 Ω	-106.00 °	6.000 s	6.022 s	0.3622 %	2.000 A	Úspěšný
12.78 Ω	-106.00 °	bez překlopení	bez překlopení		2.000 A	Úspěšný
80.00 Ω	55.30 °	2.800 s	2.813 s	0.4821 %	441.2 mA	Úspěšný
155.7 Ω	52.63 °	2.800 s	5.223 s	86.53 %	226.1 mA	Úspěšný



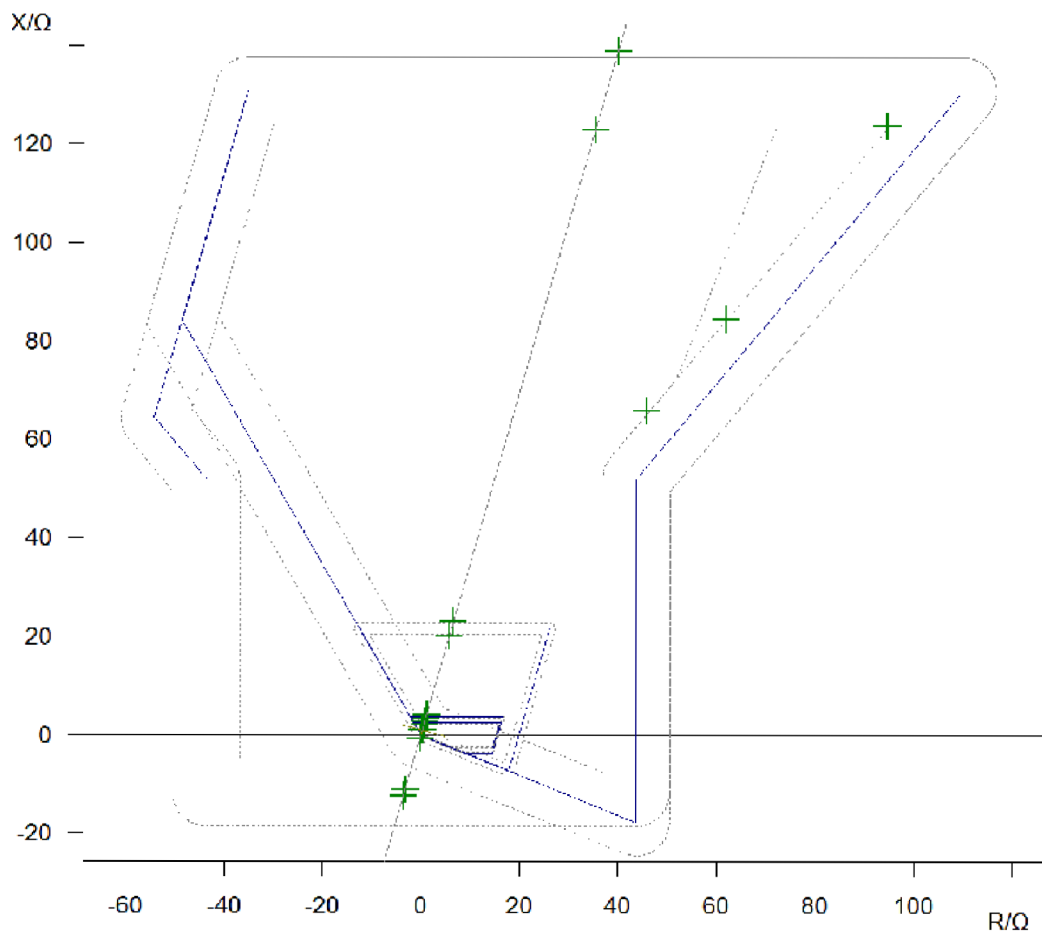
Bodový test: Typ selhání L3-E

$ Z $	Phi	Jmen. t	Skut. t	Odch.	I _{Test}	Výsledek
1.000 Ω	74.00 °	0.000 s	11.69 ms	11.69 ms	2.000 A	Úspěšný
2.272 Ω	74.00 °	0.000 s	49.63 ms	49.63 ms	2.000 A	Úspěšný
3.043 Ω	74.00 °	500.0 ms	513.2 ms	2.634 %	2.000 A	Úspěšný
3.552 Ω	74.00 °	500.0 ms	410.9 ms	-17.82 %	2.000 A	Úspěšný
4.223 Ω	74.00 °	1.200 s	1.116 s	-7.033 %	2.000 A	Úspěšný
20.75 Ω	74.00 °	1.200 s	1.211 s	0.8955 %	1.723 A	Úspěšný
24.00 Ω	74.00 °	2.800 s	2.790 s	-0.3644 %	1.490 A	Úspěšný
127.7 Ω	74.00 °	2.800 s	2.800 s	-0.01537 %	279.9 mA	Úspěšný
144.6 Ω	74.00 °	bez překlopení	bez překlopení		247.3 mA	Úspěšný
644.7 mΩ	-106.00 °	6.000 s	2.940 s	-51.01 %	2.000 A	Úspěšný
11.55 Ω	-106.00 °	6.000 s	5.950 s	-0.8326 %	2.000 A	Úspěšný
12.78 Ω	-106.00 °	bez překlopení	bez překlopení		2.000 A	Úspěšný
80.00 Ω	55.30 °	2.800 s	2.796 s	-0.1392 %	441.2 mA	Úspěšný
155.7 Ω	52.63 °	2.800 s	5.088 s	81.7 %	226.1 mA	Úspěšný



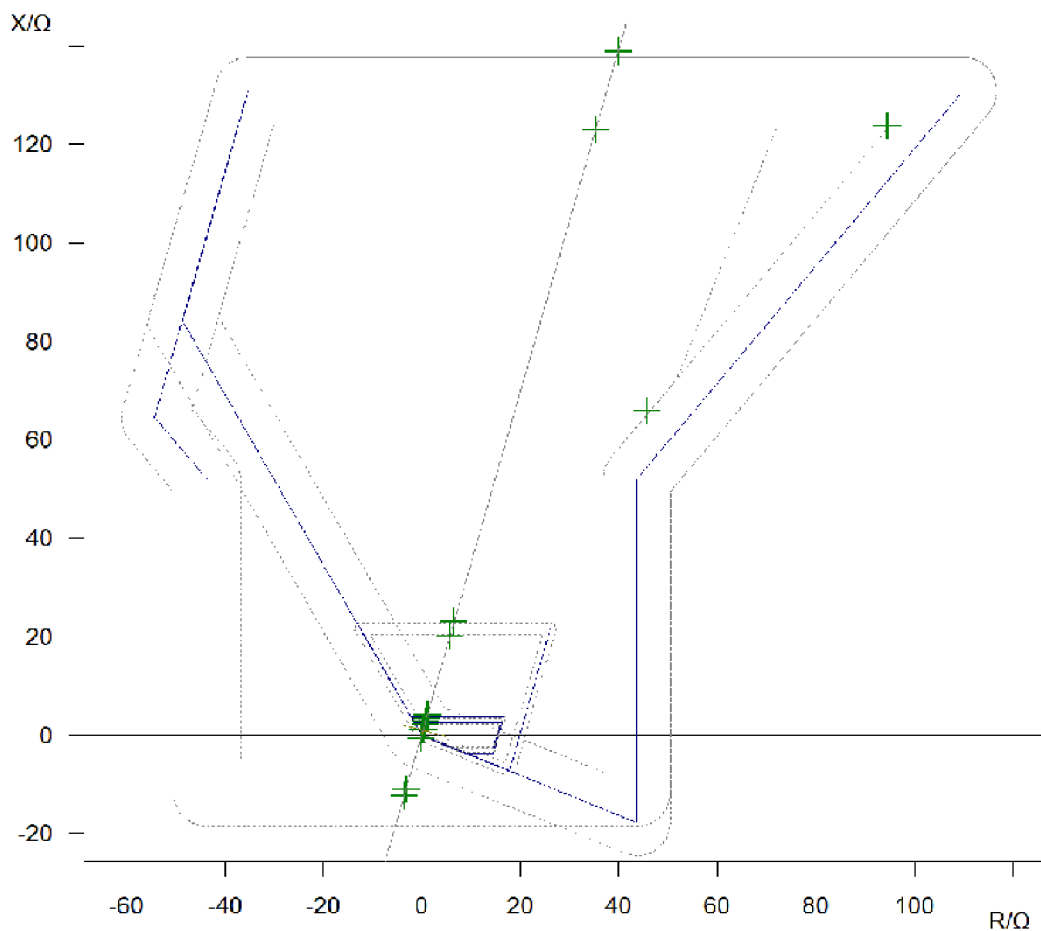
Bodový test: Typ selhání L1-L2

$ Z $	Phi	Jmen. t	Skut. t	Odch.	I _{Test}	Výsledek
1.000 Ω	74.00 °	0.000 s	62.41 ms	62.41 ms	2.000 A	Úspěšný
2.272 Ω	74.00 °	0.000 s	25.39 ms	25.39 ms	2.000 A	Úspěšný
3.043 Ω	74.00 °	500.0 ms	589.7 ms	17.95 %	2.000 A	Úspěšný
3.552 Ω	74.00 °	500.0 ms	410.3 ms	-17.94 %	2.000 A	Úspěšný
4.223 Ω	74.00 °	1.200 s	1.269 s	5.757 %	2.000 A	Úspěšný
20.75 Ω	74.00 °	1.200 s	1.186 s	-1.177 %	2.000 A	Úspěšný
24.00 Ω	74.00 °	2.800 s	2.758 s	-1.512 %	2.000 A	Úspěšný
127.7 Ω	74.00 °	2.800 s	2.738 s	-2.2 %	469.7 mA	Úspěšný
144.6 Ω	74.00 °	bez překlopení	bez překlopení		415.0 mA	Úspěšný
644.7 mΩ	-106.00 °	6.000 s	1.798 s	-70.03 %	2.000 A	Úspěšný
11.55 Ω	-106.00 °	6.000 s	5.922 s	-1.3 %	2.000 A	Úspěšný
12.78 Ω	-106.00 °	bez překlopení	bez překlopení		2.000 A	Úspěšný
104.7 Ω	53.79 °	2.800 s	4.511 s	61.1 %	573.0 mA	Úspěšný
80.00 Ω	55.30 °	2.800 s	2.819 s	0.6717 %	750.0 mA	Úspěšný
155.7 Ω	52.63 °	2.800 s	3.821 s	36.47 %	385.2 mA	Úspěšný



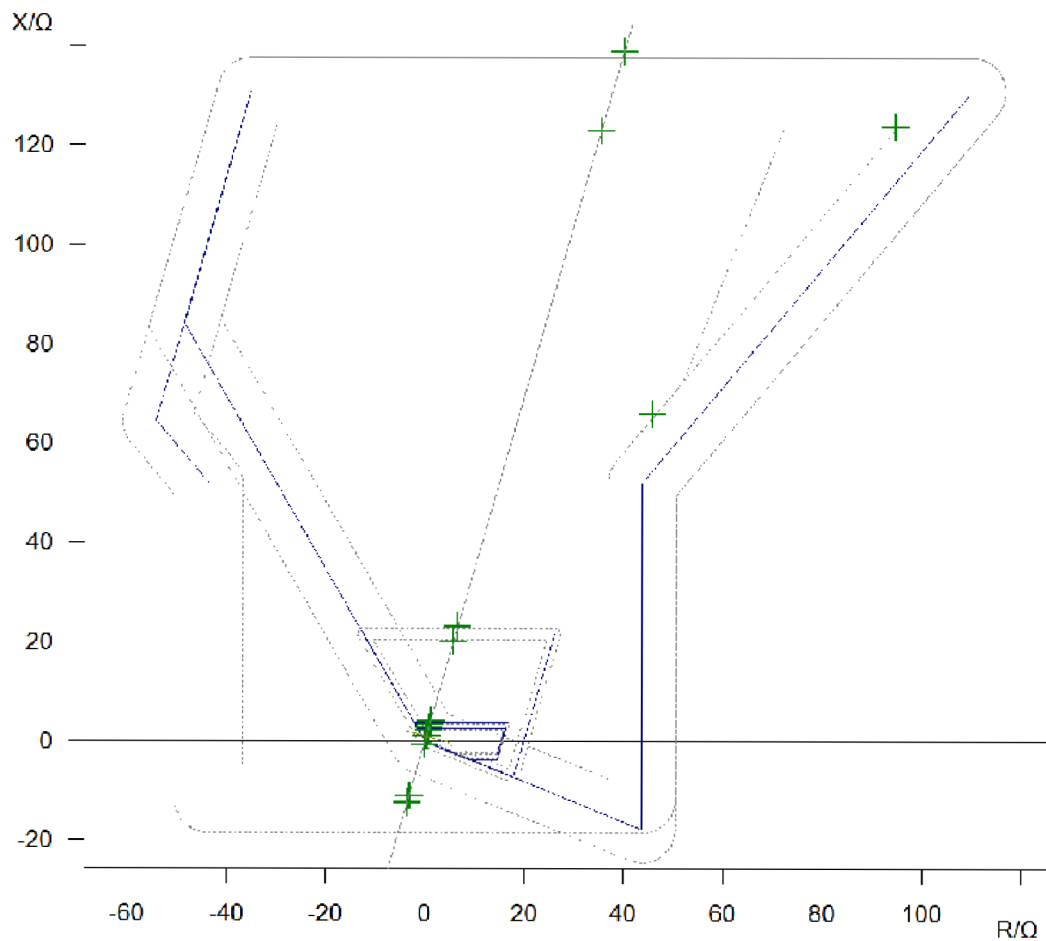
Bodový test: Typ selhání L2-L3

Z	Phi	Jmen. t	Skut. t	Odch.	ITest	Výsledek
1.000 Ω	74.00 °	0.000 s	38.03 ms	38.03 ms	2.000 A	Úspěšný
2.272 Ω	74.00 °	0.000 s	19.59 ms	19.59 ms	2.000 A	Úspěšný
3.043 Ω	74.00 °	500.0 ms	421.4 ms	-15.71 %	2.000 A	Úspěšný
3.552 Ω	74.00 °	500.0 ms	403.6 ms	-19.27 %	2.000 A	Úspěšný
4.223 Ω	74.00 °	1.200 s	1.154 s	-3.838 %	2.000 A	Úspěšný
20.75 Ω	74.00 °	1.200 s	1.282 s	6.845 %	2.000 A	Úspěšný
24.00 Ω	74.00 °	2.800 s	2.766 s	-1.218 %	2.000 A	Úspěšný
127.7 Ω	74.00 °	2.800 s	2.726 s	-2.632 %	469.7 mA	Úspěšný
144.6 Ω	74.00 °	bez překlopení	bez překlopení		415.0 mA	Úspěšný
644.7 mΩ	-106.00 °	6.000 s	2.929 s	-51.19 %	2.000 A	Úspěšný
11.55 Ω	-106.00 °	6.000 s	5.973 s	-0.4453 %	2.000 A	Úspěšný
12.78 Ω	-106.00 °	bez překlopení	bez překlopení		2.000 A	Úspěšný
80.00 Ω	55.30 °	2.800 s	2.788 s	-0.438 %	750.0 mA	Úspěšný
155.7 Ω	52.63 °	2.800 s	6.053 s	116.2 %	385.2 mA	Úspěšný



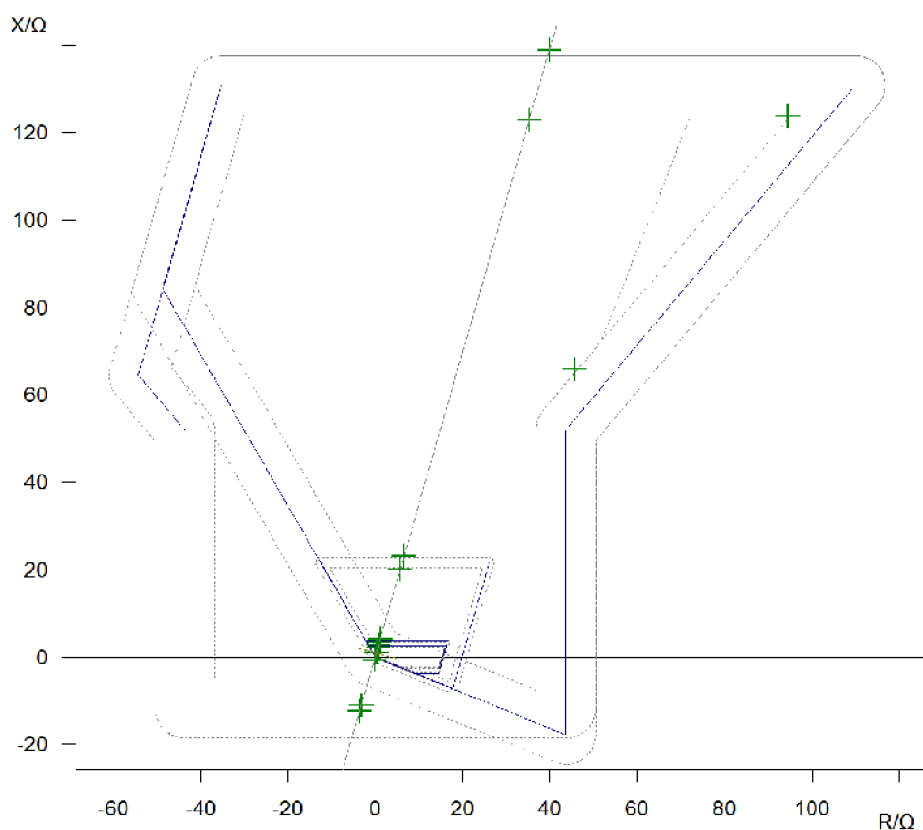
Bodový test: Typ selhání L3-L1

Z	Phi	Jmen. t	Skut. t	Odch.	I _{Test}	Výsledek
1.000 Ω	74.00 °	0.000 s	17.03 ms	17.03 ms	2.000 A	Úspěšný
2.272 Ω	74.00 °	0.000 s	43.91 ms	43.91 ms	2.000 A	Úspěšný
3.043 Ω	74.00 °	500.0 ms	442.8 ms	-11.44 %	2.000 A	Úspěšný
3.552 Ω	74.00 °	500.0 ms	564.6 ms	12.91 %	2.000 A	Úspěšný
4.223 Ω	74.00 °	1.200 s	1.242 s	3.468 %	2.000 A	Úspěšný
20.75 Ω	74.00 °	1.200 s	1.165 s	-2.955 %	2.000 A	Úspěšný
24.00 Ω	74.00 °	2.800 s	2.855 s	1.958 %	2.000 A	Úspěšný
127.7 Ω	74.00 °	2.800 s	2.861 s	2.189 %	469.7 mA	Úspěšný
144.6 Ω	74.00 °	bez překlopení	bez překlopení		415.0 mA	Úspěšný
644.7 mΩ	-106.00 °	6.000 s	5.999 s	-0.01694 %	2.000 A	Úspěšný
11.55 Ω	-106.00 °	6.000 s	5.991 s	-0.1489 %	2.000 A	Úspěšný
12.78 Ω	-106.00 °	bez překlopení	bez překlopení		2.000 A	Úspěšný
80.00 Ω	55.30 °	2.800 s	2.883 s	2.955 %	750.0 mA	Úspěšný
155.7 Ω	52.63 °	2.800 s	3.827 s	36.66 %	385.2 mA	Úspěšný



Bodový test: Typ selhání L1-L2-L3

Z	Phi	Jmen. t	Skut. t	Odch.	I _{Test}	Výsledek
1.000 Ω	74.00 °	0.000 s	70.09 ms	70.09 ms	2.000 A	Úspěšný
2.272 Ω	74.00 °	0.000 s	75.27 ms	75.27 ms	2.000 A	Úspěšný
3.043 Ω	74.00 °	500.0 ms	503.9 ms	0.7831 %	2.000 A	Úspěšný
3.552 Ω	74.00 °	500.0 ms	439.6 ms	-12.07 %	2.000 A	Úspěšný
4.223 Ω	74.00 °	1.200 s	1.157 s	-3.589 %	2.000 A	Úspěšný
20.75 Ω	74.00 °	1.200 s	1.200 s	-0.03993 %	2.000 A	Úspěšný
24.00 Ω	74.00 °	2.800 s	2.814 s	0.5032 %	2.000 A	Úspěšný
127.7 Ω	74.00 °	2.800 s	2.875 s	2.672 %	542.3 mA	Úspěšný
144.6 Ω	74.00 °	bez překlopení	bez překlopení		479.2 mA	Úspěšný
644.7 mΩ	-106.00 °	6.000 s	5.876 s	-2.064 %	2.000 A	Úspěšný
11.55 Ω	-106.00 °	6.000 s	5.937 s	-1.044 %	2.000 A	Úspěšný
12.78 Ω	-106.00 °	bez překlopení	bez překlopení		2.000 A	Úspěšný
80.00 Ω	55.30 °	2.800 s	2.863 s	2.235 %	866.0 mA	Úspěšný
155.7 Ω	52.63 °	2.800 s	3.478 s	24.22 %	444.8 mA	Úspěšný



Podrobnosti pokusu:

Parametry:

Typ selhání:	L1-L2-L3	Phi:	52.63 °
Z :	155.7 Ω	X:	123.8 Ω
R:	94.52 Ω		
I _{Test}	444.8 mA		

Výsledky:

Skut. t:	3.478 s	Vyhodnocení:	Úspěšný
Jmen. t:	2.800 s	Odch.:	24.22 %
t min:	2.700 s	t max:	6.100 s

Veličiny selhání (přirozené):

VL1:	69.28 V	0.00 °
VL2:	69.28 V	-120.00 °
VL3:	69.28 V	120.00 °
IL1:	444.8 mA	-52.63 °
IL2:	444.8 mA	-172.63 °
IL3:	444.8 mA	67.37 °
Vselhání:	69.28 V	0.00 °
Iselhání:	444.8 mA	-52.63 °

Závěr

Cílem bakalářské práce bylo navrhnout vhodnou metodu testování distanční ochrany. Objasnili jsme si principy a funkčnost distančních ochran a podrobně jsme se zaměřili na ochranu SIPROTEC 7SA610 od společnosti Siemens. Tato ochrana patří mezi ochrany digitální.

V první části praktického měření jsme se seznámili s danou ochranou a testovacím zařízením. Distanční ochranu jsme zapojili podle schéma zapojení a spustili program DIGSI 4. Pro nastavení jednotlivých parametrů ochrany jsme využili tabulkových hodnot vedení V527, které se nachází mezi Hrušovany nad Jevišovkou a Pohořelicemi. V tomto programu jsme nastavovali převody měřících transformátorů, frekvenci, pořad fází a také vypínací časy jednotlivých zón. Po této konfiguraci jsme data uložili, abychom je mohli posléze nahrát také do testovacího zařízení OMICRON a nemuseli celé nastavení provádět znovu. V programu Test Universe jsme nakonfigurovali zbývající data, která byla nezbytná pro další měření, a určili jsme, jak je daná DO k zařízení připojena. Do charakteristiky jsme si označili místa, která jsme chtěli proměřit a otestovali jsme je na různé druhy zkratů. K měření jsme použili test distance (vzdálenost). Provedli jsme testování distanční ochrany pomocí testovacího zařízení a výsledky měření jsme vyhodnotili v protokolu, který je přiložen ve výsledcích měření. Ze záznamu můžeme vidět, že vypínací časy v jednotlivých zónách se lišili a to proto, že ochrana má svou časovou prodlevu 10 až 50ms. Časovou prodlevu mají také výkonové vypínače, kde je prodleva např. u spouště vypínače. V protokolu o měření můžeme najít také test quickCMC, ale ten nám sloužil pouze jako orientační a proto u něj není vyhodnocen žádný test.

Tabulkové hodnoty jsem získal od společnosti E.ON Česká republika, s. r. o.. Tyto hodnoty se uvádí při výstavbě a jsou počítány v projektové dokumentaci daného vedení. Po dokončení výstavby se dané hodnoty kontrolují měřícím přístrojem.

Nastavení ochran je ve skutečnosti mnohem složitější a určuje se daleko více faktorů. My jsme provedli jednoduché nastavení ochrany, aby bylo možné tuto ochranu testovat v laboratorních podmínkách.

Použitá literatura

- [1] DOHNÁLEK, Petr. *Ochrany pro průmysl a energetiku*. 2., přeprac. vyd. Praha: SNTL, 1991, 339 s. ISBN 80-03-00630-9.
- [2] KARAFFA, Marián a František JANÍČEK. *Ochrany a automatiky v elektrizačnej sústave*. 1. vyd. Bratislava: Slovenská vysoká škola technická, 1987, 162 s.
- [3] KARAFFA, Marián a František JANÍČEK. *Ochrany a automatiky v elektrizačnej sústave*. 1. vyd. Bratislava: Slovenská vysoká škola technická, 1988, 131 s.
- [4] HALUZÍK, Evžen. *Ochrany a automatiky v elektrických sítích*. 1. vyd. Brno: Vysoké učení technické, 1986, 160 s.
- [5] ŘEHOŘ, J.: Testování distanční ochrany [online]. Bakalářská práce. Brno: Ústav elektroenergetiky FEKT VUT v Brně, 2007, 46 stran, [cit. 2011-11-19]. Dostupný z WWW:
<http://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=17967>.
- [6] HOLUB, M. Testování distanční ochrany. Bakalářská práce. Brno: Ústav elektroenergetiky FEKT VUT v Brně, 2012, 66 stran. Dostupný z WWW:
<https://dspace.vutbr.cz/xmlui/bitstream/handle/11012/11507/Holub_Martin_125223_Bakal%C3%A1r%C5%99sk%C3%A1_pr%C3%A1ce.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [7] DISTANČNÍ OCHRANA PRO VŠECHNY HLADINY NAPĚTÍ 7SA6, technický manuál

Příloha A

Tab. A. 1. Parametry vedení

Distanční ochrana 7SA6

rozvodna: HJ
vývod: V527
napětí: 110kV

střední hodnoty

R0c/R1c	4,08	poměr nulové impedance k sousledné inpedanci vlastního vedení
X0c/X1c	3,80	
Xcstř	0,214 ohm/km	průměrná sousledná reaktance chráněného vedení
Rcstř	0,063 ohm/km	průměrný sousledný činný odpor chráněného vedení
Re/RI	1,03	
Xe/XI	0,93	

fi 73,6 úhel vedení

Komentář k nastavení 7SA6 :

Impedance vedení pro lokator poruch X (ohm) :

	prim	sek	převod
MTI	800		1 800
MTU	110		0,1 1100
k	0,727		

	X stř	Rstř
primárně :	0,214 ohm/km	0,06285 ohm/km
sekundárně :	0,155 ohm/km	0,046 ohm/km
délka vedení :	18,075 km	

Tab. A. 2. Hodnoty pro zónu Z1

rozvodna: HJ
vývod: V527
napětí: 110kV

NASTAVENÍ 1. ZÓNY

Parametry vedení :	R	X	Z	R0/R1	X0/X1	k
1.skupina	1,14	3,86	4,03	4,08	3,80	0,9
2.skupina	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,85
3.skupina	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,85
4.skupina	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,85

primární nastavení Rporuchy 1fáz 20 ohm
mezifáz 20 ohm

PARAMETR :	ROZSAH NASTAVENÍ:	NASTAVENÍ				Popis
		skup. 1	2	3	4	
zóna 1 Operation	On-Off	On				distanční ochranná zóna 1 aktivace-deaktivace zóny
X1	65 ohmse	3,48	0,00	0,00	0,00	Sousledná složka reaktance dosah zóna 1
R1	130 ohmse	21,02	20,00	20,00	20,00	Sousledná složka odporu dosah zóna 1 - fáze-fáze
X0		13,22	0,00	0,00	0,00	Nulová složka reaktance zóna 1
R0		85,81	81,64	81,64	81,64	Nulová složka odporu zóna 1
R1E	130 ohmse	21,02	20,00	20,00	20,00	Sousledná složka odporu dosah zóna 1 - fáze-zem
t1	s	0,00	0,00	0,00	0,00	Časové zpoždění zóny 1

sekundární nastavení

MTI		MTN		k
prim	sek	prim	sek	
800		1	110	0,1
				0,727

PARAMETR :	ROZSAH NASTAVENÍ:	NASTAVENÍ				Popis
		skupin a 1	skupin a 2	skupin a 3	skupina 4	
zóna 1 Operation	On-Off	On				distanční ochranná zóna 1 aktivace-deaktivace zóny
X1	65 ohmsek	2,53	0,00	0,00	0,00	Sousledná složka reaktance dosah zóna 1
R1	130 ohmsek	15,29	14,55	14,55	14,55	Sousledná složka odporu dosah zóna 1 - fáze-fáze
X0		9,62	0,00	0,00	0,00	Nulová složka reaktance zóna 1
R0		62,41	59,37	59,37	59,37	Nulová složka odporu zóna 1
R1E	130 ohmsek	15,29	14,55	14,55	14,55	Sousledná složka odporu dosah zóna 1 - fáze-zem
t1	s	0,00	0,00	0,00	0,00	Časové zpoždění zóny 1

Tab. A. 3. Hodnoty pro zónu Z2

rozvodna: HJ
vývod: V527
napětí: 110kV

NASTAVENÍ 2. ZÓNY

Parametry vedení :	R	X	Z	R0/R1	X0/X1	k
1.skupina	1,14	3,86	4,03	4,08	3,80	1,3
2.skupina	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,85
3.skupina	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,85
4.skupina	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,85

primární nastavení Rporuchy 1faz 20 ohm
mezifaz 20 ohm

PARAMETR :	ROZSAH NASTAVENÍ:	NASTAVENÍ				Popis
		skup. 1	2	3	4	
zóna 2 Operation	On-Off	On				distanční ochranná zóna 2 aktivace-deaktivace zóny
X1	65 ohmsek	5,02	0,00	0,00	0,00	Sousledná složka reaktance dosah zóna 2
R1	130 ohmsek	21,48	20,00	20,00	20,00	Sousledná složka odporu dosah zóna 2 - fáze-fáze
X0		19,10	0,00	0,00	0,00	Nulová složka reaktance zóna 2
R0		87,67	81,64	81,64	81,64	Nulová složka odporu zóna 2
R1E	130 ohmsek	21,48	20,00	20,00	20,00	Odpor oblouku jednofázově dosah zóna 2 - fáze-zem
t2	s	0,50	0,00	0,00	0,00	Časové zpoždění zóny 2

sekundární nastavení

MTI		MTN		k
prim	sek	prim	sek	
800		1	110	0,1
				0,727

PARAMETR :	ROZSAH NASTAVENÍ:	NASTAVENÍ				Popis
		skupin a 1	skupin a 2	skupin a 3	skupina 4	
zóna 2 Operation	On-Off	On				distanční ochranná zóna 2 aktivace-deaktivace zóny
X1	65 ohmsek	3,65	0,00	0,00	0,00	Sousledná složka reaktance dosah zóna 2
R1	130 ohmsek	15,62	14,55	14,55	14,55	Sousledná složka odporu dosah zóna 2 - fáze-fáze
X0		13,89	0,00	0,00	0,00	Nulová složka reaktance zóna 2
R0		63,76	59,37	59,37	59,37	Nulová složka odporu zóna 2
R1E	130 ohmsek	15,62	14,55	14,55	14,55	Odpor oblouku jednofázově dosah zóna 2 - fáze-zem
t2	s	0,50	0,00	0,00	0,00	Časové zpoždění zóny 2

Tab. A. 4. Hodnoty pro zónu Z3

rozvodna: HJ
vývod: V527
napětí: 110kV

NASTAVENÍ 3. ZÓNY

Parametry vedení :	R	X	Z	R0/R1	X0/X1	k
1.skupina	1,14	3,86	4,03	4,08	3,80	7,7
2.skupina	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,85
3.skupina	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,85
4.skupina	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,85

primární nastavení Rporuchy 1faz 18,5 ohm
mezifaz 18,5 ohm

PARAMETR :	ROZSAH NASTAVENÍ:	NASTAVENÍ				Popis
		skup. 1	2	3	4	
zóna 3 Operation	On-Off	On				distanční ochranná zóna 3 aktivace-deaktivace zóny
X1	65 ohmse	29,74	0,00	0,00	0,00	Sousledná složka reaktance dosah zóna 3
R1	130 ohmse	27,25	18,50	18,50	18,50	Sousledná složka odporu dosah zóna 3 - fáze-fáze
X0		113,14	0,00	0,00	0,00	Nulová složka reaktance zóna 3
R0		111,22	75,52	75,52	75,52	Nulová složka odporu zóna 3
R1E	130 ohmse	27,25	18,50	18,50	18,50	Odpor oblouku jednofázově dosah zóna 3 - fáze-zem
t3	s	1,20	0,00	0,00	0,00	Časové zpoždění zóny 3

sekundární nastavení

MTI		MTN		k
prim	sek	prim	sek	
800		1	110	0,1
				0,727

PARAMETR :	ROZSAH NASTAVENÍ:	NASTAVENÍ				Popis
		skupin a 1	skupin a 2	skupin a 3	skupina 4	
zóna 3 Operation	On-Off	On				distanční ochranná zóna 3 aktivace-deaktivace zóny
X1	65 ohmsek	21,63	0,00	0,00	0,00	Sousledná složka reaktance dosah zóna 3
R1	130 ohmsek	19,82	13,45	13,45	13,45	Sousledná složka odporu dosah zóna 3 - fáze-fáze
X0		82,28	0,00	0,00	0,00	Nulová složka reaktance zóna 3
R0		80,89	54,92	54,92	54,92	Nulová složka odporu zóna 3
R1E	130 ohmsek	19,82	13,45	13,45	13,45	Odpor oblouku jednofázově dosah zóna 3 - fáze-zem
t3	s	1,20	0,00	0,00	0,00	Časové zpoždění zóny 3

Tab. A. 5. Hodnoty pro zónu Z4

**NASTAVENÍ 4.
ZÓNY- SMĚROVÝ
POPUD**

rozvodna: HJ
vývod: V527

napětí: 110kV

primární nastavení

PARAMETR:	ROZSAH NASTAVENÍ:	NASTAVENÍ				Popis POPUD
		skupina 1	skupina 2	skupina 3	skupina 4	
operation	Z<, I> Z< & I>	Z<	Z<	Z<	Z<	podimpedanční nebo nadproudý režim
I>	I/In					nastavení nadproudového členu pro If
IN>	I/In					nastavení nadproudového členu pro Io
X+A	ohm	180,00	0,00	0,00	0,00	sousledná složka reaktance dopředný směr
RA1	ohm	60,00	0,00	0,00	0,00	R zátěže fáze-fáze
R	ohm	100,00				R popud fáze-fáze
RA1E	ohm	60,00	0,00	0,00	0,00	R zátěže fáze-zem
RE	ohm	100,00				R popud fáze-zem
Ph alfa	st.	50,00	0,00	0,00	0,00	nastavení úhlu bezp.zátěže
t4	0 - 10 s	2,80	0,00	0,00	0,00	časové zpoždění-dopř.směr

sekundární nastavení

MTI		MTN		k
prim	sek	prim	sek	
800		1	110	0,1
				0,727

PARAMETR:	ROZSAH NASTAVENÍ:	NASTAVENÍ				Popis POPUD
		skupina 1	skupina 2	skupina 3	skupina 4	
operation	Z<, I> Z< & I>	Z<	Z<	Z<	Z<	podimpedanční nebo nadproudý režim
I>	I/In					nastavení nadproudového členu pro If
IN>	I/In					nastavení nadproudového členu pro Io
X+A	ohm	130,9	0	0	0	sousledná složka reaktance dopředný směr
RA1	ohm	43,6	0	0	0	R zátěže fáze-fáze
R	ohm	72,7	0	0	0	R popud fáze-fáze
RA1E	ohm	43,6	0	0	0	R zátěže fáze-zem
RE	ohm	72,7	0	0	0	R popud fáze-zem
Ph alfa	st.	50,0	0,0	0,0	0,0	nastavení úhlu bezp.zátěže
t4	0 - 10 s	2,8	0,0	0,0	0,0	časové zpoždění-dopř.směr

Tab. A. 6. Hodnoty pro zónu Z5

rozvodna: HJ
vývod: V527
napětí: 110kV

**NASTAVENÍ 5. ZÓNY-
NESMĚROVÝ POPUD**

primární nastavení

PARAMETR:	ROZSAH NASTAVENÍ:	NASTAVENÍ				Popis POPUD
		skupina 1	skupina 2	skupina 3	skupina 4	
operation	Z<, I> Z< & I>	Z<	Z<	Z<	Z<	podimpedanční nebo nadproudý režim
I>	I/In					nastavení nadproudového členu pro If
IN>	I/In					nastavení nadproudového členu pro Io
X+A	ohm	180,00	0,00	0,00	0,00	sousledná složka reaktance dopředný směr
X-A	ohm	20,00	0,00	0,00	0,00	sousledná složka reaktance zpětný směr
R	ohm	100,00				R popud fáze-fáze
RE	ohm	100,00				R popud fáze-zem
t5	0 - 10 s	6,00	0,00	0,00	0,00	časové zpoždění-nesm.

sekundární nastavení

MTI		MTN		k
prim	sek	prim	sek	
800	1	110	0,1	0,727

PARAMETR:	ROZSAH NASTAVENÍ:	NASTAVENÍ				Popis POPUD
		skupina 1	skupina 2	skupina 3	skupina 4	
operation	Z<, I> Z< & I>	Z<	Z<	Z<	Z<	podimpedanční nebo nadproudý režim
I>	I/In					nastavení nadproudového členu pro If
IN>	I/In					nastavení nadproudového členu pro Io
X+A	ohm	130,9	0	0	0	sousledná složka reaktance dopředný směr
X-A	ohm	14,5	0	0	0	sousledná složka reaktance zpětný směr
RA2	ohm	72,7	0	0	0	R popud fáze-fáze
RA2E	ohm	72,7	0	0	0	R popud fáze-zem
t5	0 - 10 s	6,0	0,0	0,0	0,0	časové zpoždění-nesm.