

České vysoké učení technické v Praze

Fakulta elektrotechnická

Katedra elektroenergetiky



Chránění kabelového vedení pomocí distanční ochrany
Protection of Cable Line with Recourse to Distance Protection

Bakalářská práce

Bachelor's thesis

Jan Kapucján

Vedoucí práce: Ing. Martin Procházka, Ph.D.

Studijní obor: Aplikovaná elektrotechnika

2015

České vysoké učení technické v Praze
Fakulta elektrotechnická

Katedra elektroenergetiky

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student: **Jan Kapucján**

Studijní program: Elektrotechnika, energetika a management

Obor: Aplikovaná elektrotechnika

Název tématu: **Chránění kabelového vedení pomocí distanční ochrany**

Pokyny pro vypracování:

- 1) Popište teorii chránění distanční ochranou.
- 2) Porovnejte jednotlivé generace ochran.
- 3) Zpracujte nastavení distanční ochrany REL 670 pro zadané vedení.
- 4) Proveďte měření vypínací charekteristiky ochrany REL 670.

Seznam odborné literatury:

- [1] G. Ziegler: Numerical Distance protection; MCD-Verl.,1999
- [2] Grym a kol.: Chránění I,II,III; IRIS 2005
- [3] technické manuály REL 670; ABB

Vedoucí: Ing. Martin Procházka, Ph.D.

Platnost zadání: do konce letního semestru 2015/2016

L.S.

Ing. Jan Švec, Ph.D.
vedoucí katedry

prof. Ing. Pavel Ripka, CSc.
děkan

V Praze dne 1. 4. 2015

Abstrakt

Úkolem ochran v elektrizační soustavě je rychlá a přesná likvidace poruch. Tato práce se zabývá chráněním kabelového vedení pomocí distanční ochrany. Jejím cílem je seznámit nás s problematikou distančních ochran. Práce nejprve teoreticky popíše některé poruchové stavy v elektrizační soustavě a dále pak popíše druhy ochran a nastíní jejich výhody, nevýhody a vývoj. V další části práce obsahuje vlastní výpočet jednotlivých parametrů pro nastavení distanční ochrany REL670 od společnosti ABB. Ve výpočtu budu vycházet ze zadaných parametrů kabelu. Na závěr popíši postup a následně vyměřím vypínací charakteristiku pomocí testovacího zařízení OMICRON CMC256plus.

Klíčová slova

distanční ochrana, chránění, poruchový stav, OMICRON, měření

Abstrakt

The task of protection in electricity network is a quick and accurate repair of failures. This thesis deals with protection of cable line using distance protection. The aim of the thesis is to introduce the problem of distance protection. First the thesis describes theoretically some of the faults in electricity network and then mentions kinds of protections and shows their advantages, disadvantages and their development. Next part contains the calculation of parameters for setting the distance protection REL 670 produced by ABB Ltd. itself. In the calculation given parameters of cable are used. Last procedure and following measuring of disconnecting feature using the test equipment OMICRON CMC256plus are described.

Keywords

distance protection, protection, fault, OMICRON, measurment

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze dne

.....
Jan Kapucían

Poděkování

Rád bych poděkoval mému vedoucímu práce za ochotu, trpělivost, cenné připomínky a věnovaný čas. Dále pak své manželce za první přečtení práce a pomoc s úpravou textu.

Obsah

1. Teorie ochran	8
1.1 Poruchové stavy v elektrizační soustavě	8
1.1.1 zkrat	8
1.1.2 zemní spojení	8
1.1.3 přetížení	8
1.1.4 přepětí	9
1.1.5 podpětí	9
1.1.6 zvýšení kmitočtu	9
1.1.7 snížení kmitočtu	9
1.1.8 zpětný tok výkonu	9
1.1.9 nesouměrné zatížení	9
1.2 Druhy ochran podle funkčního principu	9
1.2.1 proudovou	9
1.2.2 napětíovou	10
1.2.3 distanční	10
1.2.4 rozdílová	10
1.2.5 srovnávací	10
1.2.6 směrovou	10
1.2.7 wattovou	10
1.2.8 jalovou	10
1.2.9 frekvenční	10
1.3 Druhy ochran rozdělené podle funkce	10
1.3.1 základní	10
1.3.2 záložní	10
1.4 Teorie chránění distanční ochranou	10
1.5 Základní členy distančních ochran	13
2. Porovnání jednotlivých generací ochran	14
2.1 Historický vývoj ochran	14
2.1.1 tavná pojistka	14
2.1.2 proudové relé	14
2.1.3 indukční relé	14
2.1.4 diferenciální proudové relé	14
2.1.5 srovnávací ochrany	14
2.1.6 vícefázové ochranné relé	15
2.1.7 digitální ochrany	15
2.2 Porovnání ochran	15
2.2.1 Elektromechanická relé	15
2.2.2 Statická (tranzistorová) relé	15
2.2.3 Číslicové ochrany	16
3. Zpracujte nastavení distanční ochrany REL 670 pro zadané vedení	17
3.1 Tabulka parametrů pro nastavení ochrany REL670	17
3.2 Zadání	18
3.2.1 parametry kabelu v rozvodně A	18
3.2.2 parametry kabelu v rozvodně B	18
3.3 Tvorbá impedančně časové charakteristiky	19
3.3.1 Časová charakteristika nastavení ochran v rozvodně A a B	19
3.3.2 Výpočet	19
3.3.3 Shrnutí vypočtených hodnot	25

4. Měření vypínací charakteristiky	26
4.1 Postup	26
4.1.1 Nastavení parametrů	26
4.1.2 Konfigurace ochrany.....	27
4.1.3 Zapojení	28
4.1.4 Připojení testovacího zařízení	29
4.1.5 Vyměření charakteristiky	30
4.2 Vlastní měření.....	30
4.3 Zhodnocení měření	31
5. Závěr	32
6. Použitá literatura	33

1. Teorie ochran

K poruchám elektrizační soustavy dochází nahodile. Úlohou ochran je jejich rychlá eliminace, a tím zabránění poškození elektrických zařízení v důsledku oteplení. Oteplení elektrického zařízení dělíme do dvou skupin

- oteplení, při kterém dochází k předčasnému stárnutí izolace. K tomuto oteplení dochází při tepelném přetěžování zařízení;
- oteplení, při kterém dochází k trvalému poškození izolace s následkem destrukce zařízení. To nastává nejčastěji v případech zkratu, popřípadě zemního spojení.

1.1 Poruchové stavy v elektrizační soustavě

V rámci elektrizační soustavy se mohou vyskytnout základní poruchové stavy, které ohrožují provoz celé soustavy nebo jejích jednotlivých prvků. Jsou to zejména

1.1.1 zkrat

Je bezodporové spojení dvou míst s různým potenciálem (například bezodporové spojení dvou fází). V síti s přímo uzemněným uzlem nebo nepřímo uzemněným uzlem vzniká spojením jedné fáze se zemí. V sítích s nepřímo uzemněným uzlem přes odpor se zemní spojení svými účinky blíží zkratu. Důsledky těchto spojení jsou

- zvýšené silové a tepelné namáhání vedení, spotřebičů i ostatních rozvodných zařízení;
- pokles napětí;
- často trvalé poškození zařízení.

1.1.2 zemní spojení

Zemní spojení vzniká v izolovaných sítích, nebo v sítích s nepřímo uzemněným uzlem, a to galvanickým spojením jedné fáze se zemí.

Důsledky těchto spojení jsou

- nebezpečí přepětí při přerušovaném zemním spojení;
- nebezpečí vzniku zkratu jako důsledek zemního spojení.

1.1.3 přetížení

Přetížení vzniká zatěžováním elektrických zařízení, vodičů průchodem proudů vyššího než je dovoleno.

Důsledky tohoto přetížení jsou

- zvýšené tepelné namáhání;
- zvýšená rychlost stárnutí izolace.

1.1.4 přepětí

Přepětí vzniká ze dvou příčin. Atmosférické přepětí vzniká úderem blesku. Provozní přepětí vznikají v důsledku provozních pochodů v obvodech s velkou indukčností nebo kapacitami. Dalším důvodem přepětí může být porucha regulace.

Důsledky přepětí jsou

- stárnutí a poškození izolace;
- přídavné ztráty;
- zvýšené nebezpečí zkratu (při poškození izolace).

1.1.5 podpětí

Podpětí vzniká přetížením, poruchou regulace napětí nebo nedostatečnou kompenzací.

Důsledky podpětí jsou

- proudové přetížení;
- výpadky točivých strojů.

1.1.6 zvýšení kmitočtu

Zvýšení kmitočtu vzniká při poruše regulace výkonu.

Důsledkem zvýšení kmitočtu je

- mechanické působení na chráněné zařízení i na připojené stroje.

1.1.7 snížení kmitočtu

Snížení kmitočtu vzniká přetížením zdrojů energie v síti

Důsledkem snížení kmitočtu je

- zvětšení ztrát v důsledku oteplení.

1.1.8 zpětný tok výkonu

Zpětný tok výkonu vzniká ztrátou výkonu pohonu, popřípadě špatnou energetickou bilancí sítě. Nebezpečný je hlavně pro některé točivé stroje. U těchto strojů může způsobit mechanické poškození.

1.1.9 nesouměrné zatížení

Nesouměrné zatížení je provozní stav. Vzniká tím, že jednotlivé fáze jsou nesouměrně zatěžovány. Toto nerovnoměrné zatížení ovlivňuje napětí v ostatních fázích. Nesouměrné zatížení může způsobit i zkrat jiný než třífázový, popřípadě přerušení jedné fáze.

1.2 Druhy ochran podle funkčního principu

Ochrany podle funkčního principu lze rozdělit na

1.2.1 proudovou

působí, pokud proud překročí nastavenou hodnotu

1.2.2 napět'ovou

působí, pokud přepětí či podpětí překročí nastavenou hodnotu

1.2.3 distanční

vypočítává poruchovou impedanci a působí, pokud je impedance smyčky menší než nastavená

1.2.4 rozdílová

sčítá fázorově všechny proudy chráněného objektu. V případě poruchy není součet roven nule a ochrana působí.

1.2.5 srovnávací

porovnává velikost a fázi (vstupního a výstupního) proudu u chráněného zařízení. V případě poruchy mají oba proudy rozdílnou fázi a ochrana působí.

1.2.6 směrovou

sleduje směr toku proudu. V případě, že se směr změní, ochrana působí.

1.2.7 wattovou

působí při změně směru toku činného výkonu

1.2.8 jalovou

působí při změně směru toku jalového výkonu

1.2.9 frekvenční

působí při zvýšení nebo snížení frekvence

1.3 Druhy ochran rozdělené podle funkce

1.3.1 základní

Je to ochrana hlavní a je určena pro všechny druhy poruch, především pro ty nejzávažnější. „Doba jejího působení je kratší než u ostatních ochran daného úseku a rozsah jejího chránění je v rozmezí tohoto úseku.“ (zdroj: Dohnálek, strana 11)

1.3.2 záložní

V případě selhání základní ochrany přebírá její funkci. Záložní ochranu lze rozdělit na místní záložní ochranu a vzdálenou záložní ochranu. Jako příklad lze uvést distanční ochrany, které jsou schopny v rámci zón tvořit vzdálenou zálohu.

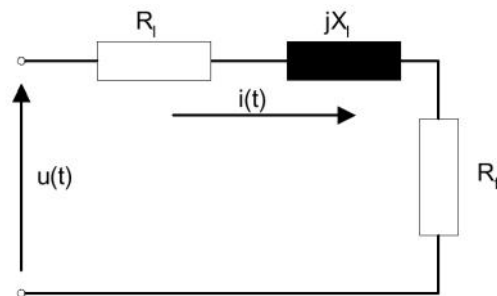
1.4 Teorie chránění distanční ochranou

Distanční ochrany jsou používány při chránění vedení ZVN, VVN, ve výjimečných případech ji lze použít pro chránění vedení napěťové hladiny VN. Distanční chránění se používá pro chránění venkovních a kabelových vedení. V případě chránění generátorů, blokových, síťových či distribučních transformátorů se distanční ochrana používá jako ochrana doplňková. Distanční ochrany jsou schopny

v síti tvořit selektivní ochranný systém. Můžou tedy pracovat jako vzdálené záložní ochrany. Distanční ochrana vypočítává poruchovou impedanci. K tomu využívá naměřené poruchové napětí U_k a proud I_k . Tato impedance je porovnána s vypínací charakteristikou. V případě, že je impedance poruchové smyčky menší než nastavená hodnota, ochrana vyhodnotí stav jako poruchu a vysílá vypínací povel na vypínač. Pro výpočet impedance poruchové smyčky ochran Z_k používáme vzorec

$$Z_k = \frac{U_k}{I_k} [\Omega], \text{ kde } Z_k \text{ je impedance zkratové smyčky. Měření impedance je realizováno v souladu}$$

s diferenciální rovnicí, která bere v úvahu komplexní model impedance vedení viz. obr.1 .



Obr 1. - Schematické znázornění principu měření impedance.

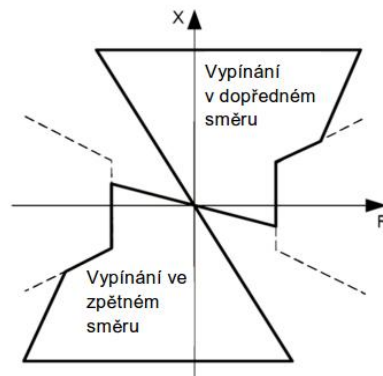
R_l – odpor vedení

X_l – reaktance vedení

R_f – odpor poruchy

(zdroj: manuál ABB, 1MRK506069-UCZ, strana 51)

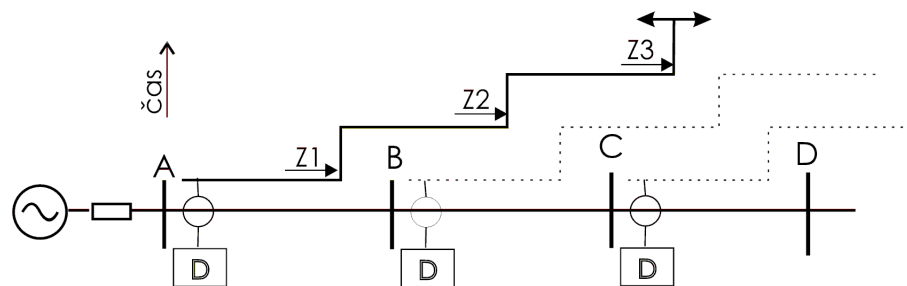
Vlivem toho, že ochrana pracuje se sekundárními veličinami, dochází k nepřesnostem při určování poruchové impedance, a to v důsledku nepřesností napěťových a proudových transformátorů. K dalším nepřesnostem dochází vlivem tolerance měření vlastní ochrany. Dále pak i při výpočtu nastavení, především v případech, kdy nejsou k dispozici přesné parametry vedení. V principu proto není možné, aby bylo vedení 100% chráněno jen jedním stupněm distanční ochrany. Oblast působení distančních ochran určují tzv. zóny, což jsou impedančně nastavené dosahy ochrany. Jednotlivé zóny mohou být nastaveny směrově (dopředný nebo zpětný směr) viz. obr.2 a působí navzájem nezávisle.



Obr.2 - Směrové nastavení zón

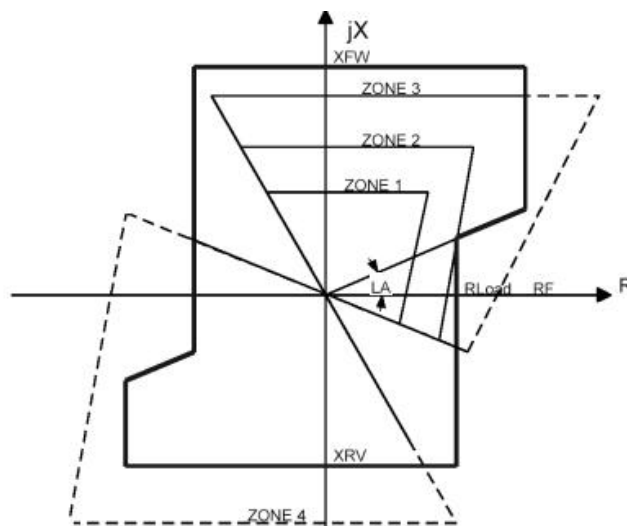
(zdroj: manuál ABB, 1MRK506316, strana 10)

Pro rozlišení vnitřních a vnějších poruch musí být zóna 1 kratší než vedení, a to s rezervou 10 – 15%. Druhá zóna pak chrání zbytek vedení a je pro zachování selektivity zpožděna oproti ochraně následného vedení. Dosah dalších zón umožňuje pokrýt i celé následné vedení. Tuto záložní funkci, kterou distanční ochrana nabízí, vytváří zóna 2 a zóna 3, jak je vidět na obr. 3. Zóna 2 zahrnuje protilehlou přípojnicí a část následného vedení a zóna 3 může obsáhnout celé následné vedení. Jednotlivé zóny jsou časově zpožděny tak, aby byla zajištěna selektivita s ochranou následujícího vedení, jak je patrné z obr. 3.



Obr. 3 - Nastavení distanční ochrany
(zdroj: Procházka, strana 11)

K vymezení jednotlivých zón se používá impedanční charakteristika ochrany. Tato charakteristika je ukázána na obr.4. Charakteristika ochrany je množina bodů (u distančních ochran v impedanční Gaussově rovině), která tvoří hranici mezi působením a nepůsobením dané zóny.



Obr.4 - Charakteristika distanční ochrany REL firmy ABB
(zdroj: manuál ABB, 1MRK 506164-BEN, strana 8)

Charakteristika každé zóny se v digitální distanční ochraně nastavuje nezávisle, a to softwarově. Pro ochrany REL670 je používán software PCM 600.

Základní členy distančních ochran

Základními členy distančních ochran jsou popudový, měřicí, směrový, časový člen a logika. Popudový člen má za úkol rozpoznat poruchu v síti a rozběhnout činnost ochrany. Měřicí člen má za úkol zhodnocení vstupních veličin U_k a I_k . Směrový člen má za úkol určit zda, porucha leží ve směru působení ochrany. Časový člen má za úkol zajistit časové zpoždění jednotlivých zón. Logika má za úkol zpracování vstupních signálů popudového a měřicího členu. Rozhoduje o působení ochrany.

2. Porovnání jednotlivých generací ochran

2.1. Historický vývoj ochran

2.1.1 tavná pojistka

Jedním s prvních problémů při přenosech elektrické energie vysokého napětí byl elektrický zkrat. Při zkratu docházelo k poškození vodičů, a to zejména jejich přetavením. Na tomto principu byla vytvořena, jako první jistící prvek, tavná pojistka. Tavná pojistka byla nahrazena elektromagnetickým proudovým relé.

2.1.2 proudové relé

Při průchodu poruchového proudu tímto relé došlo k sepnutí, a to vlivem elektromagnetické energie. „Cívka přitáhla jho ochrany a tím uvolnila západku, která umožnila vypnutí vypínače.“ (zdroj: Grym, Chránění II, str.7). Po působení se musela ochrana uvést do původního stavu. Malá citlivost a omezená nastavitelnost patří mezi nevýhody těchto relé. Jejich výhodou je jednoduchost výroby a jejich téměř neomezená životnost.

2.1.3 indukční relé

Po roce 1901 se objevuje první proudové diskové indukční relé. Konstrukce tohoto relé byla založena na základě Ferrarisova principu (indukční měřící mechanismy - elektroměr). Tato relé byla zpočátku mžiková a již se neobešla bez měřících transformátorů. Později se začala vyrábět s časovým zpožděním.

2.1.4 diferenciální proudové relé

První diferenciální proudová relé se začínají vyrábět v letech 1905 – 1908. Zprvu byla vyráběna na indukčním principu (čím větší proud, tím kratší vypnutí) a později na principu elektromagnetickém. První směrová relé se začínají objevovat po roce 1910. Po roce 1920 se začínají objevovat první distanční relé. Jejich konstrukce (proudových i distančních relé) byla v této době na indukčním principu.

2.1.5 srovnávací ochrany

Po roce 1924 se objevují první srovnávací ochrany. Srovnávací ochrany procházely několika směry vývoje. Jedním ze směrů bylo zapojování relé do stavebnicového systému. Měřící články byly jednofázové, časové a vypínací relé se připojovalo zvlášť. Výhodou tohoto systému bylo to, že popudové články mohly být stejné jak pro ochrany nadproudové, tak pro ochrany diferenciální a distanční.

2.1.6 vícefázové ochranné relé

Druhým směrem porovnávacích ochran bylo vícefázové ochranné relé, které mělo svůj časový a vypínací člen a nacházelo se v jednom pouzdru. V 60 letech minulého století se začaly vyrábět analogové statické ochrany. V praxi se však neuplatnily ve velkém rozsahu.

2.1.7 digitální ochrany

Po roce 1980 přicházejí na trh digitální ochrany. V těchto ochranách elektronické prvky převádějí analogové veličiny do číslicové formy. Jejich činnost a logika je dána programem.

2.2 Porovnání ochran

2.2.1 Elektromechanická relé

Tato relé byla první formou ochrany energetických systémů.

Mezi jejich výhody patří

- průhlednost vnitřních schémat;
- jednodušší nastavování;
- galvanické oddělení mezi vstupy a výstupy v jednoduché, levné a spolehlivé formě.

Pro tyto výhody jsou stále, i když v modernější formě, elektromagnetická relé používána.

Jejich nevýhodou je zejména

- nižší životnost, ta je dána pohyblivými součástkami a nepříznivým vlivem okolí;
- nutnost provádět poměrně často kontroly (relé nemají autokontrolu);
- méně citlivé nastavení;
- výrazně omezené funkční schopnosti;
- nemožnost vytvořit libovolné vypínací charakteristiky;
- nemožnost komunikace po digitálních sítích, nemožnost uchování dat.

2.2.2 Statická (tranzistorová) relé

Statická relé jsou další generací ochran.

Jejich výhodou je, že

- nemají pohyblivé části;
- mají kratší čas působení;
- mají přesnější měření.

Jejich nevýhodou je, že

- musí mít odolnější konstrukci vůči elektromagnetickým rušením;
- musí mít speciální stabilizaci obvodů z důvodu změny teploty.

2.2.3 Číslicové ochrany

U těchto ochran jsou snímány pomocí AD analogově digitálního převodníku proud, napětí, frekvence a převáděny do digitální formy.

Jejich výhodou je

- zabudovaná autokontrola, a tím i dosažení větší spolehlivosti;
- levnější údržba;
- možnost zaznamenávat a vyhodnocovat průběh jednotlivých poruch, což ve výsledku usnadňuje odstraňování těchto poruch;
- širší rozsah nastavení;
- větší přesnost;
- možnost komunikace s nadřazeným systémem.

Jejich nevýhodou je především

- cena;
- větší složitost.

3. Zpracujte nastavení distanční ochrany REL 670 pro zadané vedení

3.1 Tabulka parametrů pro nastavení ochrany REL670

Pro zpracování jednotlivých parametrů použijeme tabulku č.1, ve které jsou popsány parametry, které se nastavují pro ochranu REL 670. Shrnutí vypočtených hodnot je na konci kapitoly.

*Tab. 1 – Nastavní zón pro distanční ochranu
(zdroj: manuál ABB, 1MRK506315-UEN, strana 125)*

Parametry pro 21C					
Impedanční ochrana					
Distanční (PDIS,21)					
ZMQPDIS1					
Parametr	Rozsah	Krok	Standardní nastavení	Jednotka	Vysvětlení
Operation	Off On	-	On	-	Provozní režim – zapnuto/vypnuto
IBase	1 - 99999	1	3000	A	Základní proud
UBase	0.05 - 2000.00	0.05	400.00	kV	Základní napětí
OperationDir	Off Non-directional Forward Reverse	-	Forward	-	Směrování Bez směru Dopředný směr Zpětný směr
X1	0.10 – 3000.00	0.01	30.00	ohm/p	Sousledná složka reaktance zóny
R1	0.01 – 1000.00	0.01	5.00	ohm/p	Sousledná složka odporu zóny
X0	0.10 – 9000.00	0.01	100.00	ohm/p	Nulová složka reaktance zóny
R0	0.01 – 3000.00	0.01	15.00	ohm/p	Nulová složky odporu zóny
RFPP	0,10 – 3000.00	0.01	30.00	ohm/l	Odporový rozsah distanční ochranné zóny pro mezifázové poruchy
RFPE	0,10 – 9000.00	0.01	100.00	ohm/l	Odporový rozsah distanční ochranné zóny pro jedno fázové poruchy
OperationPP	Off On	-	On	-	Provozní režim funkce ZMn pro mezifázové poruchy
Timer tPP	Off On	-	On	-	Provozní režim časově zpožděného vypnutí distanční ochranné zóny pro mezifázové poruchy
tPP	0.000 – 60.000	0.001	0.000	s	Čas zpožděného vypnutí distanční ochranné zóny pro mezifázové poruchy
OperationPE	Off On	-	On	-	Provozní režim funkce ZMn pro jedno fázové poruchy.
Timer tPE	Off	-	On	-	Provozní režim časově

	On				zpožděného vypnutí distanční ochranné zóny pro jedno fázové poruchy
tPE	0.000 – 60.000	0.001	0.000	s	Čas zpožděného vypnutí distanční ochranné zóny pro jedno fázové poruchy
I _{minOpPP}	10 – 30	1	20	%IB	Minimální citlivost pro mezifázové poruchy
I _{minOpPE}	10 – 30	1	20	%IB	Minimální citlivost pro jednofázové poruchy
I _{minOpIN}	5 – 30	1	5	%IB	Minimální citlivost zemního proudu

3.2 Zadání

3.2.1 parametry kabelu v rozvodně A

Pro výpočty nastavení distanční ochrany REL670 jsou zadány tyto parametry kabelu:

Délka – 5,129km

Průřez – 2000mm²

Typ – CU/XLPE/CW/LEAD/HDP (GB6-TX01-N85-00-00, EL SEWEDY CABLES)

R'1 = 0,0166 ohm/km, X'1 = 0,165 Ω /km

R'0 = 0,09510 ohm/km, X'0 = 0,05643 Ω /km

Maximální povolený proud pro kabel je 1050A (120MVA).

Zkratová impedance napájecí sítě:

ra = 0.0370

xa = 0.552

S_{base} = 100MVA

Převod přístrojového transformátoru proudu je 1200/1A.

Převod přístrojového transformátoru napětí je 66kV/110V.

3.2.2 parametry kabelu v rozvodně B

Na tento kabel navazuje v další rozvodně kabel, jehož parametry jsou:

Délka – 4,576km

Průřez – 300mm²

Typ – FX(CB)L1x300 mm², ABB

R'1 = 0,114 ohm/km, X'1 = 0,116 Ω /km

R'0 = 0,181 ohm/km, X'0 = 0,093 Ω /km

Maximální povolený proud pro kabel je 350A (40MVA).

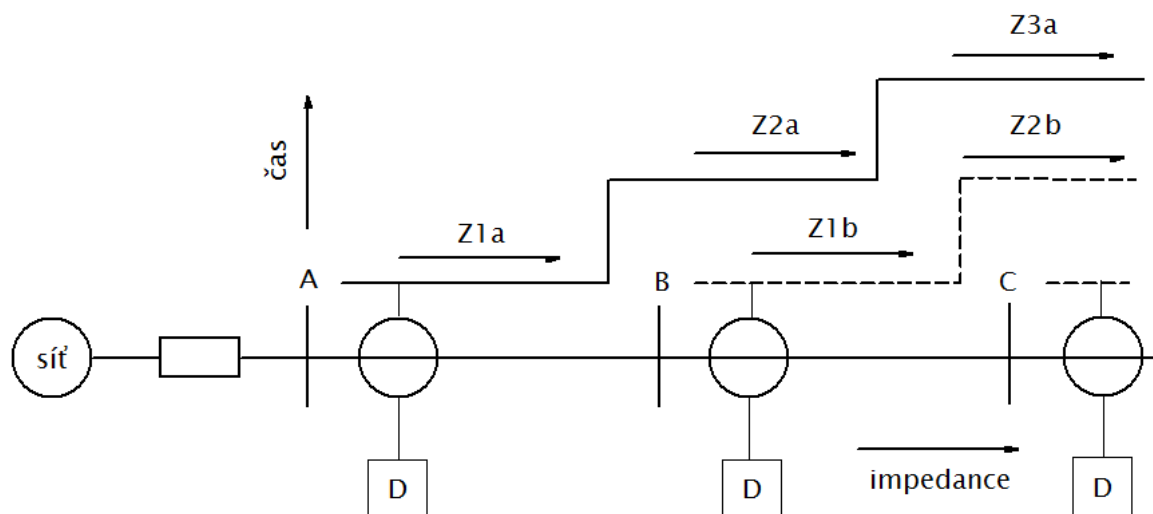
Převod přístrojového transformátoru proudu je 1200/1A.

Převod přístrojového transformátoru napětí je 66kV/110V.

3.3 Tvorba impedančně časové charakteristiky

3.3.1 Časová charakteristika nastavení ochran v rozvodně A a B

Jednotlivé stupně ochrany v rozvodně A jsou časově zpožděny a to tak, aby byla zajištěna selektivita s ochranou v rozvodně B viz obr.5.



Obr.5 - Časová charakteristika nastavení ochran

3.3.2 Výpočet

Při zkratu na homogenním vedení jsou indukční reaktance X a odpor R úměrný délce l vedení.

Pro výpočet X a R použijeme následující vzorce, které doplníme ze zadání:

$$X = X' \times l [\Omega, \Omega / km, km] \quad (3.1)$$

$$R = R' \times l [\Omega, \Omega / km, km] \quad (3.2)$$

Výpočet pro rozvodnu A

$$R1 = 0,0166 \times 5.129 = 0.085 [\Omega]$$

$$X1 = 0.165 \times 5.129 = 0.846 [\Omega]$$

$$R0 = 0.09510 \times 5.129 = 0,488 [\Omega]$$

$$X0 = 0.05643 \times 5.129 = 0.289 [\Omega]$$

Výpočet pro rozvodnu B

$$R1 = 0.114 \times 4.576 = 0.522 [\Omega]$$

$$X1 = 0.116 \times 4.576 = 0.531 [\Omega]$$

$$R0 = 0.181 \times 4.576 = 0.828 [\Omega]$$

$$X0 = 0.093 \times 4.576 = 0.426 [\Omega]$$

Vzhledem k tomu, že výpočty pro hlavní ochranu (ochrana v rozvodně A) navazují na výpočty ochrany v rozvodně B, začneme s výpočty pro ochranu B.

Výpočet pro rozvodnu B

Souslednou impedanci celkového vedení mezi B a C (obr.5) vypočteme dle vztahu:

$$Z_{1b} = \sqrt{R^2 + jX^2} [\Omega] \quad (3.3)$$

$$Z_{1b} = \sqrt{0.522^2 + 0.531^2} = 0.744 [\Omega]$$

První, základní stupeň charakteristiky se nastavuje na 80 - 90% celkové délky vedení. V našem případě použijeme průměrnou hodnotu dosahu na 85% délky vedení. Matematicky vyjádřeno:

$$\bar{Z}_{1b1} = 0.85 \times \bar{Z}_{1b} [\Omega] \quad (3.3)$$

$$\bar{Z}_{1b1} = 0.85 \times (0.522 + j0.531) = 0.444 + j0.451 [\Omega]$$

Druhý stupeň by měl být nastaven z hlediska zachování selektivity tak, aby byl zaručen cca 20% přesah rozvodny.

$$\bar{Z}_{1b2} = 1,2 \times \bar{Z}_{1b} [\Omega] \quad (3.4)$$

$$\hat{Z}_{1b2} = 1.2 \times (0.522 + j0.531) = 0.626 + j0.637 [\Omega]$$

Výpočet pro rozvodnu A

Souslednou impedanci celkového vedení mezi A a B (obr.5) vypočteme dle vztahu:

$$Z_{1a} = \sqrt{R^2 + jX^2} [\Omega] \quad (3.5)$$

$$Z_{1a} = \sqrt{0.085^2 + j0.846^2} = 0.850 [\Omega]$$

Výpočet prvního stupně pro ochranu A se řídí stejnými pravidly jako u ochrany B.

$$\bar{Z}_{1a1} = 0.85 \times \bar{Z}_{1a} [\Omega] \quad (3.6)$$

$$\bar{Z}_{1a1} = 0.85 \times (0.085 + j0.846) = 0.07 + j0.72 [\Omega]$$

Druhý stupeň by měl být nastaven tak, aby byl zaručen odstup od zóny Z1b, v našem případě o cca 15 %. Matematicky vyjádřeno:

$$\bar{Z}_{1a2} = 0,85 \times (\bar{Z}_a + \bar{Z}_{1b1}) [\Omega] \quad (3.7)$$

$$\bar{Z}_{1a2} = 0,85 \times [(0.085 + 0.444) + j(0.846 + 0.451)] = 0.45 + j1.10 [\Omega]$$

$$Z_{1a2} = \sqrt{R^2 + X^2} [\Omega]$$

$$Z_{1a2} = \sqrt{0.450^2 + 1.103^2} = 1.191 [\Omega]$$

Třetí stupeň by měl být nastaven tak, aby byl zaručen odstup od zóny Z2b, v našem případě o cca 15 %. Matematicky vyjádřeno:

$$\bar{Z}_1 a3 = 0,85 \times (\bar{Z}_1 a + \bar{Z}_1 b2) [\Omega] \quad (3.8)$$

$$\bar{Z}_1 a3 = 0,85 \times [(0.085 + 0.626) + j(0.846 + 0.637)] = 0.60 + j1.26 [\Omega]$$

Provedeme kontrolu, zda přesah Z zóny přes chráněné vedení je alespoň 15%.

$$\frac{\hat{Z}_1 a2}{\hat{Z}_1 a} = \frac{1.191}{0.850} \times 100 = 140 [\%]$$

Přesah je 140%, to znamená, že Z vyhovuje.

Podle stejných vzorců, pouze dosazením nulových složek, spočítáme nulovou (netočivou) impedanci.

Opět začneme výpočtem pro ochranu B.

Výpočet pro ochranu B

$$\bar{Z}_0 b = \sqrt{R_0^2 + jX_0^2} [\Omega] \quad (3.9)$$

$$\bar{Z}_0 b = \sqrt{0.828^2 + j0.426^2} = 0.931 [\Omega]$$

$$\bar{Z}_0 b1 = 0.85 \times \bar{Z}_0 b [\Omega] \quad (3.10)$$

$$\bar{Z}_0 b1 = 0.85 \times (0.828 + j0.426) = 0.704 + j0.362 [\Omega]$$

$$\bar{Z}_0 b2 = 1,2 \times \bar{Z}_0 b [\Omega] \quad (3.11)$$

$$\bar{Z}_0 b2 = 1.2 \times (0.828 + j0.426) = 0.994 + j0.511 [\Omega]$$

Výpočet pro ochranu A

$$Z_0 a = \sqrt{R_0^2 + jX_0^2} [\Omega] \quad (3.12)$$

$$Z_0 a = \sqrt{0.488^2 + j0.289^2} = 0.567 [\Omega]$$

$$\bar{Z}_0 a1 = 0.85 \times \bar{Z}_0 a [\Omega] \quad (3.13)$$

$$\bar{Z}_0 a1 = 0.85 \times (0.488 + j0.289) = 0.41 + j0.25 [\Omega]$$

$$\bar{Z}_0 a2 = 0,85 \times (\hat{Z}_0 a + \hat{Z}_0 b1) [\Omega] \quad (3.14)$$

$$\bar{Z}_0 a2 = 0,85 \times [(0.488 + 0.704) + j(0.289 + 0.362)] = 1.01 + j0.78 [\Omega]$$

$$Z_0 a2 = \sqrt{R_0^2 + X_0^2} [\Omega]$$

$$Z_0 a2 = \sqrt{1.013^2 + 0.782^2} = 1.280 [\Omega]$$

$$\bar{Z}_0 a3 = 0,85 \times (\bar{Z}_0 a + \bar{Z}_0 b2) [\Omega] \quad (3.15)$$

$$\hat{Z}_0 a3 = 0,85 \times [(0.488 + 0.944) + j(0.289 + 0.511)] = 1.22 + j0.68 [\Omega]$$

Kontrola podmínek:

$$\frac{\hat{Z}_0 a2}{\hat{Z}_0 a} = \frac{1.280}{0.567} \times 100 = 226 [\%]$$

Přesah je 226%, Z tedy vyhovuje.

Těmito výpočty jsme pro každou zónu určili hodnotu R1, X1 a R0, X0. Protože do ochrany REL670 se zadávají parametry v primárních hodnotách, mohou být hodnoty z výpočtu použity přímo pro nastavení ochrany.

Výpočet RFPP a RFPE:

Dalšími parametry, které se vypočítávají, jsou odporové dosahy pro mezifázové RFPP a pro jednofázové RFPE poruchy viz.tab.č.1.

Minimální očekávaný odpor zátěže se vypočítá dle vzorce:

$$R_{load \min} = 0.8 \times \frac{U_r}{\sqrt{3} \times 2 \times I_{line \max}} \times \frac{1}{\sqrt{2}} [\Omega] \quad (3.16)$$

Kde

$R_{load \min}$ minimální očekávaný odpor zátěže

U_r jmenovité napětí

$I_{line \max}$ maximální proud linky

0,8 bezpečnostní faktor pro nepřekročení 80% impedance FL

2 bezpečnostní faktor pro případ krátkodobého přetížení

$$R_{load\ min} = 0.8 \times \frac{66 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 2 \times 1050} = 10,26[\Omega]$$

Hodnota $R_{load\ min}$ je určena pro výkroj zátěže ve fázovém selektoru (parametry RLdFw a RLdRv). Výkroj zátěže ořízne impedanční charakteristiky v té části, ve které se může vyskytovat provozní impedance zátěže včetně možného přetížení. Nastavení odporového dosahu umožní rezervu pro odpory poruchy, které se objeví jako další dodatečná rezistance smyčky vedle vlastního odporu vodičů. Odpor poruchy obsahuje např. odpor oblouku, odpory uzemnění apod. Nastavení charakteristik musí brát tyto vlivy v úvahu. Důležitým faktem je, že v ochranách REL670 se odpor poruchy udává na smyčku [Ω /smyčka], zatímco nastavení reaktancí je udáván na fázi [Ω /fáze].

Odpor poruchy pro mezifázové a pro zemní smyčky musí splnit následující podmínku:

$$R_{Faultphph} \leq 0.8R_{load\ min} \quad (3.17)$$

V našem případě:

$$R_{Faultphph} \leq 0.8 \times 10.26 = 8.208\Omega$$

Hodnota odporu poruchy pro zóny se počítá s vyšším bezpečnostním faktorem 0,73. Tato hodnota je vzata pro parametry RFPP a RFPE pro všechny zóny.

$$R_{Fault} = 0.73 \times R_{Faultphph} \text{ [}\Omega\text{/smyčka]} \quad (3.18)$$

$$R_{Fault} = 0.73 \times 8,208 = 6 \text{ [}\Omega\text{/smyčka]}$$

Fázový selektor

V současné době hraje významnou roli schopnost systému chránění přesně klasifikovat a rozlišit různé druhy poruch a na tomto základě používat, u vzdušných vedení, jednofázové vypínání s následným OZ (opětovné zapnutí). V distanční ochraně je funkce výběru fáze navržena tak, aby vybrala správnou poruchovou smyčku. Tvar charakteristiky je vybrán tak, aby bezpečně překrýval oblast třetí zóny. Rozsah reaktance musí být vybrán tak, aby pokryl třífázový zkrat ve všech zónách.

Pro výpočet parametrů, které zadáváme do nastavení ochrany, použijeme vzorce:

$$RLdFw = RLdRv = R_{Load\ min} \text{ [}\Omega\text{]} \quad (3.19)$$

$$RFFwPP = RFRvPP = RFFwPE = RFvPE = R_{Faultphph} \text{ [}\Omega\text{]} \quad (3.20)$$

$$X_1 = 2 \times X_{\bar{z}_{1a3}} \text{ [}\Omega\text{]} \quad (3.21)$$

$$X_1 = 2 \times 1.260 = 2.52 \text{ [}\Omega\text{]}$$

$$X_0 = 2 \times X_{\dot{z}_{0a3}} = [\Omega] \quad (3.22)$$

$$X_0 = 2 \times 0.680 = 1.36[\Omega]$$

$ArgLd = 30deg$ (Tato hodnota se dosazuje bez výpočtu a volí se jako hodnota nejhoršího účinníku.)

Kde:

$RLdFw$ odpor zátěže ve směru

$RLdRv$ odpor zátěže v protisměru

$RFFwPP$ odpor poruchy fáz. selektoru ve směru pro mezifázové poruchy

$RFRvPP$ odpor poruchy fáz. selektoru v protisměru pro mezifázové poruchy

$RFFwPE$ odpor poruchy fáz. selektoru ve směru pro zemní poruchy

$RFRvPE$ odpor poruchy fáz. selektoru v protisměru pro zemní poruchy

$$RLdFw = RLdRv = 10.26[\Omega]$$

$$RFFwPP = RFRvPP = RFFwPE = RFRvPE = 8.208[\Omega]$$

Tato hodnota je použita pro nastavení parametrů fázového selektoru RFFx.

Lokátor poruch

Pro výpočet vzdálenosti poruch se používá pouze napětí a proud z lokálního konce linky. Nezhledňuje se proud zátěže.

Pro výpočet parametru R1A (impedance napájecí sítě na lokální straně) použijeme vzorec:

$$R1A = \frac{Ur^2}{S_{Base}} \cdot ra \quad (3.21)$$

$$R1A = \frac{66^2}{100} \cdot 0,00370 = 0.161\Omega$$

Pro výpočet parametru X1A použijeme vzorec:

$$X1A = \frac{Ur^2}{S_{Base}} \cdot xa \quad (3.22)$$

$$X1A = \frac{66^2}{100} \cdot 0,0552 = 2.404\Omega$$

Protože vedení jsou napájena pouze z lokální strany, pro parametry R1B a X1B (impedance sítě protější strany) použijeme maximální nastavení, které je rovno hodnotě 1500 Ω .

3.3.3 Shrnutí vypočtených hodnot

Po dosazení vypočtených parametrů dostaneme následující nastavení ochrany.

Nastavení jednotlivých zón je uvedeno v tabulce č.2.

Tab. 2 – Nastavení jednotlivých zón

Parameter	Nastavení Zóny 1	Nastavení Zóny 2	Nastavení Zóny 3	Jednotky
X1	0.72	1.10	1.26	Ohm
R1	0.07	0.45	0.60	Ohm
X0	0.25	0.78	0.68	Ohm
R0	0.41	1.01	1.22	Ohm
RFPP	6	6	6	Ohm
RFPE	6	6	6	Ohm
t	0	0.4	0.8	s
OperationDir	Forward	Forward	Forward	

Nastavení fázového selektoru je uvedeno v tabulce č.3.

Tab.3 – Nastavení funkce fázového selektoru

Parametr	Nastavení	Jednotky
X1	2,52	Ohm
X0	1.36	Ohm
RFFwPP	8.208	Ohm
RFRvPP	8.208	Ohm
RFFwPE	8.208	Ohm
RFRvPE	8.208	Ohm
RLdFw	10.26	Ohm
RLdRv	10.26	Ohm
ArgLd	30	Deg

Nastavení lokátoru poruch je uvedeno v tabulce č.4.

Tab. 4 – Nastavení lokátoru poruch

Parametr	Nastavení Zóny 1	Jednotky
length	5.129	km
X1	0.846	Ohm
R1	0.085	Ohm
X0	0.289	Ohm
R0	0.488	Ohm
R1A	0.161	Ohm
X1A	2,404	Ohm
R1B	1500	Ohm
X1B	1500	Ohm

4. Měření vypínací charakteristiky

4.1 Postup

4.1.1 Nastavení parametrů

nastavení parametrů provedeme pomocí softwaru PCM600 verze 2.6 . Propojení mezi počítačem a ochranou je vidět na obr.6.



Obr.6 - Propojení počítače a IED.

1 – komunikační port s konektorem RJ45

2- ethernetový kabel s RJ45 konektory

(zdroj: manuál ABB, 1MRK506314-UEN, strana 45)

„PCM 600 je univerzální souborový a konfigurační program sloužící pro všechny přístroje řady Relion. Program PCM 600 poskytuje univerzální funkce pro celý životní cyklus všech Relion přístrojů a terminálů všech napěťových úrovní. Komunikace s jednotlivými typy přístrojů je řešena pomocí konceptu ABB Connectivity Packages. Tyto balíčky obsahují úplný popis IED, který se skládá z datového modelu, datových signálů a parametrů včetně dokumentace IED.“ (zdroj: Peterka, strana 45-46)

4.1.2 Konfigurace ochrany

Pomocí softwaru PCM 600 provedeme konfiguraci ochrany a nastavíme logiku. Na obrázku č.7 je ukázána logika měření.

VOLTAGE CIRCUITS LINE VT CIRCUIT "A" FOR DISTANCE PROTECTION AND FUSE FAIL



Note! If UN is not connected with SMT the residual voltage is calculated and used.

VOLTAGE CIRCUITS LINE VT CIRCUIT "B" FOR MEASURE



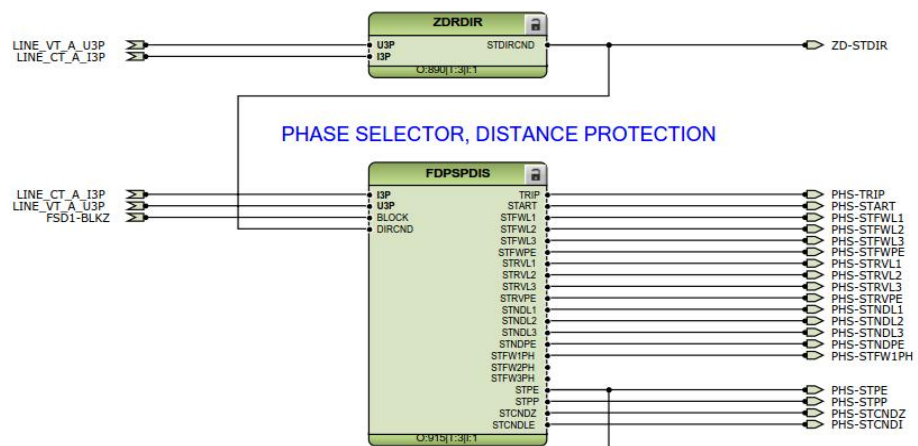
Note! If UN is not connected with SMT the residual voltage is calculated and used.

Obr.7 - Logika měření

Bloky SMAI mají vlastní nastavení v settingu ochrany.

Logika fázového selektoru je ukázána na obrázku č.8.

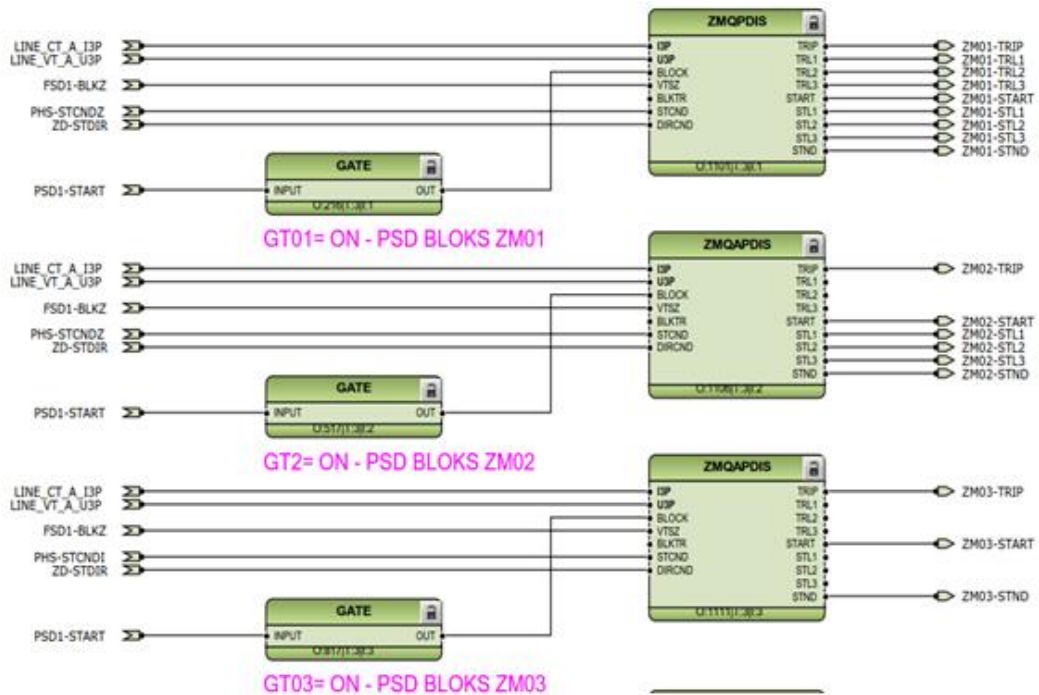
DIRECTIONAL MEASUREMENT FOR DISTANCE PROTECTION



Obr 8. - Logika fázového selektoru a směrového článku

Logika distanční ochrany je ukázána na obrázku č.9.

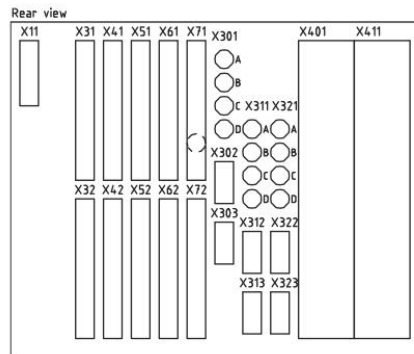
LINE DISTANCE PROTECTION, 3 ZONES



Obr 9.- Logika distanční ochrany

4.1.3 Zapojení

Pomocí manuálu k REL 670 určíme potřebné svorky, které použijeme k vlastnímu měření (obr 10).



Module	Rear Positions
PSM	X11
BIM, BOM, SOM, IOM or MIM	X31 and X32 etc. to X71 and X72
SLM	X301:A, B, C, D
LDCM, IRIG-B or RS485	X302
LDCM or RS485	X303
OEM	X311:A, B, C, D
LDCM, RS485 or GTM	X312, X313, X322, X323
TRM 1	X401
TRM 2	X411

Obr10 - Pohled na zadní panel ochrany včetně popisu svorek (zdroj: manuál ABB, 1MRK506314, strana 46)

Pro vyměření distanční charakteristiky potřebujeme zapojit proud, napětí a vypínací signály. Analogové vstupy pro fázi L1, L2, L3 připojím na kartu analogových vstupů X401. Vypínací signál je připojen na kartu binárních výstupů X41.

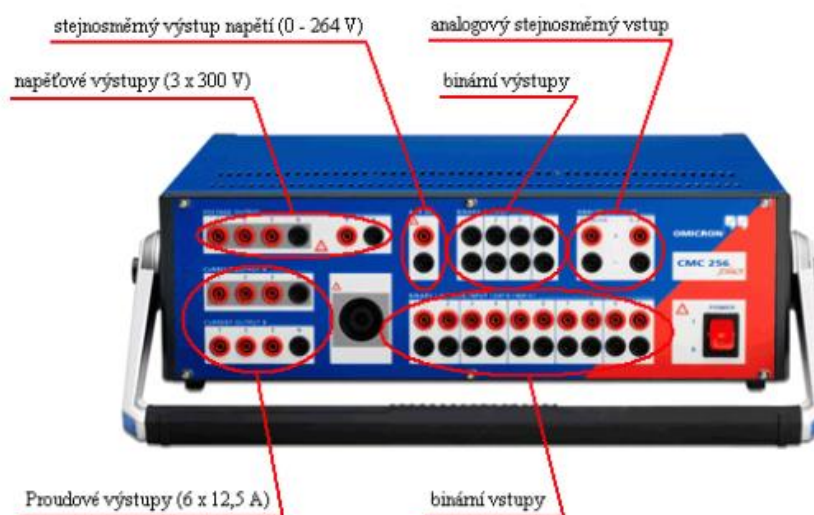
4.1.4 Připojení testovacího zařízení

Jako testovací zařízení použijí OMICRON CMC 256Plus. Toto zařízení je určeno pro testování ochrany, elektroměrů a měničů. OMICRON umožňuje simulovat proudy a napětí, a tím ověřit funkci ochrany. Jeho binární vstupy umožňují přijímat signál vypnutí, a proto je možné měřit vypínací čas jednotlivých zón.

OMICRON CMC 256plus má k dispozici

- 4 x napětí (fázové 0 ... 300 V);
- dva galvanicky oddělené proudové obvody (2x3x12,5 A);
- napájení zkoušeného objektu stejnosměrným napětím;
- výstup a vstup binárních signálů.

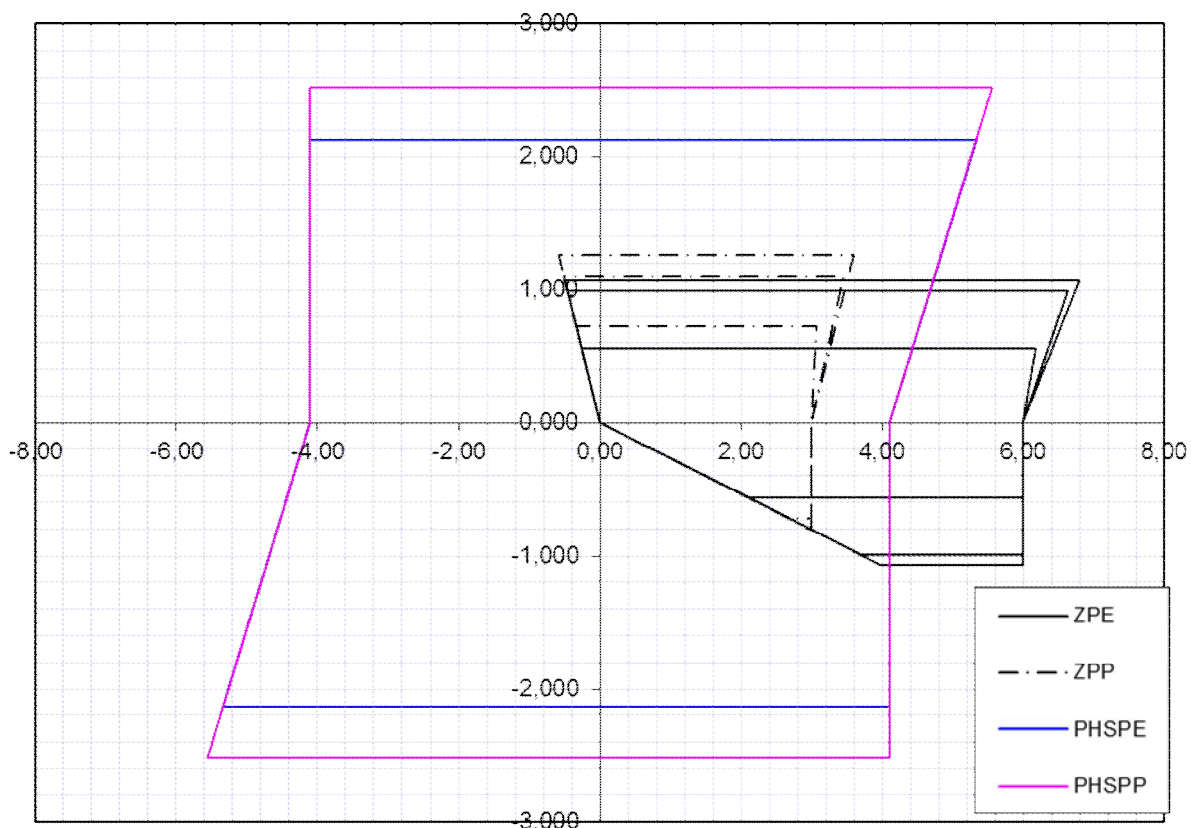
„OMICRON CMC 265plus je součástí zkušebního systému, který se vedle zkušebního přístroje samotného skládá z PC a programu OMICRON Test Universe“ (obr. 11).(zdroj: Holub, strana 37)



Obr.11 - Sekundární tester OMICRON 256plus
(zdroj: Holub, strana 37)

4.1.5 Vyměření charakteristik

Po dosazení vypočítaných hodnot dostaneme vypínací charakteristiky jednotlivých zón viz obr.12.



Obr.12 - Vymezení zón včetně výběru fáze.
K vizualizaci jsem použil nástroj ABB - ACALC_670_020.xls

4.2 Vlastní měření

Zapojím všechny potřebné svorky, nahraji konfiguraci do IED a připojím testovací zařízení. Měřením analogových vstupů ověřím nejen správnost nastavení převodů PTN a PTP, ale i správnost zapojení. Dále pak přikročím k vlastnímu vyměření charakteristik. K tomuto účelu je v softwaru Test Universe vytvořen program Advanced Distance. Tento program umožňuje jednoduše vyměřit vypínací charakteristiky distančních ochran a následně o tomto měření získat protokol, který je v příloze č.1.

Pro účely měření jsem měl k dispozici Omicron CMC 256Plus. Dále pak REL670 s touto konfigurací

Ochrana: REL670
Serial No: T0642020
Order no: 1MRK004812-DC
FirmwareVer: 1.5.0.28

Tabulka osazení ochrany kartami:

Tab.5 – Osazení ochrany REL670 kartami

Pozice	Modul	Jmenovité hodnoty	Objednací číslo
p1 X11	PSM	220Vss	1MRK002239-BBr00
p3 X31, 32	BIM	220V	1MRK000508-CBr00
p4 X41, 42	BOM	250V	1MRK000614-ABr00
p30/p1	SLM		1MRK001608-CAr02
p31	ADM		1MRK002133-ABr02
p31/p1	OEM		1MRK002266-AAr00
p40 X401	TRM – 6I + 6U	1A, 100V	1MRK002247-AGr00

4.3 Zhodnocení měření

Prováděl jsem měření vypínací charakteristiky. Měření dokázalo, že ochrana vyměřuje tak jak je nastavena. Na začátku měření ochrana nepůsobila na jednofázové poruchy. Tím jsem odhalil chybu zapojení In. Po přepojení již bylo vše v pořádku. U skutečné ochrany se vyměřují všechny poruchové smyčky. Pro účely této práce bylo však dostačující vyměření pouze základních typů poruch, tj. 1f, 2f, 3f.

5. Závěr

Cílem této práce bylo seznámit nás s problematikou distančních ochran. V první, teoretické části, jsem se zabýval poruchovými stavy v soustavě. Popsal jsem druhy ochran, nastínil historii vývoje těchto ochran a porovnal jejich výhody a nevýhody. Ve druhé, praktické části jsem provedl základní výpočet parametrů pro nastavení distanční ochrany REL670 firmy ABB a měření vypínací charakteristiky této ochrany. Vypočtené nastavení je možno použít i v praxi a odzkoušená ochrana by mohla být uvedena do reálného provozu.

6. Použitá literatura

Literatura:

1. DOHNÁLEK, Petr. *Provoz a údržba ochran v energetice*. Praha: SNTL, 1989
2. GRYM, Rudolf; HOCHMAN, Petr; BERMAN Jiří et al.. *Chránění II – Elektrická zařízení vysokého napětí, chránění zařízení v průmyslu*. Havířov: Iris, 2004. ISBN 80-903540-0-9.
3. GRYM, Rudolf; HOCHMAN, Petr; BERMAN Jiří et al.. *Chránění III – Elektrická zařízení vysokého napětí*. Havířov: Iris, 2005. ISBN 80-903540-5-X.
4. HOROWITZ, Stanley H.; PHADKE, Arun G.. *Power system relaying*. Exeter: Research studies ,
5. KUBÍN, Miroslav. *Proměny české energetiky*. Praha: OMIKRON, 2009
6. PROCHÁZKA, Martin, *Distanční ochrana, principy a použití: diplomová práce*. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2003

Internetové zdroje:

7. HOLUB, Martin, *Testování distanční ochrany: bakalářská práce*. Brno: VUT v Brně, 2012.
Dostupný z WWW:
http://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=17967
8. PETERKA, Milan, *Chránění transformátoru ve vlastní spotřebě JE: diplomová práce*. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2013. Dostupný z WWW:
<https://otik.uk.zcu.cz/handle/11025/10065>

Firemní literatura:

9. ABB s.r.o., *Technický referenční manuál REL 521*2.3*, 1MRK 506 069-UCZ, květen 2010
10. ABB s.r.o., *Line distance protection REL670, Installation and commissioning manual*, 1MRK 506 314-UEN, MAY 2010
11. ABB s.r.o., *Distanční ochrana REL670, Volně konfigurovatelná verze*, 1MRK 506 316-BCZ C, 2012
12. ABB s.r.o., *IED pro distanční vedení REL 670, Popis a technická data*, 1MRK 506 237-BCZ, únor 2006
13. ABB s.r.o., *Line distance protection REL670, Application manual*, 1MRK 506 315-UEN, 2011
14. ABB s.r.o., *protect Line distance protection terminal, REL 511*2.5*, 1MRK 506 164-BEN, october 2003

ZKUŠEBNÍ PROTOKOL

REL670

Trutnov

Převod PTP: 1200/ 1 A

Převod PTN: 66/0,11 kV

Rozváděč

Ochrana: **REL670**

Serial No: T0642020

Order no: 1MRK004812-DC

FirmwareVer: 1.5.0.28

Tabulka osazení ochrany kartama:

Pozice	Modul	Jmenovité hodnoty	Objednací číslo
p1 X11	PSM	220Vss	1MRK002239-BBr00
p3 X31, 32	BIM	220V	1MRK000508-CBr00
p4 X41, 42	BOM	250V	1MRK000614-ABr00
p30/p1	SLM		1MRK001608-CAr02
p31	ADM		1MRK002133-ABr02
p31/p1	OEM		1MRK002266-AAr00
p40 X401	TRM – 6I + 6U	1A, 100V	1MRK002247-AGr00

4. Sekundární zkoušky

Přístroje použité při zkouškách:

Označení	Typ	Inventární č.	Poznámka
Tester	Omicron CM 256	GF8820	
Počítač	Lenovo ThinkPad T420	502513	

Měření analogových vstupů

Svorky Ochrany	Analog. Vstup	Měniče	Převod	Injektov. hodnota [I] [U]	Naměřená hodnota [I] [U]
X401/ 1, 2	AI.01	TA3/L1	1200/1 A	1,0 A	1202.32
X401/ 3, 4	AI.02	TA3/L2	1200/1 A	1,0 A	1228,14
X401/ 5, 6	AI.03	TA3/L3	1000/1 A	1,0 A	1227,74
X401/ 13, 14	AI.07	TV1/L1	66/0,11 kV	63,51 V	38,11
X401/ 15, 16	AI.08	TV1/L2	66/0,11 kV	63,51 V	38,10
X401/ 17, 18	AI.09	TV1/L3	66/0,11 kV	63,51 V	38,10

AdvDistance1.adt:

Test Object - Device Settings

Substation/Bay:

Substation: DEMO Substation address:
Bay: Bay address:

Device:

Name/description: Distanční ochrana Manufacturer: ABB s.r.o
Device type: REL670 Device address:
Serial/model number:
Additional info 1:
Additional info 2:

Nominal Values:

f nom: 50,00 Hz Number of phases: 3
V nom (secondary): 110,0 V V primary: 66,00 kV
I nom (secondary): 1,000 A I primary: 1,200 kA

Test Object - Distance Settings

System parameters:

Line length: 1,000 Ω Line angle: 75,00 °
PT connection: at line CT starpoint: Dir. busbar
Impedance correction 1A/Ino
nom:
Impedances in primaryyes
values:

Tolerances:

Tol. T rel.: 5,000 %
Tol. T abs. +: 50,00 ms Tol. T abs. -: 50,00 ms
Tol. Z rel.: 5,000 % Tol. Z abs.: 200,0 m Ω

Grounding factor:

kL mag.: 0,000000 kL angle: 0,000000°
Separate arc resistance: no

Zone Settings:

Label	Type	Fault loop	Trip time	Tol.T rel	Tol.T abs+	Tol.T abs-	Tol.Z rel.	Tol.Z abs
ZM1LN	Tripping	L-E	0,000 s	5,000 %	50,00 ms	50,00 ms	5,000 %	200,0 m Ω
ZM1LL	Tripping	L-L	0,000 s	5,000 %	50,00 ms	50,00 ms	5,000 %	200,0 m Ω
ZM1LLL	Tripping	L1-L2-L3	0,000 s	5,000 %	50,00 ms	50,00 ms	5,000 %	200,0 m Ω
ZM2LN	Tripping	L-E	400,0 ms	5,000 %	50,00 ms	50,00 ms	5,000 %	200,0 m Ω
ZM2LL	Tripping	L-L	400,0 ms	5,000 %	50,00 ms	50,00 ms	5,000 %	200,0 m Ω
ZM2LLL	Tripping	L1-L2-L3	400,0 ms	5,000 %	50,00 ms	50,00 ms	5,000 %	200,0 m Ω
ZM3LN	Tripping	L-E	800,0 ms	5,000 %	50,00 ms	50,00 ms	5,000 %	200,0 m Ω
ZM3LL	Tripping	L-L	800,0 ms	5,000 %	50,00 ms	50,00 ms	5,000 %	200,0 m Ω
ZM3LLL	Tripping	L1-L2-L3	800,0 ms	5,000 %	50,00 ms	50,00 ms	5,000 %	200,0 m Ω

Test Module

Name: OMICRON Advanced Distance Version: 3.00
Test Start: 23-4-2015 16:35:54 Test End: 23-4-2015 16:40:47
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: 2,000 s
 Postfault: 500,0 ms Time reference: fault inception

Other:

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

Test Results

Check Test: Fault Type L1-E

|Z|: 0,000 Ω Phi: 0,00 ° Angle: 85,00 ° Result: Passed
 Length: 6,148 Ω %: n/a % of:

Z	Phi	t nom	t act.	Dev.	ITest	Result
800,0 mΩ	85,00 °	0,000 s	35,80 ms	35,80 ms	2,000 A	Passed
1,533 Ω	85,00 °	400,0 ms	432,9 ms	8,225 %	2,000 A	Passed
1,593 Ω	85,00 °	400,0 ms	437,8 ms	9,45 %	2,000 A	Passed
1,740 Ω	85,00 °	400,0 ms	437,1 ms	9,275 %	2,000 A	Passed
2,068 Ω	85,00 °	800,0 ms	838,5 ms	4,812 %	2,000 A	Passed
2,396 Ω	85,00 °	no trip	no trip		2,000 A	Passed
2,543 Ω	85,00 °	no trip	no trip		2,000 A	Passed

|Z|: 7,656 Ω Phi: 50,00 ° Angle: -89,03 ° Result: Passed
 Length: 8,793 Ω %: n/a % of:

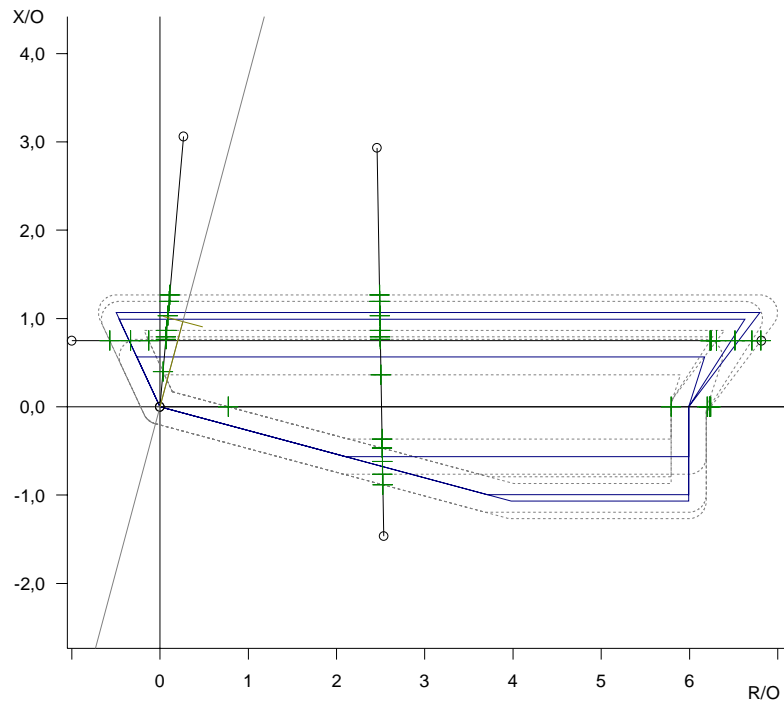
Z	Phi	t nom	t act.	Dev.	ITest	Result
5,585 Ω	26,98 °	no trip	no trip		2,000 A	Passed
5,522 Ω	25,61 °	no trip	no trip		2,000 A	Passed
5,394 Ω	22,45 °	800,0 ms	838,9 ms	4,862 %	2,000 A	Passed
5,283 Ω	19,15 °	400,0 ms	426,5 ms	6,625 %	2,000 A	Passed
5,239 Ω	17,63 °	400,0 ms	429,9 ms	7,475 %	2,000 A	Passed
5,222 Ω	17,00 °	400,0 ms	429,9 ms	7,475 %	2,000 A	Passed
5,060 Ω	8,26 °	0,000 s	27,60 ms	27,60 ms	2,000 A	Passed
5,084 Ω	-8,22 °	0,000 s	28,50 ms	28,50 ms	2,000 A	Passed
5,122 Ω	-10,52 °	0,000 s	39,40 ms	39,40 ms	2,000 A	Passed
5,191 Ω	-13,81 °	400,0 ms	429,2 ms	7,3 %	2,000 A	Passed
5,271 Ω	-16,83 °	no trip	no trip		2,000 A	Passed
5,350 Ω	-19,29 °	no trip	no trip		2,000 A	Passed

|Z|: 0,00 Ω Phi: 0,00 ° Angle: 0,00 ° Result: Passed
 Length: 15,63 Ω %: n/a % of:

Z	Phi	t nom	t act.	Dev.	Test	Result
1,546 Ω	0,00 °	0,000 s	27,50 ms	27,50 ms	2,000 A	Passed
11,58 Ω	0,00 °	0,000 s	35,10 ms	35,10 ms	2,000 A	Passed
12,40 Ω	0,00 °	no trip	no trip		2,000 A	Passed
12,46 Ω	0,00 °	no trip	no trip		2,000 A	Passed
12,48 Ω	0,00 °	no trip	no trip		2,000 A	Passed

|Z|: 2,500 Ω Phi: 143,13 ° Angle: 0,00 ° Result: Passed
 Length: 15,63 Ω %: n/a % of:

Z	Phi	t nom	t act.	Dev.	Test	Result
1,885 Ω	127,25 °	no trip	no trip		2,000 A	Passed
1,642 Ω	114,04 °	400,0 ms	435,0 ms	8,75 %	2,000 A	Passed
1,522 Ω	99,76 °	400,0 ms	434,6 ms	8,65 %	2,000 A	Passed
12,56 Ω	6,86 °	400,0 ms	433,4 ms	8,35 %	2,000 A	Passed
12,58 Ω	6,85 °	400,0 ms	432,1 ms	8,025 %	2,000 A	Passed
12,70 Ω	6,78 °	400,0 ms	432,7 ms	8,175 %	2,000 A	Passed
13,11 Ω	6,57 °	800,0 ms	832,7 ms	4,087 %	2,000 A	Passed
13,50 Ω	6,38 °	no trip	no trip		2,000 A	Passed
13,70 Ω	6,29 °	no trip	no trip		2,000 A	Passed



Check Test: Fault Type L1-L2

|Z|: 2,500 Ω Phi: 143,13 ° Angle: 0,00 ° Result: Passed
 Length: 15,63 Ω %: n/a % of:

Z	Phi	t nom	t act.	Dev.	I Test	Result
1,885 Ω	127,25 °	no trip	no trip		2,000 A	Passed
2,054 Ω	133,09 °	no trip	no trip		2,000 A	Passed
1,841 Ω	125,42 °	no trip	no trip		2,000 A	Passed
1,655 Ω	115,00 °	800,0 ms	432,5 ms	-45,94 %	2,000 A	Passed
1,500 Ω	89,85 °	400,0 ms	433,5 ms	8,375 %	2,000 A	Passed
1,522 Ω	99,76 °	400,0 ms	439,1 ms	9,775 %	2,000 A	Passed
6,351 Ω	13,66 °	400,0 ms	438,8 ms	9,7 %	2,000 A	Passed
6,438 Ω	13,47 °	400,0 ms	432,0 ms	8 %	2,000 A	Passed
6,696 Ω	12,95 °	400,0 ms	437,4 ms	9,35 %	2,000 A	Passed
6,821 Ω	12,70 °	800,0 ms	834,8 ms	4,35 %	2,000 A	Passed
7,194 Ω	12,03 °	no trip	no trip		2,000 A	Passed
7,303 Ω	11,85 °	no trip	no trip		2,000 A	Passed

|Z|: 0,000 Ω Phi: 0,00 ° Angle: 85,00 ° Result: Passed
 Length: 5,728 Ω %: n/a % of:

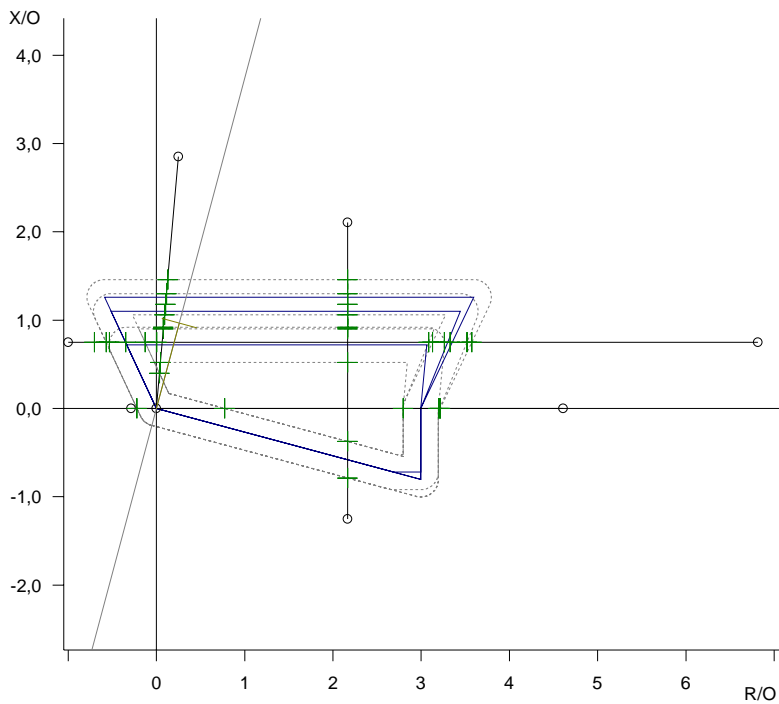
Z	Phi	t nom	t act.	Dev.	I Test	Result
800,0 mΩ	85,00 °	0,000 s	34,20 ms	34,20 ms	2,000 A	Passed
1,044 Ω	85,00 °	0,000 s	34,80 ms	34,80 ms	2,000 A	Passed
1,807 Ω	85,00 °	400,0 ms	434,5 ms	8,625 %	2,000 A	Passed
1,847 Ω	85,00 °	400,0 ms	437,9 ms	9,475 %	2,000 A	Passed
2,128 Ω	85,00 °	400,0 ms	437,5 ms	9,375 %	2,000 A	Passed
2,369 Ω	85,00 °	800,0 ms	835,2 ms	4,4 %	2,000 A	Passed
2,610 Ω	85,00 °	no trip	no trip		2,000 A	Passed
2,931 Ω	85,00 °	no trip	no trip		2,000 A	Passed

|Z|: 573,0 mΩ Phi: 180,00 ° Angle: 0,00 ° Result: Passed
 Length: 9,787 Ω %: n/a % of:

Z	Phi	t nom	t act.	Dev.	I Test	Result
441,4 mΩ	180,00 °	no trip	no trip		2,000 A	Passed
1,546 Ω	0,00 °	0,000 s	33,40 ms	33,40 ms	2,000 A	Passed
5,590 Ω	0,00 °	0,000 s	32,40 ms	32,40 ms	2,000 A	Passed
6,392 Ω	0,00 °	no trip	no trip		2,000 A	Passed
6,422 Ω	0,00 °	no trip	no trip		2,000 A	Passed
6,433 Ω	0,00 °	no trip	no trip		2,000 A	Passed

|Z|: 5,000 Ω Phi: -30,00 ° Angle: 90,00 ° Result: Passed
 Length: 6,714 Ω %: n/a % of:

Z	Phi	t nom	t act.	Dev.	I Test	Result
4,607 Ω	-19,98 °	no trip	no trip		2,000 A	Passed
4,394 Ω	-9,78 °	0,000 s	33,80 ms	33,80 ms	2,000 A	Passed
4,453 Ω	13,51 °	0,000 s	30,70 ms	30,70 ms	2,000 A	Passed
4,689 Ω	22,57 °	400,0 ms	430,3 ms	7,575 %	2,000 A	Passed
4,705 Ω	23,02 °	400,0 ms	435,9 ms	8,975 %	2,000 A	Passed
4,821 Ω	26,09 °	400,0 ms	437,8 ms	9,45 %	2,000 A	Passed
4,931 Ω	28,59 °	800,0 ms	835,8 ms	4,475 %	2,000 A	Passed
5,051 Ω	30,98 °	no trip	no trip		2,000 A	Passed
5,223 Ω	33,99 °	no trip	no trip		2,000 A	Passed



Check Test: Fault Type L1-L2-L3

|Z|: 2,500 Ω Phi: 143,13 ° Angle: 0,00 ° Result: Passed
 Length: 15,63 Ω %: n/a % of:

Z	Phi	t nom	t act.	Dev.	I Test	Result
1,885 Ω	127,25 °	no trip	no trip		2,000 A	Passed
2,054 Ω	133,09 °	no trip	no trip		2,000 A	Passed
1,841 Ω	125,42 °	no trip	no trip		2,000 A	Passed
1,655 Ω	115,00 °	800,0 ms	434,0 ms	-45,75 %	2,000 A	Passed
1,500 Ω	89,85 °	400,0 ms	432,7 ms	8,175 %	2,000 A	Passed
1,522 Ω	99,76 °	400,0 ms	434,0 ms	8,5 %	2,000 A	Passed
6,351 Ω	13,66 °	400,0 ms	433,4 ms	8,35 %	2,000 A	Passed
6,438 Ω	13,47 °	400,0 ms	433,3 ms	8,325 %	2,000 A	Passed
6,696 Ω	12,95 °	400,0 ms	434,5 ms	8,625 %	2,000 A	Passed
6,821 Ω	12,70 °	800,0 ms	835,1 ms	4,387 %	2,000 A	Passed
7,194 Ω	12,03 °	no trip	no trip		2,000 A	Passed
7,303 Ω	11,85 °	no trip	no trip		2,000 A	Passed

|Z|: 0,000 Ω Phi: 0,00 ° Angle: 85,00 ° Result: Passed
 Length: 5,728 Ω %: n/a % of:

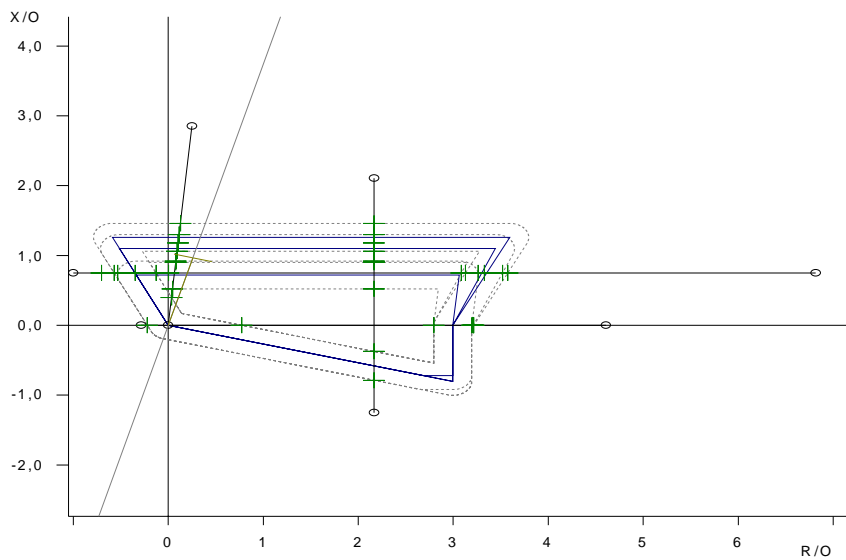
Z	Phi	t nom	t act.	Dev.	I Test	Result
800,0 mΩ	85,00 °	0,000 s	32,30 ms	32,30 ms	2,000 A	Passed
1,044 Ω	85,00 °	0,000 s	32,60 ms	32,60 ms	2,000 A	Passed
1,807 Ω	85,00 °	400,0 ms	433,4 ms	8,35 %	2,000 A	Passed
1,847 Ω	85,00 °	400,0 ms	434,1 ms	8,525 %	2,000 A	Passed
2,128 Ω	85,00 °	400,0 ms	435,7 ms	8,925 %	2,000 A	Passed
2,369 Ω	85,00 °	800,0 ms	833,0 ms	4,125 %	2,000 A	Passed
2,610 Ω	85,00 °	no trip	no trip		2,000 A	Passed
2,931 Ω	85,00 °	no trip	no trip		2,000 A	Passed

|Z|: 573,0 mΩ Phi: 180,00 ° Angle: 0,00 ° Result: Passed
 Length: 9,787 Ω %: n/a % of:

Z	Phi	t nom	t act.	Dev.	I Test	Result
441,4 mΩ	180,00 °	no trip	no trip		2,000 A	Passed
1,546 Ω	0,00 °	0,000 s	28,90 ms	28,90 ms	2,000 A	Passed
5,590 Ω	0,00 °	0,000 s	32,70 ms	32,70 ms	2,000 A	Passed
6,392 Ω	0,00 °	no trip	no trip		2,000 A	Passed
6,422 Ω	0,00 °	no trip	no trip		2,000 A	Passed
6,433 Ω	0,00 °	no trip	no trip		2,000 A	Passed

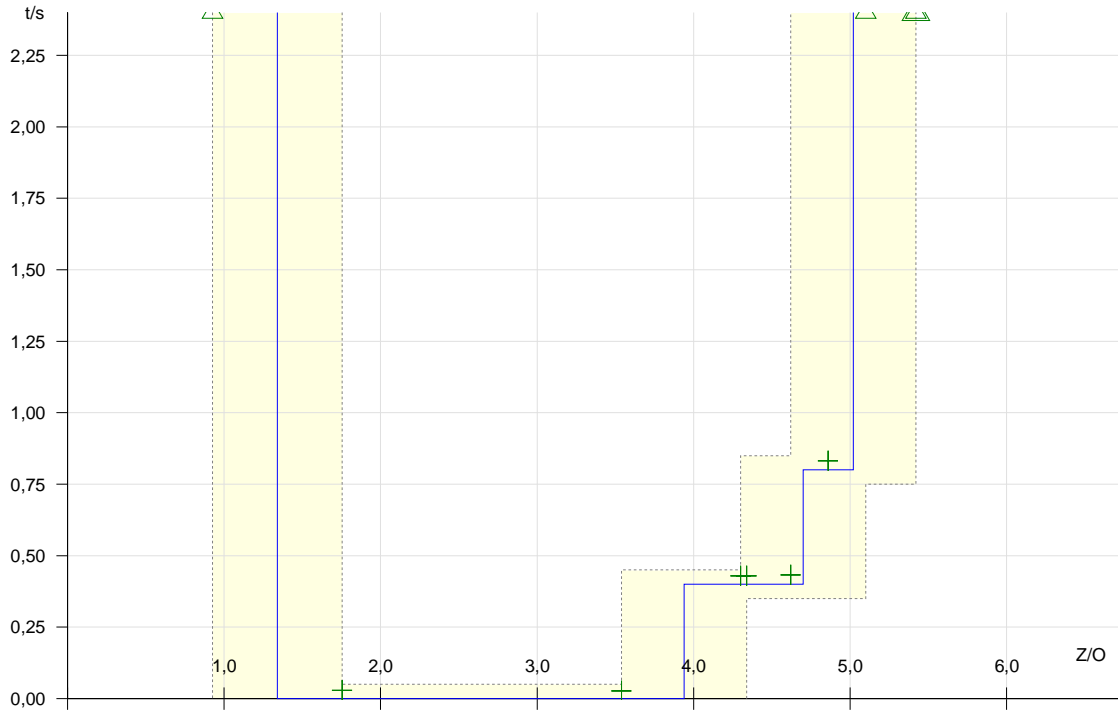
|Z|: 5,000 Ω Phi: -30,00 ° Angle: 90,00 ° Result: Passed
 Length: 6,714 Ω %: n/a % of:

Z	Phi	t nom	t act.	Dev.	I Test	Result
4,607 Ω	-19,98 °	no trip	no trip		2,000 A	Passed
4,394 Ω	-9,78 °	0,000 s	29,50 ms	29,50 ms	2,000 A	Passed
4,453 Ω	13,51 °	0,000 s	26,50 ms	26,50 ms	2,000 A	Passed
4,689 Ω	22,57 °	400,0 ms	429,8 ms	7,45 %	2,000 A	Passed
4,705 Ω	23,02 °	400,0 ms	429,4 ms	7,35 %	2,000 A	Passed
4,821 Ω	26,09 °	400,0 ms	432,9 ms	8,225 %	2,000 A	Passed
4,931 Ω	28,59 °	800,0 ms	831,6 ms	3,95 %	2,000 A	Passed
5,051 Ω	30,98 °	no trip	no trip		2,000 A	Passed
5,223 Ω	33,99 °	no trip	no trip		2,000 A	Passed



Check Test: Fault Type L1-L2-L3

|Z|: 5,000 Ω Phi: -30,00 ° Angle: 90,00 ° Result: Passed
Length: 6,714 Ω %: n/a % of:



Test State:
Test passed