

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

**OCHRANY VENKOVNÍCH VEDENÍ VN A JEJICH
KOORDINACE S AUTOMATIZOVANÝMI
ÚSEČNÍKY**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

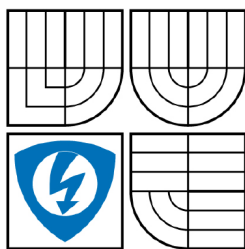
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. PETR ŠOUSTAL

BRNO 2009



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav elektroenergetiky

Diplomová práce

magisterský navazující studijní obor
Elektroenergetika

Student: Bc. Petr Šoustal
Ročník: 2

ID: 83047
Akademický rok: 2008/2009

NÁZEV TÉMATU:

Ochrany venkovních vedení vn a jejich koordinace s automatizovanými úsečníky

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Chránění venkovních vedení vn
2. Výpočet nastavení ochran ve vývodech venkovního vedení vn
3. Omezení nasazování automatizovaných úsečnicků plynoucí z koordinace ochran
4. Návrh chránění vedení při zahrnutí automatizovaných úsečnicků (recloserů, resp. inteligentních úsečnicků)

DOPORUČENÁ LITERATURA:

Podle pokynů vedoucího.

Termín zadání: 9.2.2009

Termín odevzdání: 25.5.2009

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

doc. Ing. Petr Toman, Ph.D.

Předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor diplomové práce nesmí při vytváření diplomové práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

LICENČNÍ SMLOUVA

POSKYTOVANÁ K VÝKONU PRÁVA UŽÍT ŠKOLNÍ DÍLO

uzavřená mezi smluvními stranami:

1. Pan

Jméno a příjmení: Petr Šoustal
Bytem: Zvole 144, 789 01 Zábřeh
Narozen/a (datum a místo): 25.4.1985 Zábřeh
(dále jen „autor“)

a

2. Vysoké učení technické v Brně

Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií,
se sídlem Údolní 244/53, 602 00 Brno,
jejímž jménem jedná na základě písemného pověření děkanem fakulty:
doc. Ing. Petr Toman, Ph.D.
(dále jen „nabyvatel“)

Čl. 1

Specifikace školního díla

1. Předmětem této smlouvy je vysokoškolská kvalifikační práce (VŠKP):

- disertační práce
 - diplomová práce
 - bakalářská práce
 - jiná práce, jejíž druh je specifikován jako
- (dále jen VŠKP nebo dílo)

Název VŠKP: Ochrany venkovních vedení vn a jejich koordinace s
automatizovanými úsečníky

Vedoucí/ školitel VŠKP: Ing. Jaroslava Orságová, Ph.D.

Ústav: Ústav elektroenergetiky

Datum obhajoby VŠKP:

VŠKP odevzdal autor nabyvateli v*:

- tištěné formě – počet exemplářů
- elektronické formě – počet exemplářů

* hodící se zaškrtněte

2. Autor prohlašuje, že vytvořil samostatnou vlastní tvůrčí činností dílo shora popsané a specifikované. Autor dále prohlašuje, že při zpracovávání díla se sám nedostal do rozporu s autorským zákonem a předpisy souvisejícími a že je dílo dílem původním.
3. Dílo je chráněno jako dílo dle autorského zákona v platném znění.
4. Autor potvrzuje, že listinná a elektronická verze díla je identická.

Článek 2

Udělení licenčního oprávnění

1. Autor touto smlouvou poskytuje nabyvateli oprávnění (licenci) k výkonu práva uvedené dílo nevýdělečně užit, archivovat a zpřístupnit ke studijním, výukovým a výzkumným účelům včetně pořizování výpisů, opisů a rozmnoženin.
2. Licence je poskytována celosvětově, pro celou dobu trvání autorských a majetkových práv k dílu.
3. Autor souhlasí se zveřejněním díla v databázi přístupné v mezinárodní síti
 - ihned po uzavření této smlouvy
 - 1 rok po uzavření této smlouvy
 - 3 roky po uzavření této smlouvy
 - 5 let po uzavření této smlouvy
 - 10 let po uzavření této smlouvy

(z důvodu utajení v něm obsažených informací)

4. Nevýdělečné zveřejňování díla nabyvatelem v souladu s ustanovením § 47b zákona č. 111/1998 Sb., v platném znění, nevyžaduje licenci a nabyvatel je k němu povinen a oprávněn ze zákona.

Článek 3

Závěrečná ustanovení

1. Smlouva je sepsána ve třech vyhotoveních s platností originálu, přičemž po jednom vyhotovení obdrží autor a nabyvatel, další vyhotovení je vloženo do VŠKP.
2. Vztahy mezi smluvními stranami vzniklé a neupravené touto smlouvou se řídí autorským zákonem, občanským zákoníkem, vysokoškolským zákonem, zákonem o archivnictví, v platném znění a popř. dalšími právními předpisy.
3. Licenční smlouva byla uzavřena na základě svobodné a pravé vůle smluvních stran, s plným porozuměním jejímu textu i důsledkům, nikoliv v tísní a za nápadně nevýhodných podmínek.
4. Licenční smlouva nabývá platnosti a účinnosti dnem jejího podpisu oběma smluvními stranami.

V Brně dne:

.....

Nabyvatel

.....

Autor

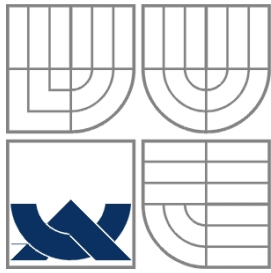
Bibliografická citace práce:

ŠOUSTAL, P. *Ochrany venkovních vedení vn a jejich koordinace s automatizovanými úsečnickými*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2009. 58 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Jaroslava Orságová, Ph.D.

Prohlašuji, že jsem svou diplomovou práci vypracoval samostatně a použil jsem pouze podklady (literaturu, projekty atd.) uvedené v příloženém seznamu.

Zároveň bych na tomto místě chtěl poděkovat vedoucímu diplomové práce Ing. Jaroslavě Orságové, Ph.D. a oponentovi Ing. Petru Skalovi, Ph.D. za cenné rady a připomínky k mé práci, poskytnutou literaturu a svým rodičům za podporu během celé doby mého studia.

.....



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ



**Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií
Ústav elektroenergetiky**

Diplomová práce

Ochrany venkovních vedení vn a jejich koordinace s automatizovanými úsečníky

Bc. Petr Šoustal

vedoucí: Ing. Jaroslava Orságová, Ph.D.

Ústav elektroenergetiky, FEKT VUT v Brně, 2009

Brno



BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

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

Master's Thesis

MV Overhead Line Protections and their Coordination with Autoreclosers

by
Bc. Petr Šoustal

**Supervisor: Ing. Jaroslava Orságová, Ph.D.
Brno University of Technology, 2009**

Brno

ABSTRAKT

Cílem této diplomové práce je popsání ochran pro venkovní vedení v distribučních sítích. Jsou zde popsány požadavky kladené na ochrany a základní členy ochran. Ochrany jsou rozděleny podle jejich ochranných funkcí. U každé ochrany je uvedeno její použití a její vypínací plán. Dále je v práci uvedeno nastavení ochran v reálné síti. Na této síti je poté simulováno místo zkratu a popsáno působení ochran. Práce se také zabývá koordinací ochran s automatizovanými úsečníky. Z této kapitoly vyplývá, že vzhledem k selektivitě není možné nasazení dvou a více recloserů (dálkově ovládaných vypínačů) do kmenového vedení sítě. V další kapitole jsou popsány dva zástupci recloserů dostupní na českém trhu a to OSM 27 a GVR 27. Kapitola popisuje a porovnává jejich funkční vlastnosti. Závěr práce obsahuje návrh chránění vedení při zahrnutí automatizovaných úsečníků (dálkově ovládaných úsečníků a recloserů). Návrh je pro dva různé limity ročního počtu přerušení a roční souhrnné doby trvání přerušení dodávky elektrické energie. Pro tyto limity má společností EGÚ Brno, a.s. navrženo několik variant nasazení dálkově ovládaných prvků z hlediska snížení nákladů na penalizace. Naším úkolem bylo vybrat variantu, která by se dala použít v reálné síti. Snížení nákladů nasazením recloserů je realizovatelné pouze u limitů $L_n = 6$ poruch/rok a $L_t = 720$ min/rok, kde je vybraná varianta č.4. Pro limity $L_n = 8$ poruch/rok a $L_t = 1080$ min/rok, není v reálné síti možná žádná varianta z hlediska selektivity.

KLÍČOVÁ SLOVA: dálkově ovládané prvky; koordinace; nasazení; ochrana; práce; recloser; selektivita; síť; úsečník; varianta; venkovní vedení; zkrat

ABSTRACT

The aim of this Master's Thesis is to describe protections for overhead lines in distribution networks. Here are described requirements for the protection and the basic protections. Protections are divided according to their protective function. For each protection is given its use and its power plans. It is stated in the work setting of protection in the real network. On this network is simulated place with short-circuit and described the action of protection. The work also deals with the coordination of protection with automatic circuit breakers. This chapter shows that, given the selectivity is not possible to deploy two or more reclosers (remotely-operated switches) to the core network management. The next chapter describes two representatives reclosers available on the Czech market OSM 27 and GVR 27. Chapter describes and compares their performance characteristics. Conclusion the work includes a proposal protected the lead in incorporating automatic circuit breakers (remotely operated circuit breakers and reclosers). The proposal is based on two different levels of annual number of interruptions and duration of annual general interruption of electricity supply. For these levels the company EGÚ Brno, a.s. proposed several variants of the use of remote-controlled in terms of reducing the cost of the penalty. Our task was to choose a variant that would be applicable in the real network. Reducing costs is feasible only in the limits $L_n = 6$ failures / year and $L_t = 720$ min / year, where the selected option No. 4. The limits $L_n = 8$ failures / year and $L_t = 1,080$ min / year, not in the real network may no option in terms of selectivity.

KEY WORDS:

remote control features; coordination; deployment; protection; work; recloser; selectivity; network; circuit breaker; option; overhead line; short circuit

OBSAH

SEZNAM OBRÁZKŮ.....	11
SEZNAM TABULEK	12
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	13
1 ÚVOD.....	15
2 CHARAKTERISTIKA SOUČASNÉHO STAVU ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY	17
2.1 DRUHY OCHRAN.....	17
2.2 POŽADAVKY KLADE NÉ NA OCHRANY	18
2.3 PORUCHOVÉ STAVY	19
2.4 ZÁKLADNÍ ČLENY OCHRAN	19
3 POPIS JEDNOTLIVÝCH OCHRAN	22
3.1 OCHRANY NADPROUDOVÉ.....	22
3.1.1 NEZÁVISLÉ NADPROUDOVÉ OCHRANY	23
3.1.2 ZÁVISLÉ NADPROUDOVÉ OCHRANY.....	23
3.1.3 SMĚROVÉ NADPROUDOVÉ OCHRANY.....	24
3.2 DISTANČNÍ OCHRANY	25
3.3 OPĚTNÉ ZAPÍNÁNÍ.....	26
3.4 SPOLUPRÁCE OCHRAN S AUTOMATIKOU OPĚTNÉHO ZAPÍNÁNÍ	28
3.5 OCHRANY PŘI ZEMNÍCH SPOJENÍCH.....	28
4 ŘEŠENÍ POUŽÍVANÉ V PRAXI.....	31
5 OMEZENÍ NASAZOVÁNÍ AUTOMATIZOVANÝCH ÚSEČNÍKŮ PLYNOUCÍ Z KOORDINACE OCHRAN	34
5.1 ÚSEČNÍKY	34
5.2 DÁLKOVĚ OVLÁDANÉ PRVKY UMOŽŇUJÍCÍ AUTOMATIZACI DISTRIBUČNÍ SÍTĚ VN	34
5.3 VYUŽITÍ RECLOSERŮ	35
5.3.1 MĚŘENÉ VELIČINY	37
5.4 DŮVODY K NASAZENÍ RECLOSERŮ	37
5.5 OBECNÉ FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ VÝHODNOST NASAZENÍ DÁLKOVĚ OVLÁDANÝCH PRVKŮ	39
5.6 PRINCIP ÚSPORY NASAZENÍM DÁLKOVĚ OVLÁDANÝCH PRVKŮ NA OBECNÝCH PŘÍKLADECH ...	40
6 RECLOSERY OSM 27 A GVR 27	43
6.1 VŠEOBECNĚ O RECLOSERU OSM27	43
6.2 VŠEOBECNĚ O RECLOSERU GVR 27	43
6.3 FUNKČNÍ VLASTNOSTI DÁLKOVĚ OVLÁDANÝCH RECLOSERŮ	44
6.4 POPIS RECLOSERU OSM27.....	44
6.5 ZÁKLADNÍ OCHRANNÉ FUNKCE RECLOSERŮ OSM27 A GVR 27.....	45
6.6 TECHNICKÉ PARAMETRY RECLOSERŮ OSM27 A GVR 27.....	46
7 NÁVRH CHRÁNĚNÍ VEDENÍ PŘI ZAHRNUTÍ AUTOMATIZOVANÝCH ÚSEČNÍKŮ	47

7.1 NAsAZENÍ RECLOSERŮ PŘI $L_N = 6$ PORUCH/ROK A $L_T = 720$ MIN/ROK A PENALIZACI 500 KČ	49
7.2 NAsAZENÍ RECLOSERŮ PŘI $L_N = 8$ PORUCH/ROK A $L_T = 1080$ MIN/ROK A PENALIZACI 500 KČ ..	49
7.3 VÝPOČET ZKRATOVÝCH POMĚRŮ NA ZADANÉ SÍTI.....	50
7.3.1 OBECNÝ VÝPOČET	50
7.3.2 ČÍSELNĚ	52
8 ZÁVĚR.....	56
POUŽITÁ LITERATURA	58

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1-1 Činnost ochrany (spolupráce chráněného objektu a ochrany)</i>	15
<i>Obr. 3-1 Charakteristiky působení nadproudových ochran</i>	22
<i>Obr. 3-2 Charakteristika vypínání časově nezávislých nadproudových ochran</i>	23
<i>Obr. 3-3 Charakteristika vypínání časově závislých nadproudových ochran</i>	24
<i>Obr. 3-4 Schéma zapojení směrových nadproudových ochran</i>	24
<i>Obr. 3-5 Charakteristika vypínání distančních ochran</i>	26
<i>Obr. 3-6 Zapojení OZ ochrany</i>	28
<i>Obr. 3-7 Zemní spojení</i>	29
<i>Obr. 4-1 BRNO-Medlánky MEY 9/1 ochrany – silové zapojení a nastavení ochran, okruh 1</i>	31
<i>Obr. 4-2 BRNO-Medlánky MEY 9/1 ve zkratu</i>	32
<i>Obr. 5-1 Recloser GVR 27</i>	35
<i>Obr. 5-2 Schématický nákres recloseru GVR 27 [8]</i>	36
<i>Obr. 5-3 Průběhy proudů při působení recloseru [8]</i>	38
<i>Obr. 5-4 Stav zokruhované sítě před poruchou [5]</i>	40
<i>Obr. 5-5 Stav zokruhované sítě po manipulacích [5]</i>	40
<i>Obr. 5-6 Stav paprskové sítě před poruchou [5]</i>	41
<i>Obr. 5-7 Stav paprskové sítě po manipulacích [5]</i>	42
<i>Obr. 6-1 Řez venkovním vypínačem OSM27[7]</i>	45
<i>Obr. 7-1 Zjednodušené schéma vývodu VN 1 a jeho současné vybavení</i>	48
<i>Obr. 7-2 Určená místa zkratu na schématu vývodu VN 1</i>	53

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 6-1 Základní ochranné funkce recloserů OSM 27 a GVR 27.....</i>	<i>45</i>
<i>Tab. 6-2 Základní technické parametry recloserů OSM 27 a GVR 27</i>	<i>46</i>
<i>Tab. 7-1 Varianty nasazení Dálkově spínaných prvků na vývodu VN 1 seřazené sestupně podle NPV při $L_n = 6$ poruch/rok a $L_t = 720$ min/rok a penalizaci 500 Kč na jedno odběrné místo</i>	<i>47</i>
<i>Tab. 7-2 Varianty nasazení Dálkově spínaných prvků na vývodu VN 1 seřazené sestupně podle NPV při $L_n = 8$ poruch/rok a $L_t = 1080$ min/rok a penalizaci 500 Kč na jedno odběrné místo</i>	<i>47</i>
<i>Tab. 7-3 Parametry vedení potřebné k výpočtu zkratových poměrů.....</i>	<i>51</i>

SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK

ANSI	American National Standards Institute
C	konstanta impedančního měřícího relé
I	proud
I_k	zkratový proud
$I_k^{(3)}$	počáteční rázový zkratový proud trojfázového zkratu
$I_k^{(2)}$	počáteční rázový zkratový proud dvoufázového zkratu
I	značení nadproudové ochrany
IE	značení zemní ochrany
IEC	normy mezinárodního standardu
$I>$, $I>>$	značení dvou stupňů ochran
K	nastavení ochrany, cena 1 kWh nedodané energie
L	indukčnost
L_n	limit ročního počtu přerušení
L_t	limit roční souhrnné doby trvání přerušení
NPV	čistá současná hodnota
N_i	investiční náklady
OZ	opětné zapínání
R	relé
R_{Ik}	odpor vedení na jednotku délky
SF ₆	hexafluorsulfid – izolační plyn
T_n	doba návratnosti (doba, za kterou se investice splatí z příjmů)
U	napětí
U_n	sdružené napětí
VN	vysoké napětí
VR	vstupní rozvodna
VYP	vypnuto
W_I	nedodaná energie
W_{xy}	nedodaná energie x-té poruchy y-tého chráněného dispečerského úseku
X_{Ik}	induktivní reaktance vedení na jednotku délky
ZAP	zapnuto
Z	výsledná impedance od místa zkratu ke zdroji
Z_I	celková podélná impedance vedení

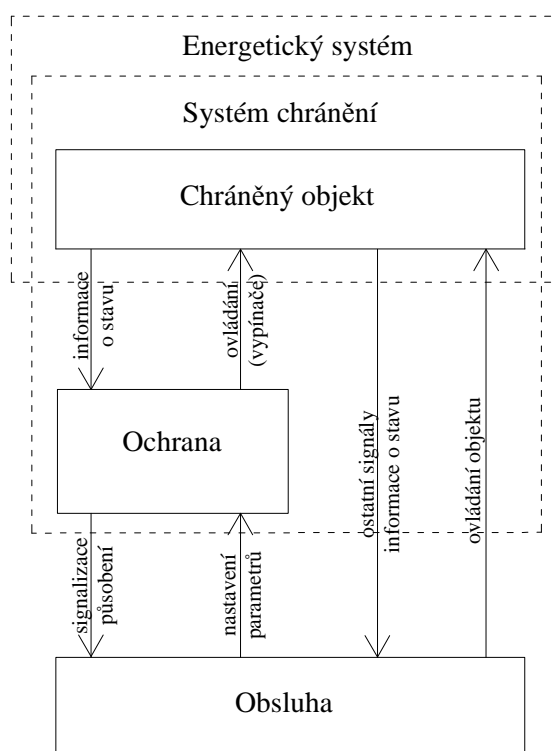
Z_{lk}	podélná impedance vedení na jednotku délky
c	napěťový součinitel
c_p	výše penalizace na jedno odběrné místo
d	střední geometrická vzdálenost vodičů
f	frekvence
l	délka
n_1	náklady na pořízení, včetně instalace dálkově ovládaných prvků
n_2	náklady na provoz a údržbu dálkově ovládaných prvků po dobu životnosti
r	průměr vedení
sm	značení ochrany se směrovým členem
t	čas, doba vypnutí
x_p	počet poruch v dispečerských úsecích
y_r	počet chráněných dispečerských úseků
ΔC_p	snížení nákladů na penalizace
μ_r	relativní permeabilita
π	Ludolfovo číslo

1 ÚVOD

V důsledku vývoje průmyslové výroby se v dnešní době zvyšují nároky odběratelů, kteří kladou mnohem vyšší požadavky na spolehlivost dodávky elektrické energie a to na všech napěťových hladinách. Zabezpečení bezporuchového provozu tedy vyžaduje zvýšení nároků na rychlé a správné likvidování vzniklých poruch v jednotlivých výrobních a přenosových článcích. Spolehlivost dodávky elektrické energie je nejvíce ovlivněna poruchovými událostmi, které jsou v mnoha případech způsobeny nahodile a nepředvídaně cizím zásahem, zejména přírodními vlivy a vlivy okolí (počasí, lesní porosty, apod.).

Cílem této práce je popsání chránění venkovních vedení VN pomocí ochran, jejichž úkolem je zajistit provozní bezpečnost a spolehlivost elektrizační soustavy a rychlou likvidaci vzniklých poruch. Ochrana musí rozlišit, je-li chráněný objekt v mezích normálního provozu, nebo zda jde o poruchu. V případě poruchy uvnitř chráněného objektu musí ochrana zabránit havárii zařízení vypnutím, odbuzením a podobně.

Vzájemná spolupráce ochrany a chráněného objektu je schématicky znázorněna na obr. 1-1.



Obr. 1-1 Činnost ochrany (spolupráce chráněného objektu a ochrany)

Dále se v práci zabýváme řešením používaným v praxi, kde je naznačeno nastavení ochran na vývodech venkovního vedení vn. V této kapitole je nastíněno použití ochran na skutečném vedení, kde jsou vidět vypínací časy a také je zde popsán vypínací plán při vzniku poruchy.

Při nasazování automatizovaných úsečníků dochází k jejich omezení plynoucí z koordinace ochran. Proto je v této práci popsána vzájemná spolupráce recloserů (dálkově ovládaných vypínačů) a dálkově ovládaných úsečníků. Také jsou zde uvedeny hlavní důvody, které vedou k nasazení recloserů do sítě.

V práci je také probrán návrh chránění vedení při zahrnutí recloserů na vývodu VN. Návrh je řešen s ohledem na snížení nákladů na penalizace nasazením dálkově ovládaných úsečníků a recloserů

2 CHARAKTERISTIKA SOUČASNÉHO STAVU ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

2.1 Druhy ochran

1. Podle typu chráněného objektu

- a) vedení (venkovní, kabelové, trolejové a)
- b) přípojnic
- c) transformátoru
- d) generátoru
- e) motoru
- f) kondenzátorové baterie

2. Podle druhu poruchy

- a) zkratová
- b) při přetížení
- c) nadpět'ová
- d) podpět'ová
- e) kmitočtová
- f) při zemním spojení
- g) při zpětném toku výkonu
- h) při ztrátě buzení
- i) při nesouměrnosti

3. Podle funkčního principu

Druh ochrany	Měřená veličina
a) proudová	proud
b) distanční	impedance
c) napět'ová	napětí
d) srovnávací	rozdíl fáze proudů
e) wattová	činný výkon
f) jalová	jalový výkon
g) kmitočtová	kmitočet
h) při nesouměrnosti	zpětný proud nebo napětí

4. Podle doby působení

- a) Mžiková ochrana působí okamžitě po vzniku poruchy. Její rychlost je omezena pouze dobou zpracování informace uvnitř ochrany.
- b) Časově závislá ochrana má dobu působení závislou na velikosti měřené veličiny.
- c) Časově nezávislá ochrana má konstantní, předem nastavenou dobu působení.

5. Podle konstrukce

- a) Elektromechanické ochrany se skládají z klasických relé.
- b) Tranzistorové ochrany. Stavebními prvky těchto ochran jsou polovodičové součástky a integrované obvody.
- c) Číslicové ochrany jsou řešeny pomocí mikroprocesorů s řídicími počítači.

2.2 Požadavky kladené na ochrany

Provoz energetické soustavy klade na ochrany určité požadavky. Podle toho, jak je ochrana splňuje, lze hodnotit její jakost a tím i vhodnost použití pro daný objekt. Obecně nelze určit, který z požadavků je důležitější než jiný. To záleží na druhu chráněného objektu, na způsobu provozu i na okolní soustavě. [2]

U zemní ochrany je důležitější citlivost než rychlost. Citlivost i na malé zemní proudy je nutná pro indikaci zemního spojení. Rychlost se nevyžaduje, neboť k odpojení vadného úseku vedení dojde až po zajištění náhradního napájení. Naopak zkratová ochrana krátkého kabelu s velkými zkratovými proudy nemusí být citlivá. Zkratové proudy jsou mnohem větší než provozní. Aby nedošlo k poškození kabelu, požadujeme rychlé působení ochrany a vypnutí zkratu. [2]

Požadavky můžeme shrnout následovně:

Selektivita je schopnost ochrany vypínat pouze daný prvek soustavy na němž vznikne porucha a nereagovat na poruchy, které se vyskytnou mimo chráněný objekt, nebo se týkají stavové veličiny objektu, na kterou nemá ochrana působit. Její smysl je v tom, že je vypínán pouze minimální úsek energetické soustavy postižený poruchou, přičemž zůstane v provozu co největší část nepoškozené soustavy.

Spolehlivost ochrany znamená, že při bezporuchovém provozu nesmí ochrana samovolně působit. Naopak při poruše nesmí selhat. S tím souvisí také odolnost ochrany proti otřesům, agresivnímu prostředí, vnějším magnetickým a elektrickým polím apod. Ochrana by měla být konstruována jednoduše se snadnou údržbou.

Objektivita ochrany souvisí s algoritmem ochrany. Z hlediska objektivity rozeznáváme ochrany autonomní a objektivní. Autonomní ochrana má algoritmus řešený takovým způsobem, že je optimální jenom z úzkého hlediska chráněného objektu, které je dané omezeným množstvím vstupních informací. Algoritmus objektivní ochrany řeší poruchovou situaci z hlediska celé soustavy, nebo alespoň části soustavy. Může připustit částečné poškození chráněného objektu, když tím zabrání větším škodám v celé soustavě.

Citlivost ochrany je schopnost spolehlivě rozlišovat poruchy uvnitř chráněného objektu od poruch mimo něj. Musí být dostatečně přesná.

Rychlost ochrany je dána dobou působení. Velká rychlost ochrany snižuje nároky na dimenzování chráněného objektu a tím omezuje nebezpečné následky poruch. Rychlým vypnutím se zmenšuje nebezpečí tepelného poškození vodičů a izolace při zkratech. Rozsah následků poruchy nutně závisí na rychlosti působení ochrany. Existují také nenormální stavy, které jsou krátkodobé a zaniknou samy. U těchto případů je nežádoucí rychlé působení.

Kompatibilita ochran s ostatní řídicí technikou objektu znamená použití obdobné konstrukce, technologie a principů. Jejími výhodami jsou například jednodušší vzájemný přenos signálu, jednotné projektování a uvádění zařízení do provozu nebo také obdobné náhradní díly.

Mezi další požadavky můžeme také jmenovat kupříkladu snadnou údržbu, životnost ochrany, přesnost ochrany nebo také miniaturizaci ochran.

2.3 Poruchové stavy

V elektrizačních soustavách mohou nastat nebezpečné stavy, které ohrožují činnost jednotlivých prvků nebo také činnost celé soustavy. Rozeznáváme tyto nebezpečné stavy:

Zkrat je vzájemné spojení dvou nebo více fází, popřípadě fáze s uzlem. Má za následek elektrické poškození dielektrik a izolátorů, tepelné a mechanické poškození vodičů. V důsledku zkratu může také docházet ke snížení činného zatížení, což má za následek ztrátu stability synchronních generátorů, asynchronní chod elektrizační soustavy a její případný rozpad. Zkrat může být způsoben únavou izolace, vlivem počasí, mechanickým poškozením nebo také špatnou manipulací.

Přetížení lze definovat jako průchod příliš velké energie zařízením. Nejčastěji je způsobeno nedostatkem instalovaného činného elektrického výkonu, který neodpovídá okamžité spotřebě. Způsobuje zejména tepelné poškození izolace, či snížení mechanické pevnosti vodičů, což podstatně urychluje stárnutí izolace. Míra poškození závisí na teplotě nebo na jejím časovém integrálu. Důsledkem je větší pravděpodobnost vzniku zkratu.

Nadpětí je v podstatě zvýšení napětí nad dovolenou mez. Způsobuje snížení elektrické pevnosti izolačních materiálů a zvyšuje pravděpodobnost vzniku zkratu. Může být vyvolané poruchou regulace napětí, kapacitní zátěží nebo překompenzováním.

Podpětí způsobuje při konstantním výkonu zátěže proudové přetížení. Může být způsobeno nedostatečnou kompenzací, přetížením nebo poruchou regulace napětí.

Nesouměrnost proudu a napětí snižuje kvalitu dodávané energie a je nebezpečná obzvláště pro točivé stroje, kde zpětná složka může způsobit nadměrné přehřívání rotorů. Nesouměrnost může být způsobena přerušením vodičů nebo nesouměrností zátěže.

Zemní spojení je galvanické spojení jedné fáze se zemí v síti, kde uzel zdroje není uzemněn, anebo je uzemněn přes velkou impedanci. Jeho důsledkem je zvýšení napětí v nepostižených fázích, čímž se zvyšuje pravděpodobnost následných zkratů. Může být vyvoláno stejnými vlivy jako zkraty.

Zpětný tok výkonu je porucha nebezpečná zvláště pro točivé stroje. Zpětný výkon může poškodit připojené mechanické stroje, tj. přenos energie z generátoru do turbíny nebo z motoru do sítě. Zpětný tok výkonu je způsoben buď chybnou regulací výkonu, nebo špatnou energetickou bilancí sítě.

Snížení kmitočtu má za následek zvětšení magnetizačních proudů a následně zvětšení ztrát a oteplení. Zpravidla signalizuje nedostatek činného výkonu v elektrizační soustavě nebo špatně seřízenou regulaci otáček turbín. Zpravidla jde o nedostatek výkonu a je nutné snížit spotřebu. Snížení nebo zvýšení kmitočtu nepříznivě ovlivňuje provoz turbín i spotřebičů.

2.4 Základní členy ochran

Ochranu se skládají z těchto základních členů (nemusí však obsahovat všechny)

a) Vstupní člen převádí vstupní signály, jako jsou například proud a napětí chráněného objektu, na zpracovatelný tvar a úroveň. Dále také zjišťuje stav objektu a chrání vnitřní obvody ochrany proti rušení a chybným signálům. Jmenovité vstupní hodnoty ochran jsou 100V a 5A nebo 1A. Tyto veličiny jsou přiváděny na vstupní svorky ochran z přístrojových transformátorů proudů a napětí. Vstupní členy ochrany převádí vstupní veličiny na úroveň jednotek voltů a

miliampérů, na kterých pracují popudové a měřicí členy ochrany, pomocí děličů napětí, bočníků a převodních transformátorů. Transformátory navíc galvanicky oddělují obvody ochrany od okolí.

b) Popudový člen podává informaci měřicímu členu a logice ochrany v případě vzniku poruchy v elektrizační soustavě v dosahu ochrany. Je třeba dbát na to, 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. Popudový člen se podstatně neliší konstrukcí ani funkcí od měřicího členu. Může mít podobnou charakteristiku. Je vhodné, aby popudový člen měl větší citlivost než měřicí člen.

c) Měřicí člen rozhoduje o poruše v objektu. Jsou na něm závislé vlastnosti většiny ochrany jako například selektivita, citlivost a přesnost. Rozdíl mezi měřicím členem napěťové a proudové ochrany není podstatný. Mají společné to, že měří amplitudu střídavého proudu nebo napětí. Proto je vhodné analyzovat měřicí členy podle charakteru funkce. Rozeznáváme dva základní typy měřicích členů:

- amplitudový měřicí člen,
- součinnový měřicí člen měřící fázi mezi dvěma vstupními veličinami.

Z těchto základních měřicích členů jsou odvozeny další. Celkem rozlišujeme šest měřicích členů.

d) Logika ochrany má za úkol zpracovat logický signál z popudu a určit funkci měřicího členu. Poté musí také na základě signálu z měřicího členu určit funkci koncového členu. Všechny vstupy i výstupy logiky jsou booleovské funkce. Její strukturu lze poté určit jako soustavu tří logických funkcí: součtu, negace a součinu. Jejich realizace lze uskutečnit těmito členy:

- jazýčková relé
- diody
- tranzistory
- integrované obvody
- technické (hardware) nebo programové (software) vybavení číslicového procesoru

e) Časový člen prodlužuje dobu působení ochrany. Jeho vstup je signál z logiky. Časový člen se používá z těchto důvodů:

- Zajištění selektivního působení ochrany. Zpožděním ochrana umožňuje funkci jiné ochrany, která je blíže k poruše. Záložní ochrany tudíž musí působit později než ochrana základní, která je určena pro přímé chránění určeného objektu.

- Využití možné akumulace energie v objektu. Zpožděním doby působení může ochrana dovolit přetížení pokud toto přetížení neohrozí chráněný objekt.

- Vyloučení chybného působení ochrany. Je způsobeno přechodnou poruchou krátkého trvání při přechodných a krátkodobých poruchách.

f) Koncový člen ochrany je nejčastěji tvořen pomocnými relé s výkonnými kontakty. Na jejich vstup přichází výstupní signál z logiky. Koncový člen musí upravit signál z logiky tak, aby byl schopen předání ovládacímu zařízení objektu. Musí mít dostatečně vysokou úroveň a

odolnost proti vnějšímu rušení. Signál z koncového členu působí kupříkladu na vypínací cívku vypínače nebo třeba signalizuje působení ochrany.

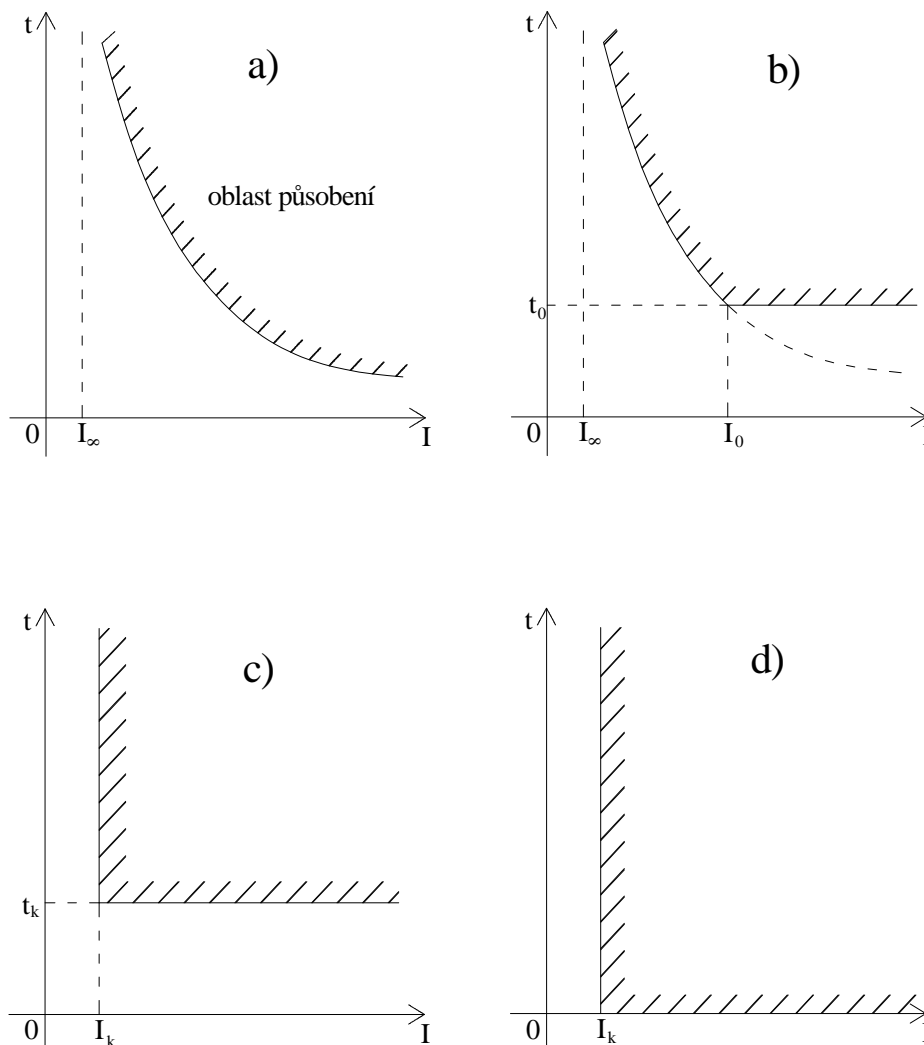
g) Napájecí člen neboli pohon ochrany, může být zajištěn těmito způsoby:

- Ochrany bez napájení. Nepotřebují pro svoji funkci pomocné napětí.
- Přímé napájení ze staniční akumulátorové baterie. Jde o nejpoužívanější způsob napájení elektromechanických ochran, neboť akumulátorová baterie je při dokonalé a náročné údržbě spolehlivá.
- Napájení ze střídavé sítě. Jsou méně spolehlivé než akumulátory, proto může častěji dojít k výpadku v kritických obdobích při poruchách. Proto se u nás nepoužívá.
- Napájení přes stabilizátor. Používá se především u tranzistorových a číslicových ochran. Vyžaduje zvláštní požadavky na napájení, aby se nedostal do ochran rušivý signál.
- Napájení z přístrojových transformátoru napětí a proudu. Nevyžaduje staniční baterii. V současné době je zřejmý ústup od tohoto způsobu napájení ochran. I malé stanice jsou dnes vybavovány informačními systémy a řídicí automatikou, která sama také vyžaduje pomocné napětí (staniční baterii). Napájení ochran z přístrojových transformátorů tedy ztrácí opodstatnění, protože baterie musí být stejně instalována.

3 POPIS JEDNOTLIVÝCH OCHRAN

3.1 Ochrany nadproudové

Nadproudové ochrany se používají zejména pro svoji jednoduchost, i když nejsou tak selektivní jako distanční nebo rozdílové ochrany. Proto se projektují u méně důležitých vedení a případně jako záložní ochrany. Princip působení je odvozen od zvýšeného proudu při přetížení nebo zkratu. Z hlediska rychlosti působení v závislosti na nadproudu a času rozeznáváme několik typických charakteristik:



Obr. 3-1 Charakteristiky působení nadproudových ochran

a) Závislá ochrana má charakteristiku působení definovanou podle vztahu:

$$t = \frac{K}{(I - I_\infty)^n} \quad \text{pro } I > I_\infty$$

$$t = \infty \quad \text{pro } I \leq I_\infty$$

(3.1)

kde K je nastavení ochrany.

b) Polozávislá ochrana má charakteristiku působení definovanou dle vztahu (1) pouze do velikosti proudu I_0 . Pro větší proudy $I > I_0$ má již konstantní dobu působení.

c) Nezávislá ochrana působí v nastaveném čase t_k při dosažení proudu I_k . Ovšem při $I > I_k$ již doba působení nezávisí na velikosti proudu I a je konstantní.

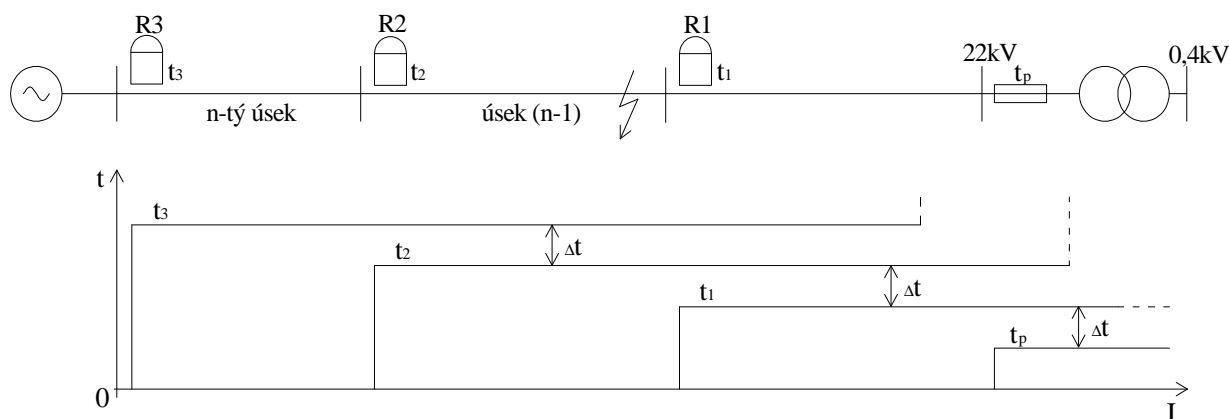
d) Mžiková ochrana působí při překročení nastaveného proudu I_k bez zpoždění, tj. v čase asi do 10 ms. Toto zpoždění je dáno pouze vlastním časem ochrany.

3.1.1 Nezávislé nadproudové ochrany

Nezávislé nadproudové ochrany jsou nejčastěji používány v radiálních sítích vysokého napětí, kde je řada úseků spojena v sérii. Dále v radiálních sítích, kdy na koncích jednotlivých úseků jsou velikosti zkratových proudů málo rozdílné. Ochrana ležící nejdále od zdroje má nařízen nejkratší čas t_1 . Nicméně musí být tak dlouhý, aby v další rozvodné síti např. nn působily pojistky a přitom ochrana R1 nepůsobila (viz obr. 3-2) se zakresleným vypínacím plánem. [1]

Ochrany ležící blíže ke zdroji (relé R2) nutno nařídit na čas $t_2 = t_1 + \Delta t$ a podobně ochranu R3 na čas $t_3 = t_2 + \Delta t$ atd. Koordinační interval Δt závisí na provedení nadproudového relé, a to zvláště na přesnosti zpožďovacího časového členu. U současných nadproudových ochran bývá 0,3 – 0,5s.

Proudové nastavení měřících členů nutno seřadit tak, aby se ochrany v sousedních úsecích (případně i více úsecích) vzájemně zálohovaly. Tak například při časovém odstupňování ochran podle obr 3-2 vznikne-li zkrat v úseku n-1, rozbíhá se při vhodném proudovém nastavení současně ochrana R2 a R3. Vypnutí provádí ochrana R2 nejblíže zkratu a to v čase t_2 . Teprve při jejím selhání by vypnula ochrana R3 v delším čase t_3 .



Obr. 3-2 Charakteristika vypínání časově nezávislých nadproudových ochran

Nevýhodou nezávislých nadproudových ochran je, že nejtěžší zkratky jsou nejblíže ke zdroji a jsou vypínány nejpozději. Naopak výhodou je, že vhodným proudovým nastavením se mohou vzájemně zálohovat. Například při nastavení všech ochran na velikost nejmenšího zkratového proudu na konci vedení nabíhají všechny ochrany od místa zkratu směrem ke zdroji. Při jejich proudovém nastavení však musíme přihlídnout k tomu, že nesmí nabíhat při normálním provozním proudovém zatížení. [1]

3.1.2 Závislé nadproudové ochrany

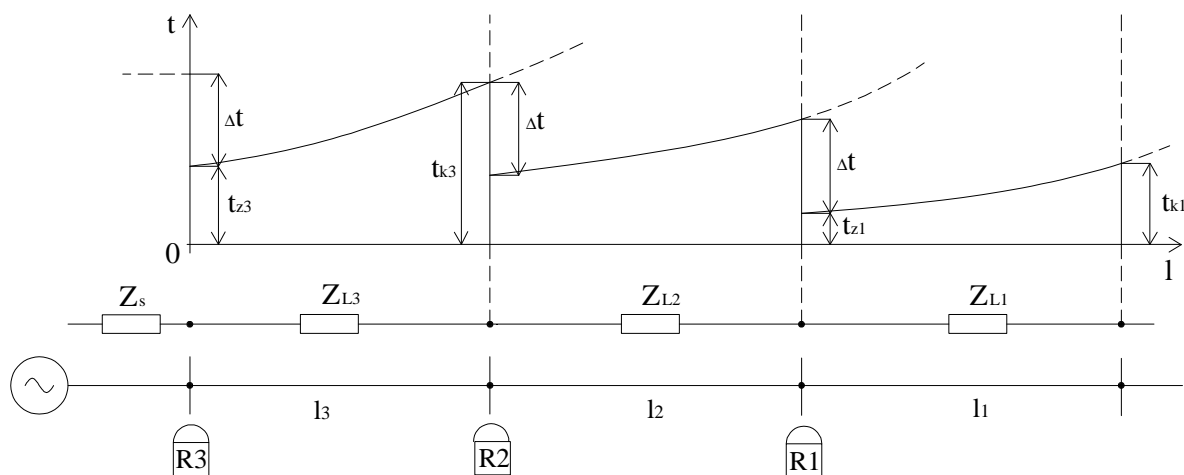
U nezávislých nadproudových ochran je časové zpoždění na začátku a konci chráněného úseku konstantní. Máme-li selektivně chránit vedení složené z mnoha úseků, dostáváme

nepříjemně dlouhé vypínací časy u zdrojů jak je zřejmé z obrázku 3-2. Výhoda závislé ochrany spočívá především v tom, že zkracuje dobu vypnutí na začátku vedení. [1]

Příklad chránění paprskového vedení závislými nadproudovými ochranami je na obr. 3-3.

Abychom dosáhli požadované selektivity, musíme volit časové odstupňování jednotlivých ochran proti sobě. Závislé nadproudové ochrany se nejčastěji používají v paprskových sítích VN, kde je uzel transformátoru uzemněn přes odpor.

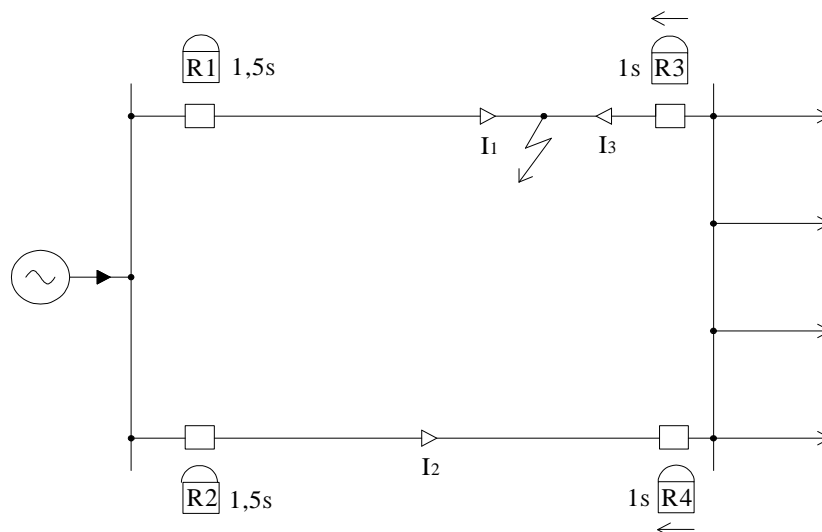
Na úsecích jednoho paprsku nelze navzájem kombinovat nadproudové závislé a nezávislé ochrany, neboť by se mohli protínat jejich vypínací charakteristiky, což by mělo za následek chybné vypínání. Z tohoto důvodu se u nás nejčastěji používají ochrany nezávislé, protože jejich vypínací čas se nemění s proudem a je přesně definován.



Obr. 3-3 Charakteristika vypínání časově závislých nadproudových ochran

3.1.3 Směrové nadproudové ochrany

Směrové nadproudové ochrany působí pouze v jednom směru zkratového proudu, a to tehdy, je-li zkrat před ochranou. Tyto ochrany se využívají u těch sítí, ve kterých může být místo zkratu napájeno ze dvou stran. Kdyby byly použity nadproudové ochrany bez směrových členů, došlo by v tomto případě k neselektivnímu vypínání, jak znázorňuje obrázek 3-4, kde je objekt zásobován dvěma vedeními.



Obr. 3-4 Schéma zapojení směrových nadproudových ochran

Na obrázku 3-4 je dvojitě vedení se zkratem mezi R1 a R3. Ochrany R1 a R2 jsou blíže ke zdroji, mají proto větší zpoždění. Jsou-li ochrany R3, R4 nadproudové nesměrové, dojde k neselektivnímu vypnutí i neporušeného vedení. Proto je vhodné použít ochrany R3, R4 vybavené směrovým článkem s nastavením směrové citlivosti. Poté působí ochrana R3, která přeruší proud I_3 . Se zpožděním poté působí ochrana R1. Vedení, na kterém není porucha, potom zůstane v provozu.

Je nutné seřadit ochrany tak, že při zkratu v naznačeném místě nabíhají nadproudové články všech ochran. Ochrany poté působí následovně:

a) Ochrana R3 spustí vypínač s časem působení $t = 1s$, přičemž působení ochrany R4 je blokováno směrovým členem.

b) Ochrana R2 přechází do klidového stavu, protože z jejího pohledu již zanikl zkratový proud.

c) Ochrana R1 definitivně vypíná zkratovou poruchu v čase $t = 1,5s$. Druhé vedení, na kterém není porucha zůstává v provozu.

Další případ, ve kterém je nutné použít směrové nadproudové ochrany, nastane při napájení vedení z obou stran, nebo jde-li o vedení okružní.

3.2 Distanční ochrany

Při více zauzlených sítích nelze použitím nadproudových směrových ochran dosáhnout potřebné selektivity. Proto byly vyvinuty distanční ochrany, které využívají principu měření impedance od místa připojení do místa zkratu. [1] Doba vypnutí t je dána konstrukcí měřícího impedančního členu, který pracuje na základě vztahu

$$t = C \cdot \frac{U_k}{I_k} = C \cdot Z \approx l \quad (3.2)$$

kde U_k, I_k jsou napětí a proud v místě připojení ochrany

C je konstanta impedančního měřícího relé

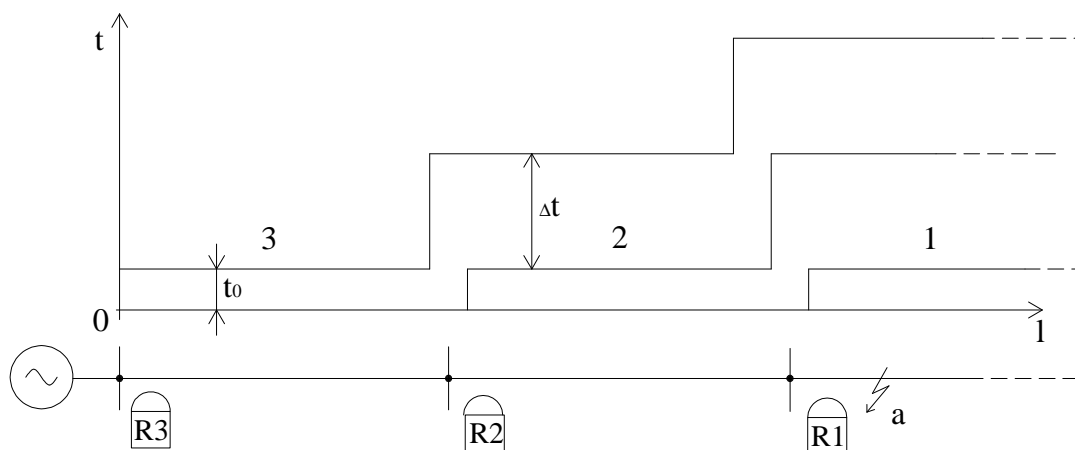
Z je měřená impedance

l je vzdálenost poruchy od ochrany

Hodnota měřené impedance $Z \approx l$ udává v jistém měřítku vzdálenost (distanci) poruchy od ochrany, odtud název ochrana distanční. Taková ochrana vypíná při blízkých poruchách v krátkém čase, při poruchách vzdálenějších v čase tím delším, čím je vzdálenější místo poruchy, tedy čím je větší Z . Přitom činnost ochrany je dána funkcí jednotlivých členů kterými je vybavena:

- popudového, který zjišťuje, že vznikl v chráněné soustavě zkrat. Popudový člen může být nadproudový měřící člen, nebo člen impedanční.
- měřící člen, který bývá realizován jako amplitudový či fázový komparátor anebo číslicově u digitálních ochran
- směrový člen, který určuje, zda zkrat leží ve směru působnosti ochrany
- časový člen
- logika která rozhoduje o vypnutí

Distanční ochrany patří mezi stupňové ochrany, které se vzájemně zálohují podobně jako ochrany nadproudové. Jejich princip je založen na tom, že vyhodnocují impedanci, tj. vzdálenost místa poruchy. Vypínací charakteristiku nám ukazuje obrázek 3-5. V obrázku t_0 určuje vlastní čas působení ochrany a v praxi bývá u moderních ochran 10 až 50 ms. Δt je časový koordinační interval, který se určuje analogicky jako u nadproudových časově nezávislých ochran. Např. vznikne-li zkrat v místě a pak nabíhají ochrany R1, R2 a případně R3. Vypíná ochrana R1 v čase t_0 . Při jejím selhání pak působí v delším čase ochrana R2 a případně pak R3. Takto se navzájem zálohují, avšak vypínací časy pro poruchy v chráněných úsecích směrem ke zdroji se neprodlužují jako u nadproudových ochran. Toto je základní výhoda při použití distančních ochran. [3]



Obr. 3-5 Charakteristika vypínání distančních ochran

Měřicí členy distančních ochran

Základním prvkem distančních ochran je měřicí člen, který na základě přivedených vstupních hodnot, tj. napětí a proudu v místě připojení ochrany vyhodnocuje (měří) impedanci Z . Při jejím poklesu pod nastavenou hodnotu dává povel k vypnutí. Rozeznáváme pět nejčastějších charakteristik (v rovině R, X) měřících členů distančních ochran:

- impedanční s kruhovou charakteristikou ve středové poloze
- charakteristika procházející počátkem
- ofset charakteristika, což je vysunutá charakteristika
- reaktanční charakteristika
- směrová procházející počátkem

Charakteristiky je možno realizovat fázovým nebo amplitudovým komparátorem. Měřicí impedanční člen působí, je-li měřená impedance Z menší než nastavená Z_r .

3.3 Opětné zapínání

Poruchy, které vznikají na venkovních vedeních, mohou být trvalé nebo přechodné. Ochrana nedokáže sama rozlišit, o jakou z nich jde. Dělíme je na:

Přechodné zkrat

- nastávají úderem blesku nebo náhodným přiblížením vodičů. Nastane obloukový zkrat. Při vypnutí vedení porucha zanikne tak, že zhasne oblouk mezi vodiči. Je-li beznapěťová pauza dostatečně dlouhá k deionizaci zkratu, porucha se již při zapnutí vedení neobjeví.

Semipermanentní zkraty

- mohou být způsobeny pádem větví na vedení, ptáky aj. Tyto poruchy po vypnutí vedení nemusí zaniknout, ale je nutná určitá doba trvání zkratu pro jejich „vypálení“. Např. několikanásobné zapnutí a vypnutí vedení.

Trvalé zkraty

- neodstraníme je opětným zapínáním.

Opětne zapínání provádí automatika, která si při zkratu ve spolupráci s normálními ochranami (např. ochranami srovnávacími nebo distančními) kontroluje vypnutí vedení a po určité nastavené době provádí opětne zapnutí. Trvá-li zkrat, provádí ochrana definitivní vypnutí, nebo se cyklus znovu opakuje. Jde tedy buď o jednoduchý cyklus opětneho zapínání VYP – ZAP a v případě trvání zkratu definitivní VYP, nebo o vícenásobný cyklus VYP – ZAP (porucha trvá) – VYP – ZAP atd. [3]

Ze statistik vyplývá, že u většiny venkovních vedení je převážná část zkratů jednopólových. Proto lze automatiky opětneho zapínání rozdělit na:

- jednopólové, které vypínají pouze postiženou fázi. Používají se v sítích vvn s uzemněným uzlem, kde při zemním zkratu není nutné vypínat trojpólově. Vedení udrží přes zbývající fáze lépe stabilitu a synchronismus. Při neúspěšném jednopólovém opětovném zapnutí obvykle následuje definitivní vypnutí.

- trojpólové, které vypínají všechny tři fáze. Používají se v izolovaných nebo kompenzovaných sítích, kde jednofázové zkraty nepřicházejí do úvahy.

Automatiky opětneho zapínání pro vedení vvn jsou provedeny zpravidla tak, že po prvním cyklu působí jednopólové vypínání a při zjištění trvalého zkratu provádí teprve vypnutí všech tří fází. Bylo zjištěno, že u venkovních vedení je asi 80% zkratů přechodného rázu a působením automatiky opětneho zapínání je můžeme úspěšně likvidovat. U kabelových vedení je vznik přechodné poruchy nepravděpodobný a proto se opětneho zapínání nepoužívá neboť poškozují kabely. [1]

Výhody opětneho zapínání jsou také v tom, že:

- u přechodných poruch zkracují dobu výpadku dodávky energie,
- může zabránit ztrátě stability chodu elektrizační soustavy, zvláště příznivý vliv má použití jednopólového opětneho zapínání v sítích vvn.

Aby zanikla deionizovaná dráha oblouku přechodného zkratu, musí být doba beznapětové pauzy dostatečně dlouhá. Tato doba závisí na době trvání zkratu, tedy na době vypnutí a bývá volena na základě zkušeností 0,2 až 0,3s pro první beznapětovou pauzu. Při opakovaném cyklu opětneho zapínání bývá druhá beznapětová pauza delší, řádově v sekundách. V některých případech se používá dopínání. To znamená, že při neúspěšném cyklu opětneho zapínání je celý cyklus po době 0,5 až 3 minut znovu spuštěn. Občas se stane, že po této době porucha zmizí a vedení můžeme dále provozovat bez poruchy.

Pro spolupráci s automatikou opětneho zapínání jsou vhodné vypínače s krátkou dobou vypínání, aby po dobu trvání zkratu, dané součtem doby vlastní ochrany a doby vypínače, nedošlo ke ztrátě stability chodu elektrizační soustavy. Je nutné mít v patnosti, že očekávaný počet cyklů opětneho zapínání vyžaduje jak vhodnou konstrukci vypínačů, tak i jejich pohonu pro opakované vypnutí a zapnutí. [1]

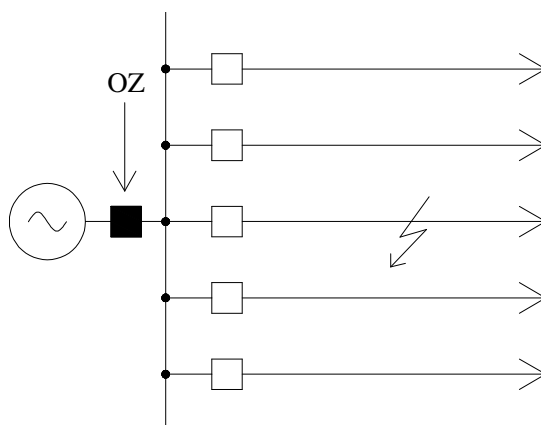
Z hlediska úrovně napětí sítě se na opětné zapínání kladou tyto požadavky:

- opětné zapínání pro VN – hlavním požadavkem je kontinuita dodávky energie spotřebitelů,
- opětné zapínání pro VVN – nejdůležitějším hlediskem je zachování dynamické stability a synchronismu v celé energetické soustavě.

3.4 Spolupráce ochran s automatikou opětného zapínání

Pokud jde o vedení s jedním zdrojem, můžeme pro spolupráci s automatikou opětného zapínání použít všechny druhy ochran vedení. Ovšem při oboustranně napájených vedeních nastávají problémy, když automatika opětného zapínání pro svoji správnou funkci vyžaduje vypínání na obou koncích chráněného úseku.

a) Nadproudové nezávislé ochrany lze použít pouze v paprskových sítích tj. jednostranně napájených sítích. V rozvodnách vysokého napětí se někdy používá zjednodušeného zapojení, kdy cyklus opětného zapínání se provádí pouze vypínačem na straně zdroje, který je na obrázku 3-6 vyčerněn. Jednotlivé vývody (paprsková vedení) jsou vybaveny obvykle nadproudovými nezávislými ochranami. Při zkratu na některém z vývodů automatika na popud příslušné nadproudové ochrany provede cyklus opětného zapínání černě označeným vypínačem, tj. beznapěťová pauza se objeví na všech vedeních. Při neúspěšném opětném zapnutí pak teprve vypíná ochrana příslušný vývodový vypínač vedení postiženého zkratem.



Obr. 3-6 Zapojení OZ ochrany

b) Podélné srovnávací ochrany vedení jsou pro spolupráci s automatikou opětného zapínání ideální, neboť vazba z obou konců chráněného úseku umožňuje současné vypínání zkratu i při jeho oboustranném napájení.

c) U distančních ochran chránících oboustranně napájené vedení může při obvyklém nastavení dojít k nesoučasnému vypnutí zkratu oběma vypínači.

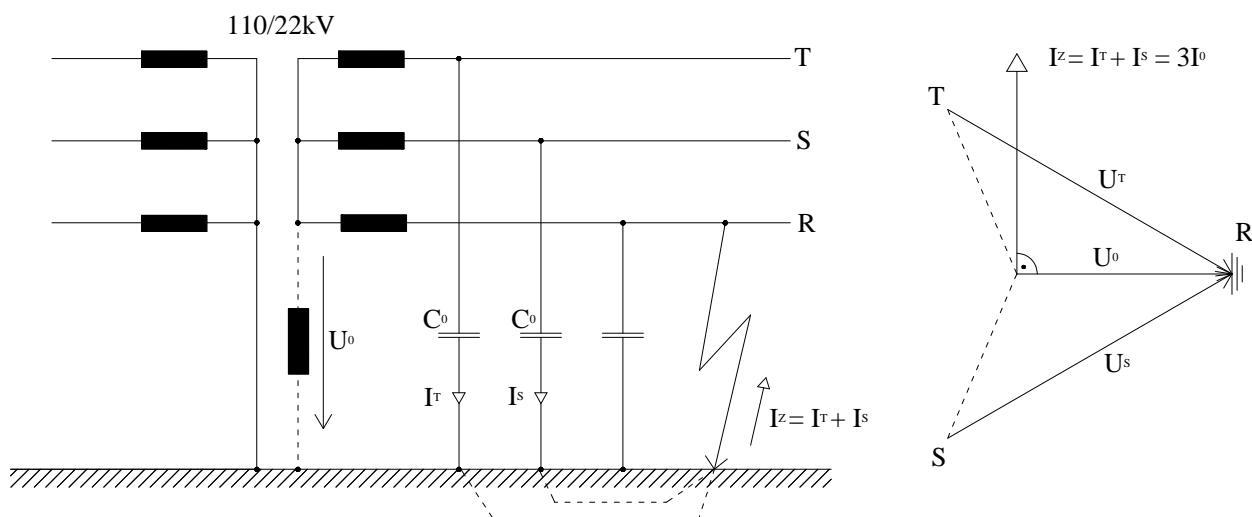
3.5 Ochrany při zemních spojeních

Zemní spojení může nastat v sítích s uzlem spojeným se zemí přes velkou impedanci (zpravidla je to Petersonova cívka) nebo izolovaným uzlem transformátoru. Takto jsou u nás v převážné většině provozovány sítě vysokého napětí, které bývají jednostranně napájené.

Ke zjištění vzniku zemního spojení můžeme využít těchto jevů, kterými je doprovázeno:

- výrazný pokles fázového napětí postižené fáze, případně až na nulu
- zvýšení fázového napětí ve zdravých nepostižených fázích přibližně na velikost sdruženého napětí
- vznik nulové složky napětí tj. napětí mezi uzlem transformátoru a zemí, které může dosáhnout až fázové hodnoty napětí v bezporuchovém provozu
- vznik nulové složky proudu, jenž je třetina poruchového proudu tekoucí místem zemního spojení.

Pro hlášení zemního spojení se nejčastěji používá napěťové relé, které působí na nulovou složku napětí. Nulovou složku napětí získáme zapojením sekundárního vinutí jistících transformátorů napětí do otevřeného trojúhelníku. Takto snadno získáme informaci o vzniku zemního spojení v síti napájené transformátorem 110 kV, avšak bez bližší informace, na kterém vedení (vývodu) vzniklo. Pokud vedení nejsou vybavena ochranami pro selektivní vypínání při zemním spojení, je jednodušší zjištění postiženého místa postupným vypínáním, až zemní spojení zmizí. [1]



Obr. 3-7 Zemní spojení

Pro selektivní vypínání vedení postiženého zemním spojením se vychází ze skutečnosti, že nulová složka zemního proudu teče u zdravých vedení směrem do přípojníc, kdežto u postiženého vedení ven z přípojníc. Směr toku nulové složky proudu se zjistí použitím součinnového měřícího členu, na jehož vstup přivádíme nulovou složku napětí a proudu. Podle způsobu provozu sítě pro určení směru toku nulové složky proudu používáme:

- Jalové relé u nekompensovaných sítí měřící součin $U_0 I_0 \cdot \sin \varphi_0$, neboť nulová složka poruchového proudu má vůči nulové složce napětí fázový posun téměř 90° , jak je naznačeno v obrázku 3-7.
- Wattové relé u kompenzovaných sítí měřící součin $U_0 I_0 \cdot \cos \varphi_0$. U kompenzovaných sítí protéká místem zemního spojení pouze zbytkový proud, jehož velikost závisí na odporech kompenzační tlumivky, vedení a transformátoru. Tento zbytkový proud je při dobrém naladění tlumivky prakticky ve fázi s nulovou složkou napětí. Měřící wattové relé musí být citlivé, neboť

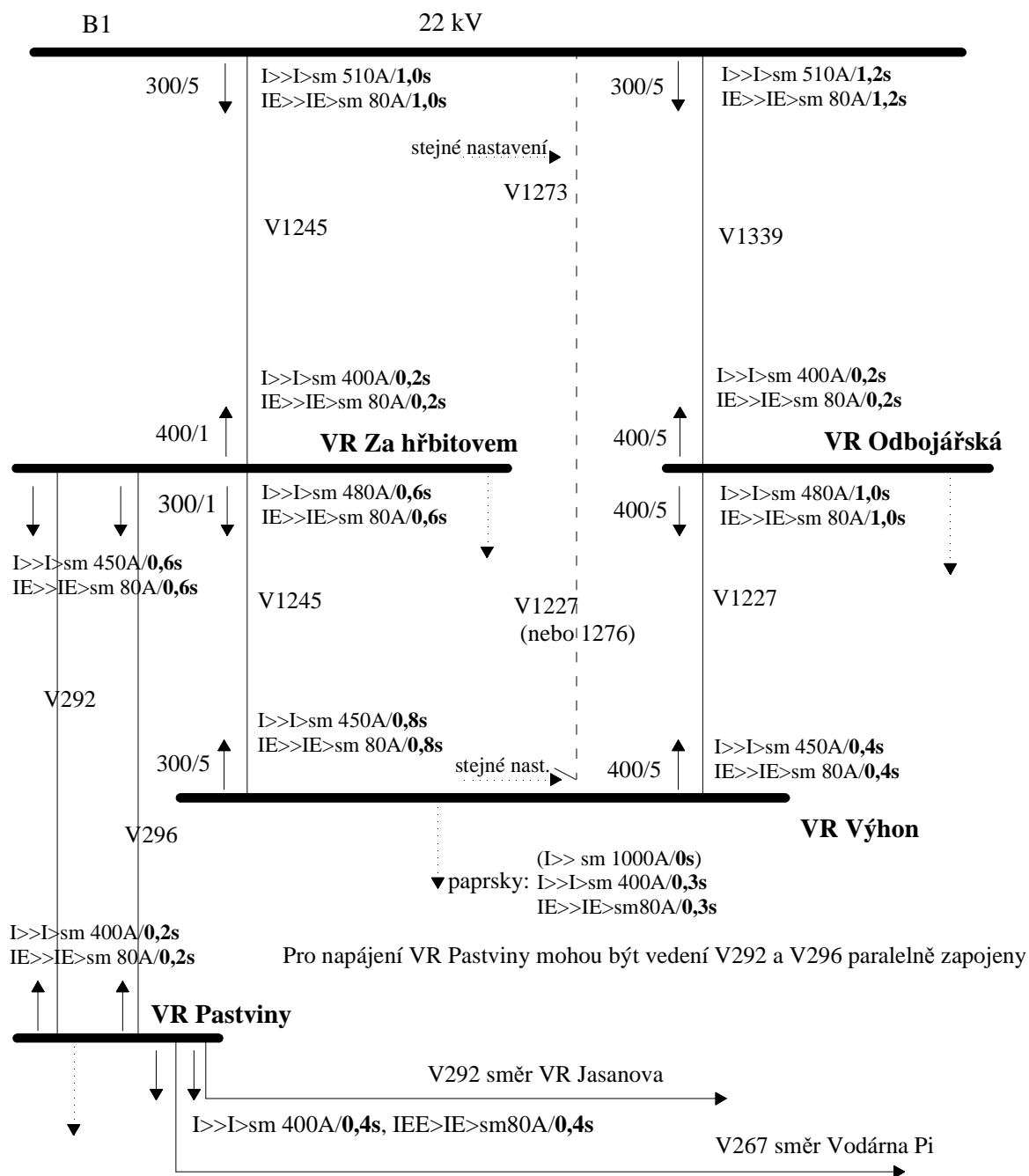
zbytkový proud je malý a na sekundárním vinutí může být v miliampérech. S ohledem na chyby přístrojových transformátorů se vystačí s citlivostí cca 10mA.

U kompenzovaných venkovních vedení můžeme připustit po jistou dobu provoz se zemním spojením, než se podaří (pokud je to možné) zajistit náhradní napájení spotřebitele.

U kabelových sítí zkušenosti ukazují, že se zemní spojení zpravidla rozšíří ve dvou či trojpólový zkrat, nebo ve dvojitě zemní spojení v důsledku zvýšeného namáhání nepostižených fází zvýšeným napětím. Proto je nutné rychlé vypnutí postiženého kabelu.

4 ŘEŠENÍ POUŽÍVANÉ V PRAXI

V praxi se můžeme setkat s různými kombinacemi výše popsaných ochran používaných k chránění objektů. Na obr 4-1 je schématicky znázorněno nastavení ochran v okružním vedení z napájecí rozvodny Medlánky. Na každém vývodu je znázorněn typ ochrany a maximální zatížení, při kterém ochrana působí v čase t . Venkovní linky nejsou nijak ochravně rozděleny. Tyto jsou provozovány jako paprsky a po výpadku na napájecí rozvodně dispečer pomocí dálkové signalizace vyhledává poruchové místo.

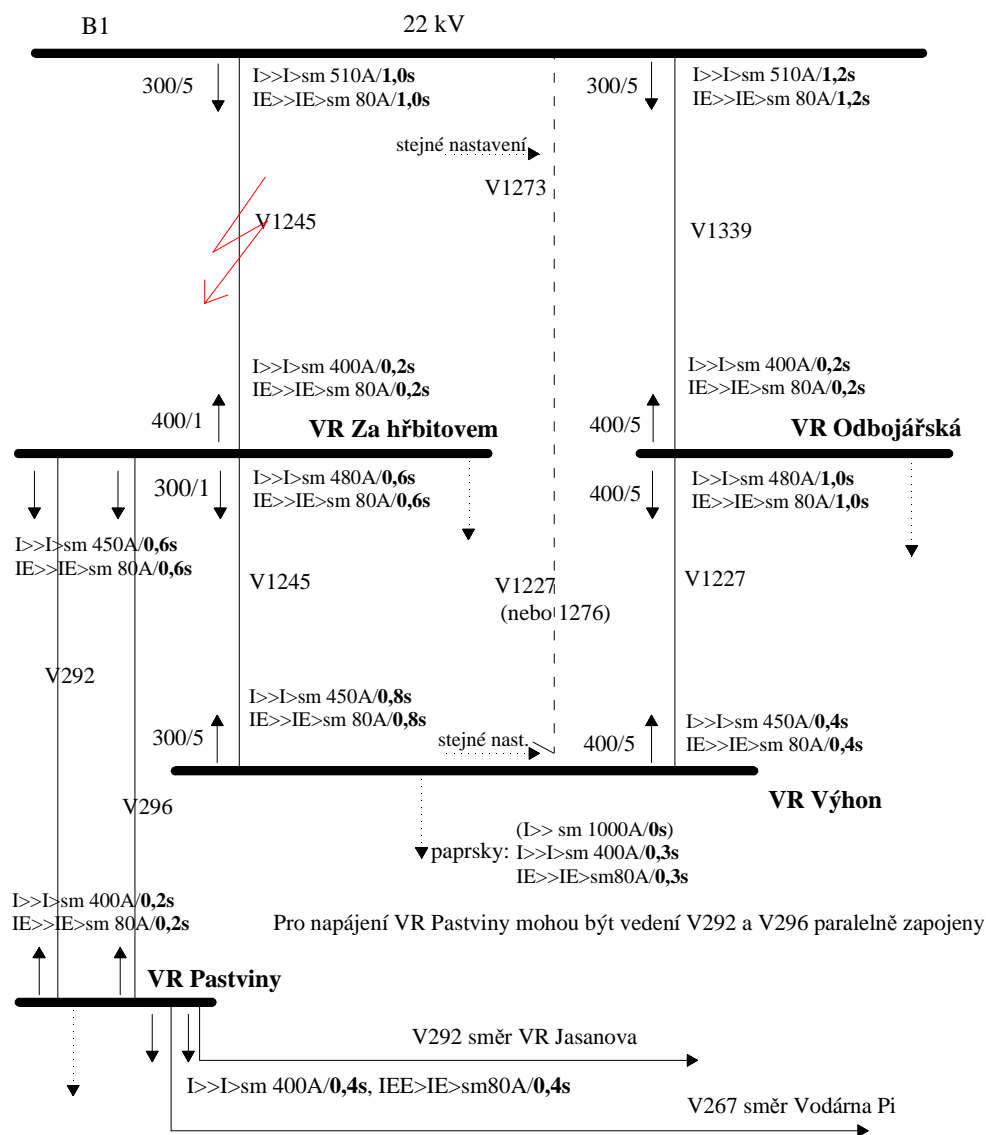


Obr. 4-1 BRNO-Medlánky MEY 9/1 ochrany – silové zapojení a nastavení ochran, okruh 1

V obr. 4-1 značí:

- I - nadproudová ochrana,
- IE - zemní ochrana,
- I>, I>> jsou dva stupně ochran,
- sm - ochrany se směrovým členem,
- VR - vstupní rozvodna, kde je rozpadové místo s vypínačem a ochranami na jednotlivých vývodech.

Na obrázku 4-2 je vedení se zkratem mezi napájecí rozvodnou B1 a vstupní rozvodnou VR Za hřbitovem. Ochrany na výstupu z rozvodny B1 jsou blíže ke zdroji a mají proto větší zpoždění. Kdyby byly ochrany na výstupech z vstupních rozveden nadproudové nesměrové, došlo by k neselektivnímu vypnutí i neporušených vedení. Proto jsou použity nadproudové a zemní ochrany vybavené směrovým článkem s nastavením směrové citlivosti. Nejdříve tedy působí ochrana na výstupu z rozvodny VR Za hřbitovem, která přeruší proud I v čase 0,2s. Se zpožděním poté působí ochrana na výstupu z rozvodny B1 v čase 1,0s. Vedení, na kterém není porucha, zůstane v provozu a napájení rozvodny VR Za hřbitovem je realizováno smyčkou přes VR Odbojářská a VR Výhon.



Obr. 4-2 BRNO-Medlány MEY 9/1 ve zkratu

Ochrany je nutné seřadit tak, že při zkratu v naznačeném místě nabíhají nadproudové články všech ochran. Ochrany poté působí následovně:

a) Ochrana na výstupu z VR Za hřbitovem spustí vypínač s časem působení $t = 0,2s$, přičemž působení ochran na dalších výstupních vedeních z VR je blokováno směrovým členem.

b) Ochrany na VR Výhon a VR Odbojářská přechází do klidového stavu, protože z jejich pohledu již zanikl zkratový proud.

c) Ochrana na výstupu z rozvodny B1 definitivně vypíná zkratovou poruchu v čase $t = 1,0s$. Vedení, na kterých není porucha zůstávají v provozu.

Nastane-li zkrat na vedení V 1227 mezi vstupní rozvodnou VR Výhon a VR Odbojářská budou ochrany působit následovně:

a) Ochrana na výstupu z VR Výhon spustí vypínač s časem působení $t = 0,4s$, přičemž působení ochran na dalších výstupních vedeních z VR je blokováno směrovým členem.

b) Ochrany na VR Za hřbitovem přechází do klidového stavu, protože z jejich pohledu již zanikl zkratový proud.

c) Ochrana na výstupu z VR Odbojářská definitivně vypíná zkratovou poruchu v čase $t = 1,0s$. Vedení, na kterých není porucha, zůstávají v provozu.

5 OMEZENÍ NASAZOVÁNÍ AUTOMATIZOVANÝCH ÚSEČNÍKŮ PLYNOUCÍ Z KOORDINACE OCHRAN

5.1 Úsečníky

Jsou to venkovní spínače v distribuční síti, kterými se dálkově či ručně ovládá její provozní stav. Především lze tímto zařízením viditelně vypnout příslušný úsek vedení vysokého napětí, nebo odpojit přípojky k menším transformovněm.

Úsečníky se konstrukcí podobají odpojovačům, ale jsou doplněny jednoduchým zhášecím zařízením. Oblouk se zháší mezi opalovacími kontakty volně ve vzduchu obvykle na základě dosažení zhášecí délky. K působení na oblouk se také využívá magnetické pole vhodné tvarovaných částí proudové dráhy. Úsečníky plní na venkovních vedeních do 38kV úlohu spínacího přístroje pro spínání úseků, odboček vedení nebo přípojek k menším transformovněm až do jmenovitého proudu úsečníku. Vyrábějí se obvykle v provedení sklápěcím, ale také otáčivém, nebo s dvojitým pohybem nože, a to v jednopólovém nebo trojpólovém provedení. Montují se přímo na stožáry vedení a jejich pohon může být ruční nebo strojní. [4]

5.2 Dálkově ovládané prvky umožňující automatizaci distribuční sítě VN

Jedná se o takové prvky distribuční sítě, které reagují v případě poruchy samočinně a ve spolupráci s dalšími dálkově ovládanými prvky automaticky vymezí poruchový úsek, případně optimálním způsobem překonfigurují síť. Tato činnost je provedena v řádu vteřin, dispečer tuto událost zaregistruje v podstatě až po provedených manipulacích. [5]

Jak to chodí v praxi:

Z dispečinku přijde prostřednictvím GPRS povel do ovládací skříně (mozku celého úsečníku umístěného na stožáru) a tato ovládací či řídicí skříně dá pokyn k sepnutí či rozepnutí úsečníku (odpínače). To je provedeno pomocí motorového pohonu umístěného v ovládací skříně a prostřednictvím táhla, které vede až na vrchol stožáru k samotnému odpínači, je dále provedeno rozpojení či spojení vedení. [6]

Dálkově ovládané prvky vhodné pro automatizaci distribuční sítě VN jsou především reclosery a dálkové inteligentní odpínače.

Recloser – je vlastně vypínač umístěný ve venkovním vedení na podpěrném bodu. Je vybaven měřicími prvky s řídicí jednotkou. Svým vybavením splňuje funkci ochrany vývodu a v daném místě soustavy tak reaguje na poruchy za místem jeho instalace bez působení ochrany v rozvodně. Vzhledem k tomu, že je možné osadit recloser kamkoliv do vedení, zabezpečí tak i poruchy, které by ochrana vývodu v rozvodně z důvodu velké vzdálenosti místa poruchy obtížně zaznamenala (např. přerušovaný vodič). Hlavní přínos recloserů však spočívá v jejich schopnosti určitého autonomního provozu, který ve spolupráci s dalšími prvky zabezpečí automatizaci částí vedení distribuční sítě. [5]

Dálkový inteligentní odpínač – je odpínač vybavený měřicím zařízením a zařízením pro přenos informací na dispečink. Odpínač zajistí v případě poruchy vypnutí v beznapěťové pauze následující po neúspěšném OZ. [5]

5.3 Využití recloserů

Využití dálkově ovládaných recloserů pro automatizaci provozu venkovních sítí VN přináší podstatně vyšší kvalitativní možnosti oproti dálkově ovládaným úsečníkům:

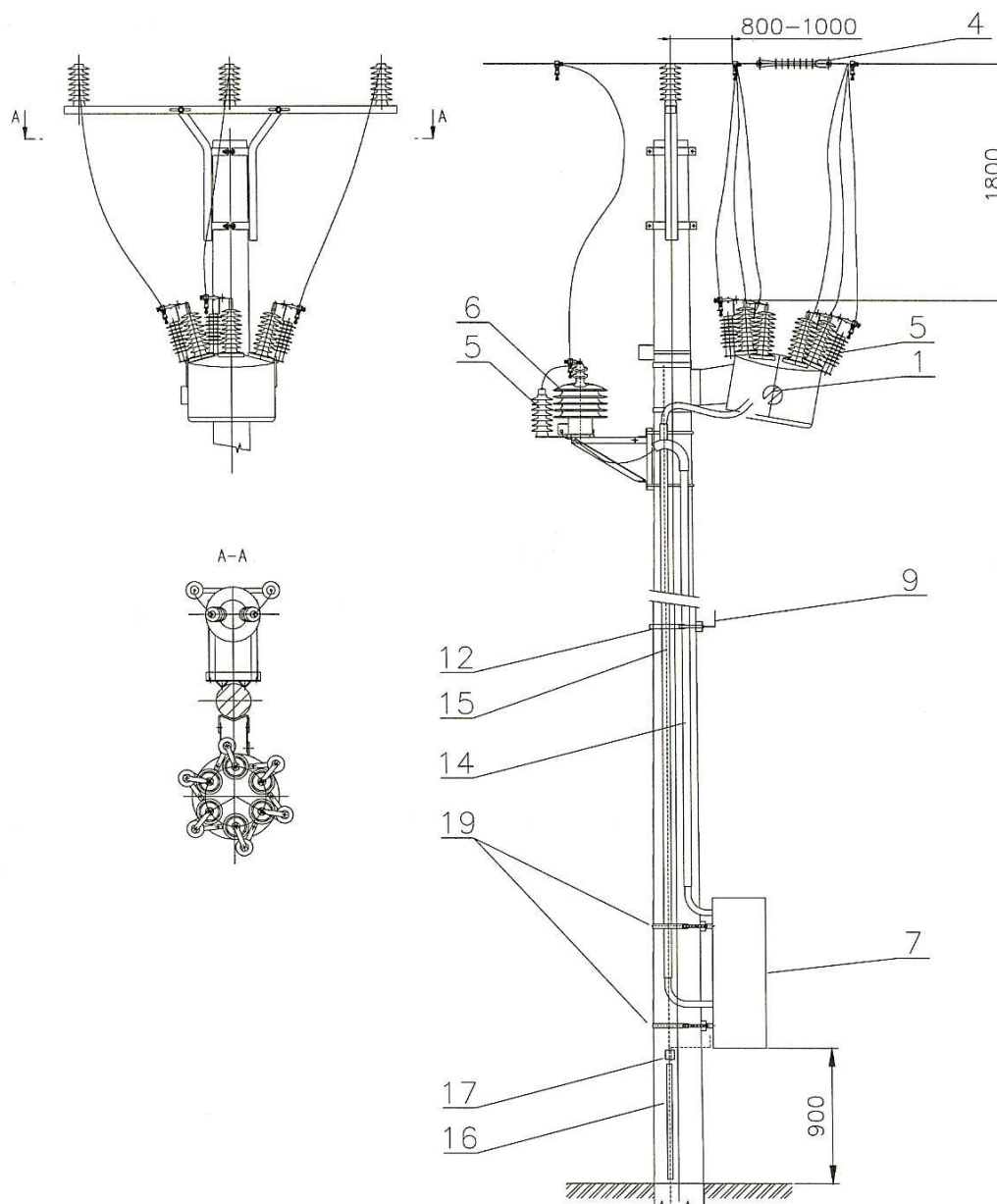
- automatické ochranné vypínání v minimálních časech a funkce OZ
- nezávislé funkce na dispečerském řízení
- možnost automatického vydělení místa poruchy a obnovení napájení do nepostižených částí sítě bez dělení sítě a zapínání do poruchy
- možnost nové filozofie provozování (zapojení) venkovních distribučních sítí
- vypínání a zapínání zkratových proudů
- vysoký počet cyklů ZAP/VYP
- vysoká spolehlivost

Některé typy recloserů využívaných v systémech dálkového ovládání:

- N-Series ACR, Merlin Gerin, Schneider Electric
- RL 27, Merlin Gerin, Schneider Electric
- U-Series, Merlin Gerin, Schneider Electric
- GVR 27, Dribo, a.s. (viz. obr. 5-1 a obr. 5-2)
- OSM 27, NOJA Power Australia Ptg. Ltd. [7]



Obr. 5-1 Recloser GVR 27



Obr. 5-2 Schématický náčrt recloseru GVR 27 [8]

Legenda k obr. 5-2

- 1 Vypínač GVR 27/12
- 4 Tahový izolátor DS-35G Fiberlink
- 5 Svodiče přepětí ABB
- 6 Napájecí dvoupólový transformátor VPT 25 (KPB-Intra)
- 7 Skříň dálkového ovládání DOU 1111R-GVR (SME)
- 9 Anténa
- 12 Stolička antény
- 13 Stupačky
- 14 Pancéřová trubka UPR s kabelem pro napájení skříně dálkového ovládání

- 15 Propojovací kabel vypínače GVR a ochrany AO 2.2-R
- 16 Ochranná dřevěná lišta
- 17 Měřicí svorka
- 19 Objímky pro upevnění skříně ke sloupu [8]

Oproti minulým technologickým řešením recloserů (např. GVR 27) přináší recloser OSM řadu výhod. Těmito výhodami jsou:

- podstatně menší rozměry a váha
- cena řádově poloviční
- nová technologie izolace bez SF₆
- podstatně vyšší počet cyklů ZAP/VYP a zkratových VYP
- nová technologie měření fázových proudů a napětí

Výsledné řešení sestavy dálkově ovládaných recloserů s recloserem OSM je cenově shodné s řešením dálkově ovládaných úsečníků při podstatně vyšších užitných vlastnostech. [7]

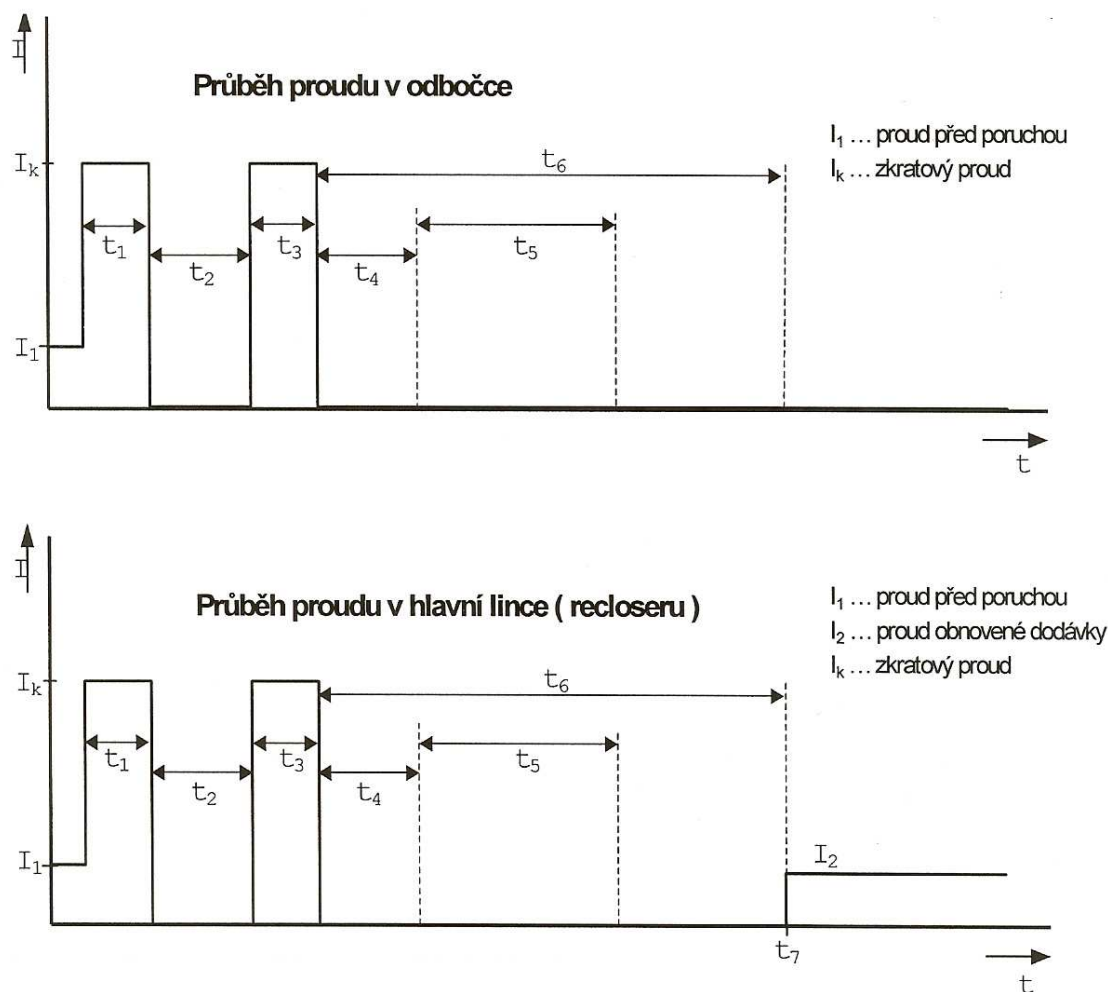
5.3.1 Měřené veličiny

- fázové proudy - proud I_0 - fázová napětí
- sousledná složka proudu I_1 - sousledná složka napětí U_1
- napětí U_0 - fázový posun mezi souslednou složkou napětí a proudu [7]

5.4 Důvody k nasazení recloserů

1. Reclosery se nasazují na dlouhé sítě z důvodu jejich rozdělení. Síť se takto rozdělí na více částí a v případě zkratu dojde k automatickému vydělení místa poruchy a obnovení napájení do nepostižených částí sítě bez dělení sítě a zapínání do poruchy.
2. Z hlediska selektivity se reclosery instalují v součinnosti s dálkově ovládanými odpínači. Ty jsou vybaveny elektronickým systémem pro automatické vypnutí odpínače při neúspěšném OZ nadřazeného vypínače (recloseru).

Součinnost obou přístrojů (vypínače na hlavní lince a dálkově ovládaného odpínače na odbočce) je založena na principu, že v případě neúspěšného OZ recloseru v důsledku poruchy (zkratu) v odbočce, kde je odpínač, dojde k jeho automatickému vypnutí v beznapěťové pauze. Druhý OZ recloseru se provede již do zdravé linky a odběratel v dalších odbočkách nebudou omezeni výpadkem proudu. Princip činnosti vysvětlují (na obr. 5-3) uvedené průběhy proudu na recloseru a daného odpínače na odbočce. [8]



Obr. 5-3 Průběhy proudů při působení recloseru [8]

Typické hodnoty:

$t_1 = 40 - 150$ ms	... první zkratový impuls
$t_2 = 0,3 - 3$ s	... beznapěťová pauza do prvního OZ
$t_3 = 40 - 150$ ms	... druhý zkratový impuls – neúspěšný první OZ
$t_4 = 0,9 - 1,5$ s	... pauza do vyslání povelu k vypnutí
$t_5 = 2 - 6$ s	... vlastní vypínací doba přístroje
$t_6 = 20$ s – 3 min	... beznapěťová pauza do druhého OZ
t_7	... čas obnovení dodávky el. energie v části vedení bez poruchy [8]

5.5 Obecné faktory ovlivňující výhodnost nasazení dálkově ovládaných prvků

Tato kapitola je dle [5]

Pro rozhodování o možnosti osazení dálkově ovládaných prvků je třeba vhodně posoudit obecná kritéria, která mohou mít v různých místech sítě odlišnou váhu.

Mezi tato kritéria pro nasazování dálkově ovládaných prvků lze zařadit:

- vzdálenost od místa výjezdu poruchové služby k místům s manipulací
- nedostupnost míst manipulací
- poruchovost vedení
- zatížení vedení před místem uvažovaného osazení dálkově ovládaných prvků
- ekonomická návratnost nasazení dálkově ovládaných prvků

Váhu každé poruchy určuje množství nedodané energie, způsobené touto poruchou. Pro určení konkrétních míst nasazení dálkově ovládaných prvků je třeba postupovat dle následujících vztahů:

$$n_1 + n_2 \leq W_1 * K \quad (5.1)$$

$$n_1 + n_2 \leq \sum_{x=1}^{x_p} \sum_{y=1}^{y_r} W_{xy} * K \quad (5.2)$$

kde

n_1 – náklady na pořízení, včetně instalace dálkově ovládaných prvků

n_2 – náklady na provoz a údržbu dálkově ovládaných prvků po dobu životnosti

W_1 – nedodaná energie, kterou eliminuje nasazení dálkově ovládaných prvků v síti při poruchách za dobu životnosti zařízení

K – cena 1 kWh nedodané energie

W_{xy} – nedodaná energie x-té poruchy y-tého chráněného dispečerského úseku

x_p – počet poruch v dispečerských úsecích, na které reagují dálkově ovládané prvky

y_r – počet chráněných dispečerských úseků

Celkový počet poruch a celkovou nedodanou energii při poruchách za dobu životnosti dálkově ovládaných prvků lze stanovit použitím průměrného počtu poruch a nedodané energie za určité vypovídající období. Toto se vztáhne k životnosti dálkově ovládaných prvků.

S pomocí takto zpracovaných dat lze určit místa vhodná pro nasazení dálkově ovládaných prvků.

5.6 Princip úspory nasazením dálkové ovládaných prvků na obecných příkladech

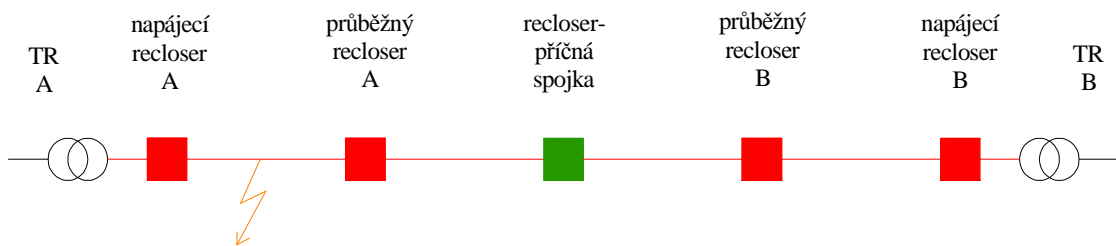
Materiály pro tuto kapitolu jsou z velké části použity z [5]

V této kapitole se budeme zabývat teoretickými úvahami o nasazení dálkově ovládaných spínacích prvků do venkovních vedení VN.

Úsporu použitím recloserů uvádíme ve dvou obecných příkladech jejich nasazení v síti:

Příklad č.1 – zapojení v zokruhované síti

Stav sítě před poruchou:



Obr. 5-4 Stav zokruhované sítě před poruchou [5]

Činnost při poruše v úseku č. 1:

- napájecí recloser A zareaguje na poruchu a vypne
- průběžný recloser A při ztrátě napětí na zdrojové straně automaticky změní skupinu nastavení a aktivuje funkci jednorázového vypnutí
- příčná spojka sepne v případě, že má napájení jen z jedné strany

Stav sítě po manipulacích:



Obr. 5-5 Stav zokruhované sítě po manipulacích [5]

Obecné ekonomické zhodnocení návratnosti recloserů dle daného zapojení:

Úspora nasazením recloserů musí být větší, než náklady spojené s jejich pořízením a údržbou po dobu jejich životnosti.

Úspora nasazením recloserů spočívá ve snížení nedodávky elektrické energie zákazníkům.

- V případě, že dojde k poruše na úseku č.1 na vedení bez použití recloserů, dojde k odpojení úseků č.1 i č.2. Vymanipulování na stav dle obr. 5-5, tzn. zapojení úseku č.2 závisí na dojezdové vzdálenosti posádky poruchové služby k úsekovému vypínači umístěnému v místě mezi úseky č.1 a č.2, a úsekovému vypínači – příčné spojky

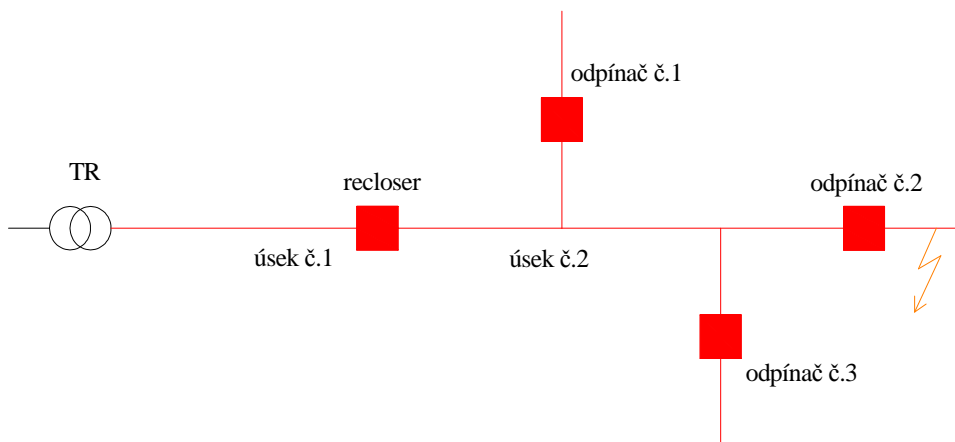
- V případě použití recloserů dojde k manipulacím během několika vteřin, po kterých je úsek č.2 již pod napětím.
- Stejným způsobem pracují reclosery, dojde-li k poruše zrcadlově ve větvi B.
- Dojde-li k odstranění poruchy a je zapnut napájecí recloser, dojde k automatickému nastavení původního chodu sítě – tj. před poruchou.

Z výše uvedeného vyplývá, že ekonomická návratnost v tomto případě je závislá na vhodném výběru vývodů a na vhodném umístění průběžných recloserů. Čím poruchovější je úsek č.1 (větvi A i B) a čím více zákazníků je napájeno z úseku č.2 (větvi A i B). tím více se sníží nedodávka elektrické energie.

Takovéto zapojení v zokruhované síti by bylo ekonomicky výhodné, ale v reálné síti není sériové řazení recloserů možné. Sériovým nasazením recloserů by se posunuly časy vypínání přípojnicových zkratů na transformátorech v transformovnách. Proto je možné nasadit do jedné linky jeden recloser a skombinovat jej s dálkově ovládanými úsečníky - viz. příklad č.2. Vzhledem k možnému dalšímu osazení recloserů do odboček se nedoporučuje jejich vkládání do kmenového vedení. Při nasazení recloserů je nutná kontrola na velikost zkratového proudu v místě osazení výpočtem (simulací).

Příklad č.2 – zapojení v paprskové síti

Stav sítě před poruchou:

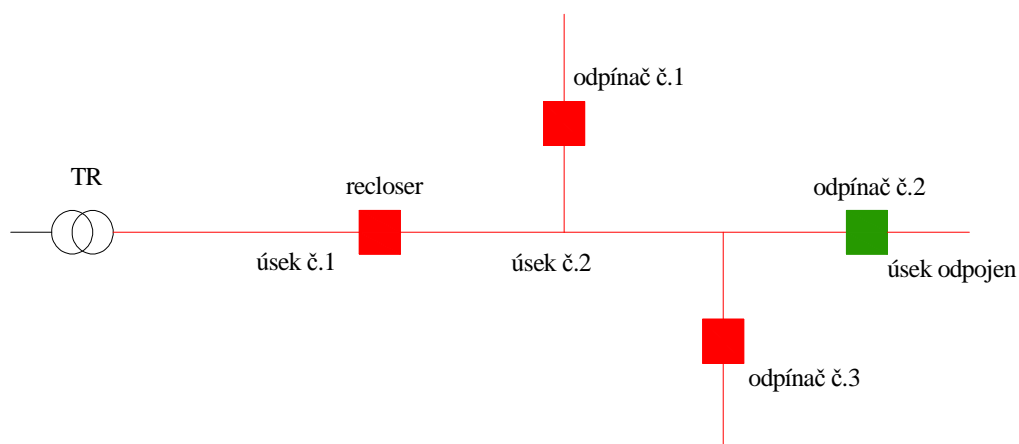


Obr. 5-6 Stav paprskové sítě před poruchou [5]

Činnost sítě při poruše v úseku za inteligentním odpínačem č. 2:

- recloser při poruše vypne
- recloser provede první OZ, ale porucha trvá
- recloser provede druhý OZ
- odpínač č. 2 rozepne v beznapěťové pauze 2. OZ recloseru, neboť zaregistroval nadproud nad předem definovanou hodnotu
- po dokončení druhého OZ recloseru dochází k obnovení dodávky, porucha je eliminována odpínačem č. 2

Stav sítě po manipulacích:



Obr. 5-7 Stav paprskové sítě po manipulacích [5]

Obecné ekonomické zhodnocení návratnosti dálkově ovládaných prvků dle daného zapojení:

Výše uvedeným způsobem pracuje i síť, ve které je recloser nahrazen ochranami vývodu na rozvodně. V takovém případě je však v při poruše vypínaný celý obvod. Výhoda použití recloseru spočívá v posunutí místa vypínání dále od rozvodny. Čím více odběratelů je v úseku č. 1, tím méně je nedodané energie při poruše. Proti tomuto tvrzení však působí skutečnost, že čím dále od rozvodny bude recloser umístěn, tím menší úsek č. 2 „pojme“, což znamená že zabezpečí tím méně poruch v daném vývodu.

Toto zapojení je výhodné v sítích, kdy v bezprostřední blízkosti rozvodny je velký počet odběrných míst (úsek č. 1), přičemž daný vývod je dlouhý a v jeho druhé části (úsek č. 2) je registrováno velké množství poruch, případně menší množství poruch s velkou dobou dojezdu.

6 RECLOSERY OSM 27 A GVR 27

V této kapitole jsou popsány dva zástupci recloserů dostupné na českém trhu.

Nasazením dálkově ovládaných recloserů lze dosáhnout:

- rychlého vyhledání místa poruchy ve vztahu ke směru napájení
- vyhledání místa poruchy bez postupného dělení sítě a bez zapínání do poruchy
- automatická eliminace místa poruchy a obnovení napájení do nepostižených částí v krátké době
- v případě poruchy se vypíná jen část vedení (menší počet postižených odběratelů)
- minimalizace ztrát na distribučním vedení, dělení kmene vedení v tzv. nulových bodech
- minimalizace následných poruch přepětím (při zapínání do poruchy)
- minimalizace doby nedodávky
- dispečerská dostupnost pro vytvoření náhradních provozních zapojení sítě
- zvýšení tržeb za dodávku el. energie
- snížení počtu manipulací při vytýčení místa s poruchou
- snížení zkratového namáhání přenosové cesty a snížení stárnutí izolace zejména u kabelových vedení [9]

6.1 Všeobecně o recloseru OSM27

Recloser OSM27 je elektricky ovládaný vakuový vypínač pro sítě vysokého napětí s maximálním provozovacím napětím do 27 kV včetně a jmenovitým proudem 630 A. Jedná se o malý kompaktní vypínač, který je určen pro instalaci na dřevěné, betonové nebo ocelové stožáry vysokého napětí. Recloser je vybaven elektromagnetickým pohonem s minimální spotřebou elektrické energie na ovládání. Na jeden cyklus ZAP-VYP se spotřebuje méně než 2 As (0,55 mAh). [9]

Vypínače OSM se vyznačují lehkou, přitom pevnou konstrukcí, která plně vyhovuje požadavkům kladeným na tyto druhy přístrojů z hlediska stavby venkovních silových vedení. Předností je snadná montáž na podpěrné body vedení, bezúdržbové provedení konstrukce vypínače – nerezový plech a vysoce odolné průchodky (z hlediska povětrnostních vlivů) ze silikonového kaučuku. [9]

6.2 Všeobecně o recloseru GVR 27

Plynně plněný vypínač GVR s vakuovými komorami představuje kombinaci vysoce spolehlivého vypínání elektrického oblouku ve vakuu a řízeného prostředí s vysokou dielektrickou pevností plynu SF₆ napuštěného v kompaktní bezúdržbové jednotce. Protože se plyn SF₆ používá pouze jako izolace, nevzniká tu nebezpečí toxických štěpných plynů v důsledku elektrického oblouku. Elektrická životnost je podstatně delší, než je požadováno normou ANSI a IEC. [10]

Magnetický pohon má stabilní provozní výkonnostní parametry a značně snižuje počet pohyblivých částí. Použité materiály, konečné opracování a povrchová úprava jsou pečlivě vybírány, jako např. průchodky, které jsou zkoušeny v prostředí solné mlhy na povrchové proudy a erozi podle IEC 1109, nebo permanentní magnety z materiálu neodýmium-železo-bór, použité v pohonném mechanismu. [10]

6.3 Funkční vlastnosti dálkově ovládaných recloserů

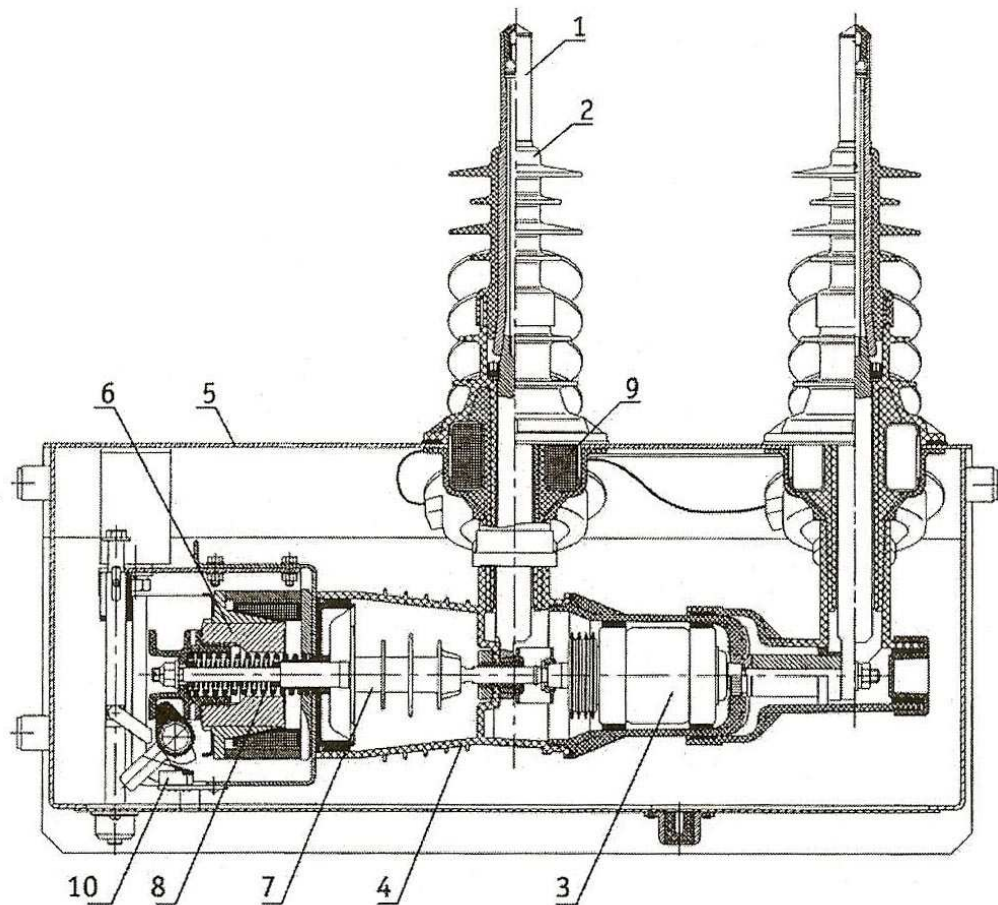
- a) Zhášení oblouku probíhá ve vakuové komoře.
- b) Jednoduchá konstrukce, časově nenáročná montáž (možnost instalace jako tzv. montáž pod napětím).
- c) Rychlé vypínání
- d) Minimální energetická náročnost pohonu na cyklus ZAP-VYP
- e) Vysoká životnost mechanických a elektrických částí.
- f) Velký počet vypnutí poruchových proudů.
- g) Možnost budování uzlových spínacích bodů s výkonovým spínáním přímo na vedení.
- h) Vyhodnocování proudové nesymetrie.
- i) Reclosery jsou vybaveny měřením proudu a napětí.
- j) Automatické funkce – záskok napájení
- k) Reclosery je možné dálkově ovládat z řídicího dispečinku.
- l) Parametrizace místní nebo dálková
- m) Možnost testování ochranných funkcí a měření odezvy pomocí testeru při uvádění do provozu nebo pravidelných prohlídkách. [9]

6.4 Popis recloseru OSM27

Vysokonapěťové průchodky (2) jsou ze silikonového kaučuku s roubíky (1) na připojení silových vysokonapěťových vodičů. Pod vysokonapěťovými průchodkami jsou instalovány proudové a napěťové senzory (9). Vypínací vakuová komora (3) je umístěna v nerezové skříni (5). Pohon pro vypínače je přes izolační táhlo (7) umístěný v tubusu z polykarbonátu. Elektromagnetický pohon (6) je doplněn pružinovým střídačem (8) pro vypnutí. Pomocné ovládání vypínače je přes táhlo (10). [9]

1. roubík pro připojení silových vodičů
2. průchodky ze silikonového kaučuku
3. vakuová vypínací komora
4. tubus z polykarbonátu
5. hliníková skříň vypínače
6. magnetický pohon
7. izolační táhlo
8. vypínací pružina

- 9. napěťové a proudové snímače
- 10. pomocné ovládání



Obr. 6-1 Řez venkovním vypínačem OSM27[7]

6.5 Základní ochranné funkce recloserů OSM27 a GVR 27

Tab. 6-1 Základní ochranné funkce recloserů OSM 27 a GVR 27

Základní ochranné funkce	OSM 27	GVR 27
nadproudová	ano	ano
zkratová	ano	ano
sepnutí studené zátěže	ano	ne
opětovné zapínání	ano	ano
podpěťová ochrana	ano	ne
frekvenční	ano	ne
Volba ochran	OSM 27	GVR 27
směrová	ano	ne
nesměrová	ano	ano
časově závislá	ano	ne
časově nezávislá	ano	ano

6.6 Technické parametry recloserů OSM27 a GVR 27

Tab. 6-2 Základní technické parametry recloserů OSM 27 a GVR 27

Základní technické parametry	OSM 27	GVR 27
maximální provozní napětí	27 kV	27 kV
jmenovitý proud	630 A	630 A
zapínací schopnost	12,5 kA	12,5 kA
vypínací schopnost	12,5 kA	12,5 kA
počet cyklů ZAP/VYP	30 000	10 000
váha	75 kg	145 kg

7 NÁVRH CHRÁNĚNÍ VEDENÍ PŘI ZAHRNUTÍ AUTOMATIZOVANÝCH ÚSEČNÍKŮ

Cílem této kapitoly je návrh ochrany pomocí recloserů na vývodu VN - viz obr. 7-1. Při návrhu nasazení recloserů do sítě budeme vycházet z výpočtů společnosti EGÚ Brno, a.s., která se zabývala optimalizací nasazení dálkově ovládaných prvků na vývodu VN 1. Cílem optimalizace bylo snížení nákladů na penalizace, plynoucí z nedodržení zákaznického standardu nepřetržitosti dodávky. V síti se zkoumala výhodnost nasazení mezi úsečником, dálkově ovládaným úsečником a recloserem. Výpočet byl proveden pro dva různé limity ročního počtu přerušování a roční souhrnné doby trvání přerušování viz. tab. 7-1 a tab. 7-2. Výše penalizace na jedno odběrné místo byla u obou variant shodná 500 Kč.

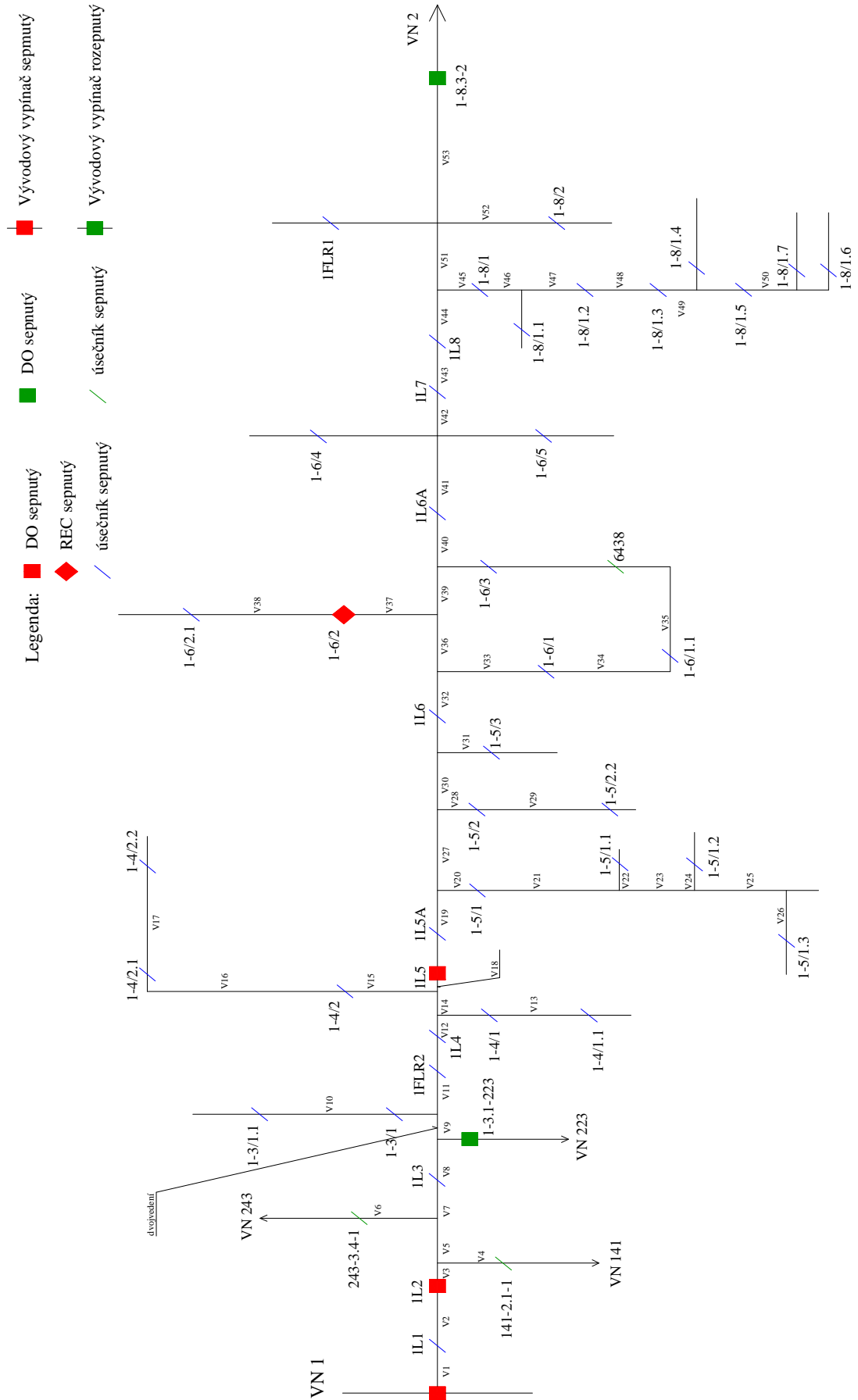
Tab. 7-1 Varianty nasazení Dálkově spínaných prvků na vývodu VN 1 seřazené sestupně podle NPV při $L_n = 6$ poruch/rok a $L_t = 720$ min/rok a penalizaci 500 Kč na jedno odběrné místo

$L_n = 6$ 1/rok $L_t = 720$ min/rok											$c_p = 500$ Kč				
Poř.dle NPV	SP									Počet		N_i [tis.Kč]	ΔC_p [tis.Kč/rok]	NPV [tis.Kč]	T_n [rok]
	1-5/1	1-5/2	1-6/2	1-8/1	1L2	1L4	1L5	1L6	1L6A	DO	REC				
souč. stav	-	-	REC	-	DO	-	DO	-	-						
1	REC	REC	-	-	-	-	-	REC	-	0	3	2400	866,4	3297,5	5,34
2	-	-	-	-	-	-	REC	REC	-	0	2	1600	687,8	3136,4	3,94
3	REC	REC	REC	-	-	-	-	REC	-	0	4	3200	988,4	2976,4	7,34
4	-	-	-	-	-	-	REC	-	-	0	1	800	496,9	2870,4	2,29
5	REC	-	-	-	-	-	REC	REC	-	0	3	2400	811,7	2831,8	6,05

Tab. 7-2 Varianty nasazení Dálkově spínaných prvků na vývodu VN 1 seřazené sestupně podle NPV při $L_n = 8$ poruch/rok a $L_t = 1080$ min/rok a penalizaci 500 Kč na jedno odběrné místo

$L_n = 8$ 1/rok $L_t = 1080$ min/rok											$c_p = 500$ Kč				
Poř.dle NPV	SP									Počet		N_i [tis.Kč]	ΔC_p [tis.Kč/rok]	NPV [tis.Kč]	T_n [rok]
	1-5/1	1-5/2	1-6/2	1-8/1	1L2	1L4	1L5	1L6	1L6A	DO	REC				
souč. stav	-	-	REC	-	DO	-	DO	-	-						
1	REC	REC	REC	-	-	-	-	-	REC	0	4	3200	1329,4	5879,2	4,17
2	REC	REC	REC	-	-	-	-	REC	-	0	4	3200	1322,9	5823,7	4,20
3	REC	REC	REC	REC	-	-	-	REC	-	0	5	4000	1465,4	5677,2	5,20
4	REC	REC	REC	-	-	-	-	REC	REC	0	5	4000	1456,2	5598,8	5,26
5	REC	REC	-	-	-	-	-	REC	-	0	3	2400	1134,5	5579,7	3,40

- Kde:
- L_n ... limit ročního počtu přerušování
 - L_t ... limit roční souhrnné doby trvání přerušování
 - c_p ... výše penalizace na jedno odběrné místo
 - NPV ... čistá současná hodnota (rozdíl mezi očekávanými příjmy z investice a investičními náklady)
 - N_i ... investiční náklady
 - ΔC_p ... snížení nákladů na penalizace
 - T_n ... doba návratnosti (doba, za kterou se investice splatí z příjmů)



Obr. 7-1 Zjednodušené schéma vývodu VN 1 a jeho současné vybavení

7.1 Nasazení recloserů při $L_n = 6$ poruch/rok a $L_t = 720$ min/rok a penalizaci 500 Kč

V reálné síti není možné sériové řazení recloserů, jak již bylo uvedeno v kapitole 5.6. Z tohoto důvodu je pro výše uvedené penalizace nejvýhodnější vybrat variantu č. 4 z tab. 7-1, kde je v síti nasazen pouze jeden recloser, který nahrazuje dálkový odpínač 1L5. Při nasazení jen jednoho recloseru je také nejnižší doba návratnosti a to 2,29 let jež je patrné z tab. 7-1.

Při nasazení recloserů je nutná kontrola výpočtem (simulací) na velikost zkratového proudu. Z tohoto důvodu je nutné spočítat zkratové poměry na dané síti. V síti jsme si určili čtyři místa zkratu (viz obr.7-2) a pro tyto místa vypočítali počáteční rázový zkratový proud trojfázového zkratu, počáteční rázový zkratový výkon trojfázového zkratu a počáteční rázový zkratový proud dvoufázového zkratu. Výpočet zkratových poměrů je uveden v kapitole 7.3, kde nám největší počáteční rázový zkratový proud trojfázového zkratu vyšel v bodě 2 a to 1,734 kA. Jelikož je vypínací schopnost recloseru 12,5 kA a zkratové proudy jsou menší, můžeme jej do sítě nasadit.

7.2 Nasazení recloserů při $L_n = 8$ poruch/rok a $L_t = 1080$ min/rok a penalizaci 500 Kč

Stejně jako u předchozí kapitoly 7.1 je nutné vybrat nejvhodnější variantu nasazení recloserů a to z tab. 7-2. Vzhledem k tomu, že není možné sériové řazení recloserů, musíme vybrat variantu, kde bude na hlavním vedení pouze jeden recloser, který lze skombinovat s dálkově ovládanými úsečnickými. Za této podmínky lze vybrat variantu č. 5 s nejmenším množstvím recloserů při nejmenších investičních nákladech. Vzhledem k tomu, že tato varianta má nejmenší investiční náklady, bude u ní nejnižší doba návratnosti, která činí 3,4 let. Na odbočkách s úsečnickými 1-5/1 a 1-5/2 budou tyto úsečnický nahrazeny reclosery, na hlavním vedení bude recloserem nahrazen úsečnick 1L6, který je až za uvedenými odbočkami a tudíž nenastává sériové řazení.

Jak již bylo napsáno v předchozí kapitole, je nutná kontrola na velikost zkratového proudu. Místa zkratu jsou na stejných místech jako u předchozího příkladu, a to za oběma nově nasazenými reclosery na odbočkách, dále za stávajícím recloserem 1-6/2, který by byl demontován a nahrazen úsečnickem, a dále na nejvzdálenějším místě od vývodu VN 1. S ohledem na zkratové poměry lze reclosery do sítě nasadit, protože největší zkratový proud trojfázového zkratu je v bodě 2 a to 1,734 kA, přičemž vypínací schopnost recloseru je 12,5 kA.

Problém ovšem nastane při překonfigurování sítě, kdy může vzniknout zkrat na začátku vedení (např.: mezi úsečnickem 1L1 a dálkovým odpínačem 1L2) a napájení sítě bude realizováno z vývodu VN2 sepnutím vývodového vypínače 1-8.3-2. V tomto případě nastane situace, kdy budou reclosery řazeny sériově, což není žádoucí. Teoretickým řešením by byl recloser s určitým typem blokovacího členu, který by se v případě změny směru napájení překonfiguroval a poté se choval jako dálkově ovládaný odpínač.

Z důvodu neexistence takového typu recloseru, který je popsán v předchozím odstavci není možné realizovat popsané zapojení v reálné síti.

Nasazením recloserů při $L_n = 8$ poruch/rok a $L_t = 1080$ min/rok a penalizaci 500 Kč za nedodržení těchto limitů, není možné dosáhnout snížení nákladů za nedodanou elektrickou energii při přerušení dodávky z důvodu technické nerealizovatelnosti všech variant z tab. 7-2.

Snížení nákladů za nedodanou energii by bylo možné jen tehdy, pokud byl v síti pouze jeden recloser v kombinaci s dálkově ovládanými odpínači.

7.3 Výpočet zkratových poměrů na zadané síti

7.3.1 Obecný výpočet

Pro výpočet indukčnosti musíme nejdříve spočítat střední geometrickou vzdálenost fázových vodičů:

$$d = \sqrt[3]{d_{12} \cdot d_{13} \cdot d_{23}} \quad (7.1)$$

Poté vypočítáme indukčnost jako:

$$L = 0,46 \cdot \log \frac{d}{r} + 0,05 \cdot \mu_r \quad (7.2)$$

Z vypočítané indukčnosti nadále určíme induktivní reaktanci na jednotku délky:

$$X_{1k} = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L \quad (7.3)$$

Podélná impedance vedení na jednotku délky:

$$Z_{1k} = \sqrt{R_{1k}^2 + X_{1k}^2} \quad (7.4)$$

Celková impedance vedení:

$$Z_1 = Z_{1k} \cdot l \quad (7.5)$$

Přepočtení parametrů prvků obvodu na základní obvod:

Výsledná impedance od místa zkratu ke zdroji:

$$Z = \sum_{i=1}^n Z_i \quad (7.6)$$

Počáteční rázový zkratový proud trojfázového zkratu:

$$I_k^{(3)} = \frac{c \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot Z} \quad (7.7)$$

Počáteční rázový zkratový proud dvoufázového zkratu:

$$I_k^{(2)} = \frac{c \cdot U_n}{2 \cdot Z} \quad (7.8)$$

Pro výpočet je nutné určit parametry vedení:

Tab. 7-3 Parametry vedení potřebné k výpočtu zkratových poměrů

vedení	průřez	délka	průměr	odpor	indukčnost	induktivní reaktance	impedance na jednotku délky	celková impedance vedení		
	[mm ²]	[m]	[mm]	[Ω/km]	[mH/km]	[Ω/km]	[Ω/km]	[Ω]		
V1	120	30	14,96	0,256	1,14698	0,36033	0,44201	0,013260		
V2	120	3380	14,96	0,256	1,14698	0,36033	0,44201	1,494008		
V3	120	46	14,96	0,256	1,14698	0,36033	0,44201	0,020333		
V4	70	76	11,7	0,423	1,19608	0,37576	0,56580	0,043000		
V5	70	1395	11,7	0,423	1,19608	0,37576	0,56580	0,789285		
V6	35	40	9	0,6757	1,24850	0,39223	0,78129	0,031252		
V7	70	1275	11,7	0,423	1,19608	0,37576	0,56580	0,721389		
V8	70	369	11,7	0,423	1,19608	0,37576	0,56580	0,208779		
V9	2X70	570	11,7	0,423	1,19608	0,37576	0,56580	0,322503		
V10	35	422	9	0,6757	1,24850	0,39223	0,78129	0,329704		
V11	70	2946	11,7	0,423	1,19608	0,37576	0,56580	1,666834		
V12	70	150	11,7	0,423	1,19608	0,37576	0,56580	0,084869		
V13	70	2201	11,7	0,423	1,19608	0,37576	0,56580	1,245316		
V14	70	150	11,7	0,423	1,19608	0,37576	0,56580	0,084869		
V15	70	26	11,7	0,423	1,19608	0,37576	0,56580	0,014711		
V16	35	898	9	0,6757	1,24850	0,39223	0,78129	0,701597		
V17	70	390	kabelové vedení není nutné počítat pro zadaná místa zkratu							
V18	70	1905	11,7	0,423	1,19608	0,37576	0,56580	1,077841		
V19	70	480	11,7	0,423	1,19608	0,37576	0,56580	0,271582		
V20	70	80	11,7	0,423	1,19608	0,37576	0,56580	0,045264		
V21	70	2125	11,7	0,423	1,19608	0,37576	0,56580	1,202316		
V22	70	60	11,7	0,423	1,19608	0,37576	0,56580	0,033948		
V23	50	1985	9	0,6757	1,24850	0,39223	0,78129	1,550858		
V24	50	237	9	0,6757	1,24850	0,39223	0,78129	0,185165		
V25	50	1210	9	0,6757	1,24850	0,39223	0,78129	0,945359		
V26	35	2125	9	0,6757	1,24850	0,39223	0,78129	1,660238		
V27	70	1790	11,7	0,423	1,19608	0,37576	0,56580	1,012774		
V28	70	57	11,7	0,423	1,19608	0,37576	0,56580	0,032250		
V29	70	454	11,7	0,423	1,19608	0,37576	0,56580	0,256871		
V30	70	1273	11,7	0,423	1,19608	0,37576	0,56580	0,720258		
V31	35	35	9	0,6757	1,24850	0,39223	0,78129	0,027345		
V32	70	720	11,7	0,423	1,19608	0,37576	0,56580	0,407373		
V33	70	60	11,7	0,423	1,19608	0,37576	0,56580	0,033948		
V34	70	1090	11,7	0,423	1,19608	0,37576	0,56580	0,616717		
V35	70	232	kabelové vedení není nutné počítat pro zadaná místa zkratu							
V36	70	353	11,7	0,423	1,19608	0,37576	0,56580	0,199726		
V37	35	25	9	0,6757	1,24850	0,39223	0,78129	0,019532		
V38	70	3234	11,7	0,423	1,19608	0,37576	0,56580	1,829783		
V39	70	790	11,7	0,423	1,19608	0,37576	0,56580	0,446979		
V40	70	1552	11,7	0,423	1,19608	0,37576	0,56580	0,878115		

V41	70	80	11,7	0,423	1,19608	0,37576	0,56580	0,045264
V42	70	932	11,7	0,423	1,19608	0,37576	0,56580	0,527321
V43	70	818	11,7	0,423	1,19608	0,37576	0,56580	0,462821
V44	70	319	11,7	0,423	1,19608	0,37576	0,56580	0,180489
V45	70	72	11,7	0,423	1,19608	0,37576	0,56580	0,040737
V46	70	984	11,7	0,423	1,19608	0,37576	0,56580	0,556743
V47	70	1120	11,7	0,423	1,19608	0,37576	0,56580	0,633691
V48	70	1722	11,7	0,423	1,19608	0,37576	0,56580	0,974300
V49	70	1247	11,7	0,423	1,19608	0,37576	0,56580	0,705547
V50	35	812	9	0,6757	1,24850	0,39223	0,78129	0,634406
V51	70	923	11,7	0,423	1,19608	0,37576	0,56580	0,522229
V52	70	45	11,7	0,423	1,19608	0,37576	0,56580	0,025461
V53	70	1160	11,7	0,423	1,19608	0,37576	0,56580	0,656323

7.3.2 Číselně

Předpokládáme, že jde o starší síť s rovinnými konzolami vn na betonové sloupy pro jednoduchá vedení dle [11]:

Střední geometrickou vzdálenost fázových vodičů vypočítáme dle (7.1):

$$d = \sqrt[3]{1440 \cdot 2880 \cdot 1440} = 1814 \text{ mm}$$

Ke spočítání indukčnosti vedení V1 použijeme vzorec (7.2) a údaje o poloměru AlFe lan z [12], které jsme uvedli v tab. 7-3:

$$L = 0,46 \cdot \log \frac{1814}{7,48} + 0,05 \cdot 1 = 1,1469784 \text{ mH / km}$$

Induktivní reaktance vedení V1 poté spočteme dle (7.3):

$$X_{1k} = 2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 1,1469784 = 0,360333896 \Omega / \text{km}$$

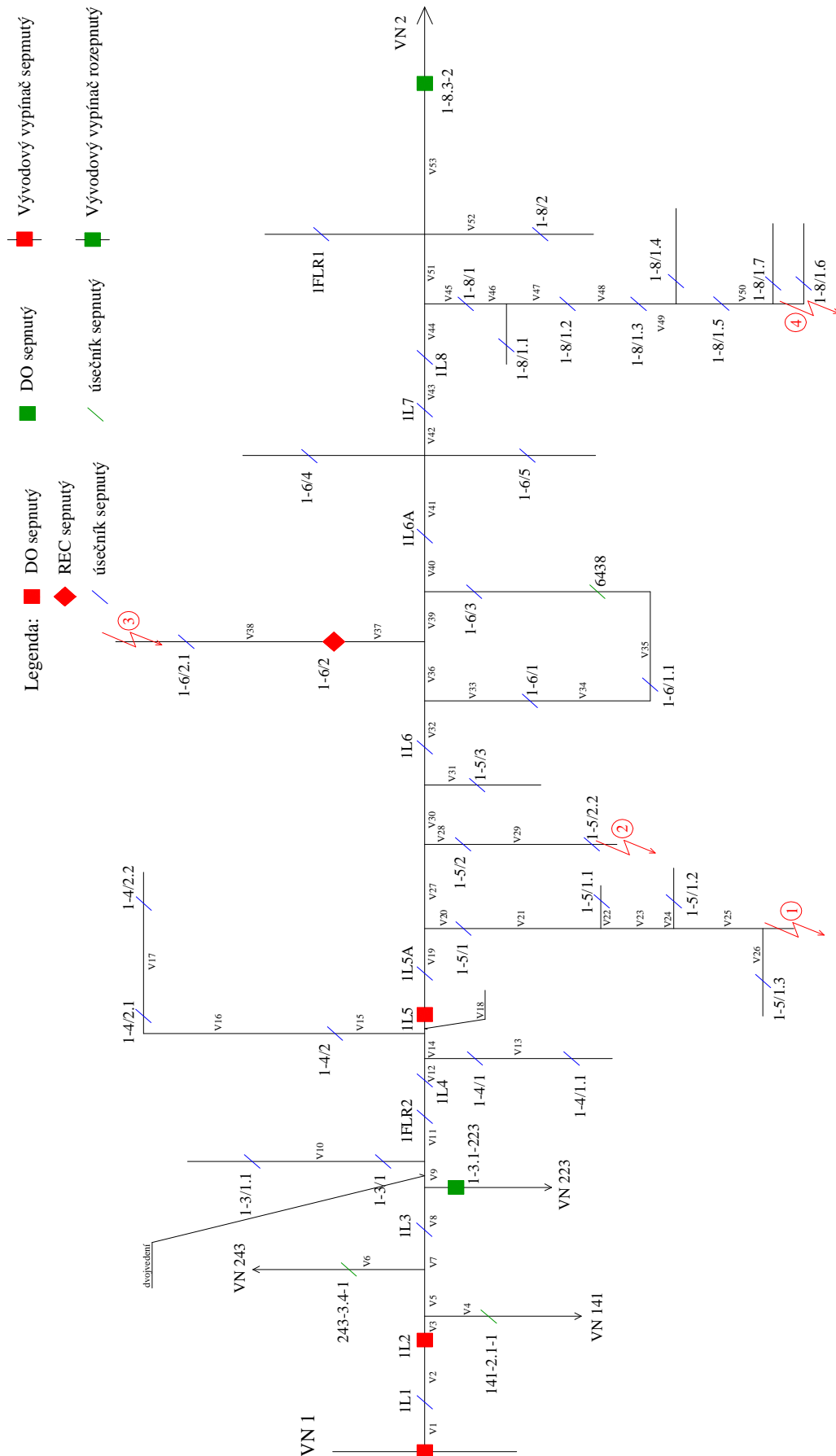
K výpočtu podélné impedance vedení V1 na jednotku délky, musíme znát rezistenci vedení na jednotku délky R_k . Hodnoty R_k určíme z [12] a Z_k určíme z (7.4):

$$Z_{1k} = \sqrt{0,256^2 + 0,360333896^2} = 0,4420142 \Omega / \text{km}$$

Přepočtená impedance jednoho vedení V1 dle (7.5):

$$Z_1 = 0,442014 \cdot 0,03 = 0,01326 \Omega$$

Vypočítané hodnoty indukčností, reaktancí, podélných impedancí na jednotku délky a celkových impedancí všech vedení jsou uvedeny v tab. 7-3.



Obr. 7-2 Určená místa zkratu na schématu vývodu VN 1

7.3.2.1 Zkrat v bodě 1:

Výsledná impedance od místa zkratu ke zdroji dle (7.6):

$$Z = 10,5333\Omega$$

Počáteční rázový zkratový proud trojfázového zkratu vypočteme pomocí vzorce (7.7):

$$I_k^{(3)} = \frac{1,1 \cdot 22 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 10,5333} = 1,326kA$$

Počáteční rázový zkratový proud dvoufázového zkratu poté vypočítáme pomocí vzorce (7.8):

$$I_k^{(2)} = \frac{1,1 \cdot 22 \cdot 10^3}{2 \cdot 10,5333} = 1,149kA$$

7.3.2.2 Zkrat v bodě 2:

Výsledná impedance od místa zkratu ke zdroji dle (7.6):

$$Z = 8,0574\Omega$$

Počáteční rázový zkratový proud trojfázového zkratu vypočteme pomocí vzorce (7.7):

$$I_k^{(3)} = \frac{1,1 \cdot 22 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 8,0574} = 1,734kA$$

Počáteční rázový zkratový proud dvoufázového zkratu poté vypočítáme pomocí vzorce (7.8):

$$I_k^{(2)} = \frac{1,1 \cdot 22 \cdot 10^3}{2 \cdot 8,0574} = 1,502kA$$

7.3.2.3 Zkrat v bodě 3:

Výsledná impedance od místa zkratu ke zdroji dle (7.6):

$$Z = 10,9449\Omega$$

Počáteční rázový zkratový proud trojfázového zkratu vypočteme pomocí vzorce (7.7):

$$I_k^{(3)} = \frac{1,1 \cdot 22 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 10,9449} = 1,277kA$$

Počáteční rázový zkratový proud dvoufázového zkratu poté vypočítáme pomocí vzorce (7.8):

$$I_k^{(2)} = \frac{1,1 \cdot 22 \cdot 10^3}{2 \cdot 10,9449} = 1,106 \text{ kA}$$

7.3.2.4 Zkrat v bodě 4:

Výsledná impedance od místa zkratu ke zdroji dle (7.6):

$$Z = 15,1821 \Omega$$

Počáteční rázový zkratový proud trojfázového zkratu vypočteme pomocí vzorce (7.7):

$$I_k^{(3)} = \frac{1,1 \cdot 22 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 15,1821} = 0,920 \text{ kA}$$

Počáteční rázový zkratový proud dvoufázového zkratu poté vypočítáme pomocí vzorce (7.8):

$$I_k^{(2)} = \frac{1,1 \cdot 22 \cdot 10^3}{2 \cdot 15,1821} = 0,797 \text{ kA}$$

8 ZÁVĚR

V dnešní době jsou kladeny mnohem vyšší požadavky na spolehlivost dodávky elektrické energie. Proto jsou na zabezpečení bezporuchového provozu kladeny stále vyšší nároky na rychlé a správné likvidování vzniklých poruch. Ke zmírnění následků poruch v elektrizační soustavě slouží ochrany instalované na výstupech z rozvodů, jejichž úkolem je zajistit provozní bezpečnost a spolehlivost elektrizační soustavy.

Tato práce mapuje systém chránění elektrizačních soustav. Jsou zde vyjmenovány veškeré typy ochrany a dále také podrobněji popsány nejpoužívanější ochrany. V práci jsou také popsány automatiky opětného zapínání, které u přechodných poruch zkracují dobu výpadku dodávky energie a můžou také zabránit ztrátě stability chodu elektrizační soustavy. Pro spolupráci s automatikou opětného zapínání lze použít všechny druhy ochrany vedení jen pokud jde o vedení s jedním zdrojem. Při oboustranně napájeném vedení nastávají problémy, když automatika opětného zapínání pro svoji správnou funkci vyžaduje vypínání na obou koncích chráněného úseku.

Pro nastínění praktického využití je v další kapitole diplomové práce schématicky znázorněno nastavení ochrany v okružním vedení z napájecí rozvodny Medlánky. Na tomto vedení jsou vidět vypínací časy ochrany a také směrové členy ochrany. Jsou zde také nasimulovány dvě místa zkratu s popsaným selektivním působením ochrany.

Dále je v práci popsána koordinace ochrany s automatizovanými úsečníky. Jsou zde popsány dálkově ovládané prvky a to recloser (dálkově ovládaný vypínač) a dálkový inteligentní odpínač s důvody nasazení recloserů do venkovních vedení elektrizační soustavy. Prvním důvodem je nasazení na dlouhé sítě pro jejich rozdělení. Síť se takto rozdělí na více částí a v případě zkratu dojde k automatickému vydělení místa poruchy a obnovení napájení do nepostižených částí sítě bez dělení sítě a zapínání do poruchy. Druhým hlavním důvodem je instalace recloseru v součinnosti s dálkově ovládanými odpínači z hlediska selektivity. Odpínače jsou vybaveny elektronickým systémem pro automatické vypnutí odpínače při neúspěšném OZ recloseru. V práci jsou dále teoretické úvahy o nasazení více recloserů do venkovních vedení VN. Z těchto úvah vyplývá, že vzhledem k selektivitě není možné nasazení dvou a více recloserů do kmenového vedení sítě.

V další kapitole jsou popsány dva zástupci recloserů dostupné na českém trhu a to OSM 27 a GVR 27. Kapitola popisuje čeho lze jejich nasazením dosáhnout, funkční vlastnosti a také porovnává jejich technické parametry a základní ochranné funkce.

Závěr práce obsahuje návrh chránění vedení na vývodu VN při nasazení automatizovaných úsečníků (dálkově ovládaných úsečníků a recloserů). Návrh vychází z výpočtů společnosti EGÚ Brno, a.s., jejichž cílem bylo snížení nákladů na penalizaci. V síti se zkoumala výhodnost nasazení mezi úsečníkem, dálkově ovládaným úsečníkem a recloserem. Výpočet byl proveden pro dva různé limity ročního počtu přerušení a roční souhrnné doby trvání přerušení dodávky elektrické energie. Pro tyto limity má společnost EGÚ Brno, a.s. navrženo několik variant nasazení dálkově ovládaných prvků. Naším úkolem bylo vybrat reálně použitelnou variantu.

Pro limity $L_n = 6$ poruch/rok a $L_t = 720$ min/rok a penalizaci 500 Kč za nedodržení těchto limitů přicházela v úvahu pouze varianta č.4 z tab. 7-1 a to z toho důvodu, že v reálné síti není možné sériové řazení recloserů. Při této variantě je v síti nasazen pouze jeden recloser, který nahrazuje dálkový odpínač 1L5. Při nasazení recloserů je nutná kontrola na velikost zkratového

proudu. Jelikož je vypínací schopnost recloseru 12,5 kA a zkratové proudy jsou menší, můžeme jej do sítě nasadit.

Pro limity $L_n = 8$ poruch/rok a $L_r = 1080$ min/rok a penalizaci 500 Kč za nedodržení těchto limitů, není možné dosáhnout snížení nákladů z důvodu technické nerealizovatelnosti všech variant z tab. 7-2. Možnou variantou pro snížení nákladů za nedodanou energii při přerušení dodávky by bylo nasazení jednoho recloseru ve vhodné kombinaci s dálkově ovládanými odpínači.

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] HALUZÍK, E. Ochrany a automatiky v elektrických sítích, Vysoké učení technické v Brně, Brno 1985
- [2] DOHNÁLEK, P. Ochrany pro průmysl a energetiku, SNTL, Praha 1991
- [3] HALUZÍK, E., WEIDIGER, L., KRÁTKÝ, M. Ochrany a jištění energetických zařízení. Vysoké učení technické v Brně, Brno 2003
- [4] VÁVRA, Z. Vysoké napětí a elektrické přístroje, Část II Elektrické přístroje, Vysoké učení technické v Brně, Brno
- [5] ČERNÝ, R., JELÍNEK, M., BOŘEK, J. Automatizace distribuční soustavy vn ČEZ Distribuce, a.s. pomocí d.o. prvků. *Konference ČK CIRED 2007*, Tábor 6-7. 11. 2007, 16 stran
- [6] HENDRYCHOVÁ, S. Dálkově ovládané úsečníky zvyšují spolehlivost dodávek elektrické energie v severních Čechách [on line]. Tisková zpráva Skupiny ČEZ, 1.11.2007 <http://www.cez.cz/cs/o-spolecnosti/media/tiskove-zpravy/1720.html>
- [7] MEJTA, F. Nové spínací prvky v distribučních sítích, *Elektrotechnický magazín* 3/2006
- [8] Ochrany venkovních vedení vn a jejich koordinace s automatizovanými úsečníky: Vrba J., 2009, Dribo, spol. s. r.o., osobní konzultace
- [9] EGÚ ČB, A.S., Technický popis SADS, Systém pro automatizaci provozu distribučních soustav, Automatický dálkově ovládaný venkovní vypínač SADS-OSM 27, České Budějovice, 7/2004
- [10] DRIBO, spol. s.r.o., Venkovní vypínač GVR Recloser Whipp & Bourne Switchgear, Brno, 11/2005
- [11] ČIHÁK, K. Katalogový list Materiálový standard ČEZ Distribuce, a.s., Konzoly vn na betonové sloupy pro jednoduchá vedení, 20. 2. 2009
- [12] ZÁVODNÝ, J. Katalogový list Materiálový standard ČEZ Distribuce, a.s., Lana AlFe vn dle ČSN EN 50 182, 30. 10. 2008

