VŠB-Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2010 Lukáš Merta

VŠB-Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra elektroenergetiky

Nasazování dálkově ovládaných a automatizačních prvků v sítích vn.
Settings of RC Elements in MV Networks

2010 Lukáš Merta

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra elektroenergetiky

Zadání bakalářské práce

Student: **Lukáš Merta**

Studijní program: B2645 Elektrotechnika, sdělovací a výpočetní technika

Studijní obor: 3907R001 Elektroenergetika

Téma: Nasazování dálkově ovládaných a automatizačních prvků v sítích vn.

Settings of RC Elements in MV Networks

Zásady pro vypracování:

1.Teoretický rozbor řízení distribučních sítí vn
2.Systémy dálkového ovládání odpínačů ve venkovních sítích vn
3.Možnosti náhrady stávajících úsečníků dálkově ovládanými odpínači nebo reclosery
4.Využití dalších automatizačních prvků ve venkovních sítích vn

Seznam doporučené odborné literatury:

1.Santarius, P.:Elektrické stanice a vedení. Skripta VŠB TU 1990
2.Novotný V., Vávra Z.: Spínací přístroje a rozváděče na vn. SNTL 1986
3.Krychtálek Z., Pauza J.: Elektrické stanice SNTL 1989
4.Hodinka,M., Fecko,Š:, Němeček,F.: Přenos a rozvod elektrické energie. SNTL 1989 Praha
5.Trojánek,Z., Hájek J.,Kvasnica,P.: Přechodové jevy v el. soustavách, SNTL 1988 Praha
6.Normy ČSN, firemní literatura, technická dokumentace

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Dr.Ing. Jiří Gurecký**

Datum zadání: 20.11.2009
Datum odevzdání: 07.05.2010

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ-TECHNICKÁ UNIVERZITA * Fakulta elektrotechniky a informatiky * OSTRAVA *

prof. Ing. Stanislav Rusek, CSc.
vedoucí katedry

prof. Ing. Ivo Vondrák, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Ostravě dne 7.5.2010 Podpis studenta

Poděkování

Děkuji svému vedoucímu bakalářské práce panu Doc. Dr. Ing. Jiřímu Gureckému za poskytnutí rad, připomínek a literatury.

Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá nasazováním dálkově ovládaných a automatizačních prvků v sítích vn. Popisuje systémy řízení distribučních síti vn. Systémy stávajících odpínačů, tak především nahrazení za automaticky ovládané odpínače. Jejich přínos a výhody v sítích vn. Možnosti náhrady stávajících úsečníků moderními odpínači nebo reclosery. Jsou zde popsány systémy dálkového ovládání úsečníků. Dále použití a popis funkce venkovního vypínače GVR Recloser. A využití dalších automatizačních prvků v sítich vn, jako je recloser OSM 27, vn elektronické ochrany Sepam 10, inteligentní zátěž pro potlačení ferrorezonance a bezdotykový indikátor průchodu zkratového proudu a zemního spojení na vedeních vn.

Klíčová slova

dálkově ovládaný odpínač, recloser, vn elektronické ochrany, multikriteriální analýzy, odpínač, inteligentní zátěž pro potlačení ferorezonance, bezdotykový indikátor průchodu zkratového proudu a zemního spojení na vedeních vn

Abstract

Bachelor thesis and deploying remote-controlled automation components in high voltage networks. Describes the management systems of distribution network voltage. Existing systems, isolators, and especially the replacement of the automatically operated switch. Their benefits and advantages in high voltage networks. The possibility of substituting the existing section switch or disconnecting switches modern Recloser. Are described in Section switch remote control systems. Furthermore, using a description of the outdoor switch GVR Recloser. A further use of automation components in high voltage networks, as OSM Recloser 27 MV electronic protection Sepam 10, an intelligent load suppression ferrorezonance and contactless indicator of the passage of short-circuit current and earth fault on HV lines.

Key words

remote control switch, Recloser, MV electronic security, multi-criteria analysis, switch, intelligent load suppression Ferroresonance, contactless indicator pass short-circuit current and earth fault on HV lines

Seznam použitých symbolů a zkratek

A	ampér
ANSI	americká standardizační organizace
Bd	Baud (jednotka modulační rychlosti)
CDA	analýza shody a neshody
CDS	centrální a dispečerské stanice
CPU	centrální jednotka
DOR	dálkově ovládaný recloser
DOS	dálkově ovládaná stanice
DOÚ	dálkově ovládaný odpínač
GPRS	mobilní datová služba
GSM	globální systém pro mobilní komunikaci
GVR	recloser
Hz	hertz
I	proud
I_0	proud naprázdno
IEC	označení pro normy (standardy)
IP	označení stupně krytí
IPA	analýza ideálních bodů
KB	kilobyt
kg	kilogram
ks	kusů
kV	kilovolt
kVA	kiloVoltAmpér
mm	milimetr
MCA	multikriteriální analýza
MHz	megahertz
MTP	měřící transformátor proudu
ms	milisekunda
mV	milivolt
nn	nízké napětí
OZ	opětné zapnutí
PC	osobní počítač
PCMCIA	slot (rozhraní)
SADS	systém pro automatizaci provozu distribučních sítí
SF_6	fluorid sírový
V	volt
V	vývodový odpínač
VKV	velmi krátké vlny
vn	vysoké napětí
vvn	velmi vysoké napětí
VYP/ZAP	vypnuto/zapnuto
WSA	metoda váženého součtu
zvn	zvlášť vysoké napětí

OBSAH

1. Úvod……..……9
2. Teoretický rozbor řízení distribučních sítí vn……..……...10
2.1. Základní druhy rozvodných sítí……...10
2.1.1. Schémata jednotlivých druhů rozvodů……..10
2.1.2. Další dělení elektrických sítí……12
2.1.3. Požadavky kladené na elektrické sítě……...12
2.2. Elektrické stanice.....13
2.2.1. Hlavní části elektrických stanic.....14
2.2.2. Schémata elektrických stanic.....14
2.2.3. Odbočky.....14
2.2.4. Přípojnice.....15
2.2.5. Konstrukční řešení elektrických stanic.....17
2.3. Distribuční soustava.....17
3. Systémy dálkového ovládání odpínačů ve venkovních sítích vn.....18
3.1. Odpínač-úsekový vypínač (úsečník).....18
3.1.1. Venkovní odpínač typ CUB 2.....18
3.1.2. Venkovní odpínač typ CUB 3.....19
3.1.3. Venkovní odpínač typ FLE.....19
3.1.4. Venkovní odpínač typ FLE E.....19
3.1.5. Venkovní odpínač typ FLE S a FLE SP.....20
3.1.6. Venkovní odpínač typ LEV.....20
3.1.7. Venkovní růžkový úsečník typ VLK.....20
3.1.8. Venkovní růžkový úsečník typ VLK E.....21
3.1.9. Venkovní odpínač typ KBE 3 S a KBE 3 SP.....21
3.2. Dálkové ovládání odpínaču vn.....22
3.2.1. Hlavní komponenty.....22
3.2.1.1. Komunikační síť.....22
3.2.1.2. Řídicí systémy DOS.....23
3.2.2. Komunikační a řídicí systém COM-ENERGO.....23
3.2.3. Celkový popis dálkově ovládaného úsekového odpínače.....26
3.2.4. Systém SADS.....26
3.2.4.1. Systém tvoří.....27
3.2.4.2. Základní systémové automatizační funkce.....27
3.2.4.3. Komunikace systému.....28
3.2.5. Venkovní vypínače GVR Recloser.....30
3.2.5.1. Ekologicky příznivá konstrukce.....30
3.2.5.2. Použití.....31
3.2.5.3. Popis funkce.....31
4. Možnosti náhrady stávajících úsečníku dálkově ovládanými odpínači nebo reclosery33
4.1. Metodiky výběru vhodných lokalit umístění dálkově ovládaných odpínačů.....33
4.1.1. Zjednodušené ekonomické hodnocení.....33
4.1.2. Klasické rozhodovací hodnocení.....34
4.1.3. Multikriteriální analýza.....34
4.1.4. Analýza ideálních bodů (IPA).....34
4.1.5. Analýza shody a neshody (CDA).....35
4.1.6. Srovnání metod analýzy IPA a CDA.....36
4.1.7. Další metody MCA.....36
4.2. Odpínače venkovních distribučních sítí s komorovým zhášením.....36

5. Využití dalších automatizačních prvků ve venkovních sítích vn.....37
5.1. Recloser OSM 27.....37
5.1.1. Technický popis recloseru OSM.....38
5.1.2. Základní přehled a rozměry.....38
5.1.3. Konstrukce OSM 27.....39
5.1.4. Zpracování signálu z napěťových a proudových snímačů.....40
5.1.5. Možnosti využití reclosérů ve vn sítích.....41
5.2. VN elektronické ochrany Sepam 10.....41
5.2.1. Hlavní výhody nové řady ochran Sepam 10.....42
5.2.2. Integrace v dálkovém řídicím systému.....43
5.2.3. Funkce ochran.....43
5.3. Inteligentní zátěž pro potlačení ferrorezonance.....44
5.4. Bezdotykový indikátor průchodu zkratového proudu a zemního spojení na vedení vn.....44
6.Závěr.....45

Literatura

1. ÚVOD

V dnešní době, kdy se neustále rozvijí a zvyšuje lidská populace. Jsou s tím spojené zvýšené nároky obyvatelstva a průmyslu. Nároky v podobě neustále vyššího komfortu, které velkou měrou zasáhly i elektroenergetiku, která se zabývá výrobou, přenosem, rozvodem, transformací a konečným užitím elektrické energie. S neustále rostoucí spotřebou elektrické energie roste také požadavek na její kvalitu a spolehlivou dodávku. Navíc v době, kdy zasáhla ekonomická krize všechny odvětví (průmysl, domácnosti atd.) je snaha energetických společností snížit náklady spojené s výrobou, přenosem a distribucí elektrické energie. Jedno z řešení je nasazování dálkově ovládaných a automatizačních prvků v sítích vn. Toto vede k modernizaci, usnadnění a zrychlení ovládání sítě.

Tímto problémem v podobě nasazování dálkově ovládaných automatizačních prvků v sítích vn se zabývá tato bakalářská práce.

2. TEORETICKÝ ROZBOR ŘÍZENÍ DISTRIBUČNÍCH SÍTÍ VN

Rozvod elektrické energie je obvykle tvořen vstupní elektrickou stanicí (spínací stanice nebo transformovna), napájecím rozvodem včetně podružných elektrických stanic (transformoven,rozvoden a rozvaděčů), provozními rozvody (včetně rozvoden a rozvaděčů) a zařízení a rozvodem pro řízení elektrického rozvodu.

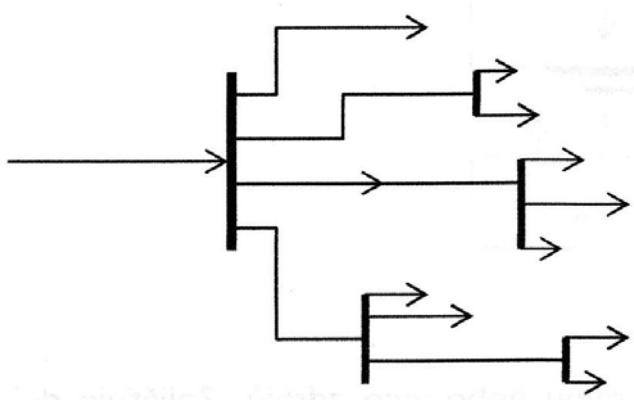
Plnění funkcí elektrického rozvodného systému je dáno vhodnou volbou konfigurace rozvodné sítě ve všech použitých napěťových hladinách. Na struktuře této sítě závisí rozdělení výkonu, velikost zkratových proudů, úbytky napětí apod. a jsou jí určeny hlavní parametry použitých rozvodných zařízení a jejich vybavení jak v silových obvodech, tak i pokud jde o ovládání, měření a jištění.

2.1. Základní druhy rozvodných síti jsou: a, paprsková síť
b, průběžná síť
c, okružní síť
d, hřebenová síť
e, mřížová síť

2.1.1. Schémata jednotlivých druhů rozvodů

Paprsková síť

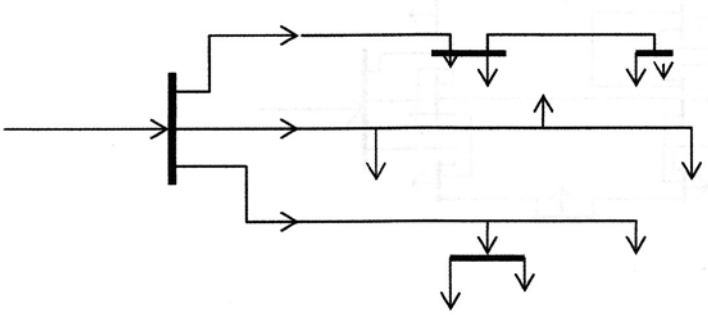
Napájení z jednoho místa, ze kterého jsou vyvedeny „paprsky“ k jednotlivým odběratelům nebo uzlům, ve kterých se síť dále větví. Výhodou je jednoduchost, nevýhodou nízká spolehlivost, v případě poruchy v kterékoliv části sítě jsou odběratelé napájení z této části bez možnosti napájení odjinud.



obr. 2.1. paprsková síť

Průběžná síť

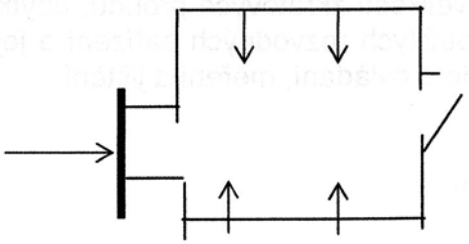
Průběžné vedení se používá např. v průmyslových rozvodech pro napájení spotřebičů s velkými příkony se stálým provozem.



obr. 2.2. průběžná síť

Okružní síť

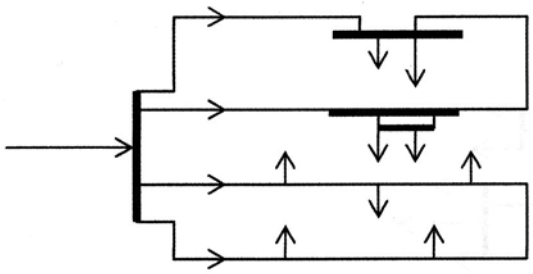
Oproti rozvodu průběžnému vzniká výhoda lepšího proudového využití rozvodu.Výhoda je i v napájení spotřebičů v obvodu ze dvou stran v případě poruchy. Při běžném provozu jsou obě části většinou rozpojeny.



obr. 2.3. okružní síť

Hřebenová síť

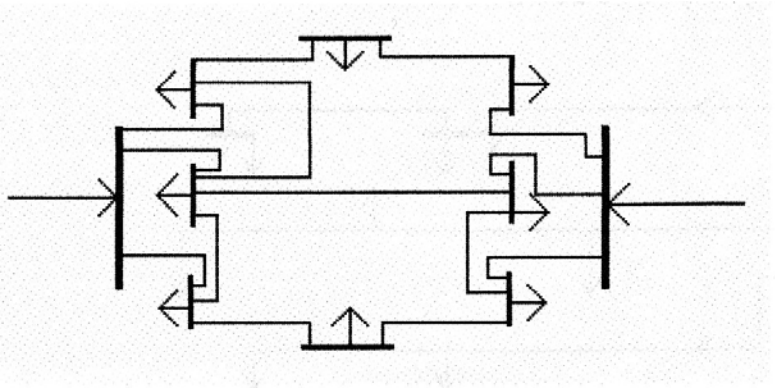
Tento rozvod zajišťuje zejména spolehlivější napájení podružných rozvaděčů, lepší využití rozvodu v jeho omezených částech a napájení podružných rozvaděčů v případě poruchy v jedné nebo i více větvích rozvodu. Vysoká spolehlivost a lepší využití vedení.



obr. 2.4. hřebenová síť

Mřížová síť

Mřížový rozvod je napájen ze dvou nebo více zdrojů. Zajišťuje dokonalé proudové využití a je nejspolehlivější pro napájení podružných rozvaděčů i v případě poruchy jednoho zdroje nebo části napájecí sítě. Tento rozvod je typický pro městské sítě.



obr. 2.5. mřížová síť

Další druhy rozvodných sítí lze získat kombinací uvedených druhů nebo jejich zdvojením. Tak získáme např. často používanou síť dvoupaprskovou.

Dalším rozhodujícím činitelem, který ovlivňuje řešení rozvodných systémů a jejich částí, jsou přenášené výkony. Při jejich stanovení se vychází z výkonů instalovaných spotřebičů, přičemž se uvažuje jejich využití, jejich současný chod, účinnost spotřebičů při daném využití a účinnost rozvodného systému.

2.1.2. Další dělení elektrických sítí

-podle účelu: -přenosové
-distribuční

-podle provedení: -venkovní
-kabelové

-podle uzemnění uzlu sítě: -s účinně uzemněným uzlem
-s neúčinně uzemněným uzlem
-izolované

2.1.3. Požadavky kladené na elektrické sítě:

- bezpečnost provozu
- spolehlivost
- přehlednost, možnost rychlého vyhledání a odstranění poruch
- hospodárnost provozu
- možnost rozšiřování a modernizace
- unifikace jednotlivých částí

2.2. Elektrické stanice

Elektrická stanice je ucelené zařízení uzlu elektrizační soustavy, sloužící buď k transformaci, ke změně kmitočtu nebo k rozvádění elektrické energie.

Elektrické stanice je možno rozdělit podle mnoha různých hledisek, např.:

a, dle účelu

-**transformovny**, sloužící k transformaci elektrické energie na požadovanou hladinu napětí vhodnou k dalšímu rozvodu

-**spínací stanice**, sloužící k rozvodu elektrické energie téže hladiny napětí

-**měnírny**, sloužící k přeměně střídavého proudu na jiný, buď na proud o jiném kmitočtu či na proud stejnosměrný

b, dle způsobu obsluhy

-s trvalou obsluhou

-bez obsluhy s pravidelným dozorem

-bez obsluhy s dálkovým ovládáním

c, podle provedení

-venkovní

-vnitřní

-zapouzdřené

d, podle způsobu montáže

-rozvodny

-rozvaděče

-rozvodnice

e, podle velikosti napětí

-vvn,zvn

-vn (vnitřní)

-nn (rozvaděče)

2.2.1. Hlavní části elektrických stanic

a, elektrická část

- rozvodná zařízení -jsou hlavní části elektrické stanice a slouží k rozvádění, měření, jištění a kontrole elektrické energie a pro spínání a přepínání elektrických obvodů

-transformátory

-kompenzační zařízení -statické nebo rotační

b, společná a pomocná část

-slouží k zabezpečení provozu a údržbě elektrických stanic

c, stavební část

-veškeré budovy, pozemky, komunikace a další náležitosti spojené s vlastní stavbou elektrické stanice

2.2.2. Schémata elektrických stanic

Schémata elektrických stanic nám určují jejich provozní vlastnosti a jsou určovány mnoha odlišnými parametry, jako jsou např.:

-provozní požadavky

-bezpečnost provozu

-provozní a ekonomická hospodárnost

Schémata elektrických stanic by měla být, je-li to možné, co nejvíce přehledná a také co nejjednodušší. Schémata elektrických stanic tvoří odbočky a přípojnice.

2.2.3. Odbočky -jsou základním prvkem rozvodného zařízení a tvoří je soubor připojených přístrojů, které slouží ke spínání, měření a ochraně přívodů a vývodů elektrické energie.

Dělení odboček:

1, dle funkce

a, hlavní -alternátorové
-transformátorové
-vývodové
-venkovní
-kabelové
-motorové
-kondenzátorové
-tlumivkové
-jiné

b, pomocné -spínače hlavních přípojnic
-spínače pomocných přípojnic
-pro měření napětí
-pro bleskojistky

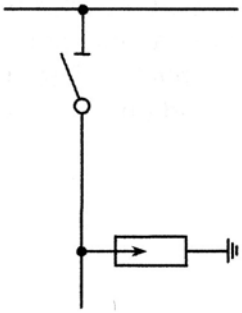
2, dle výzbroje

a, provozní

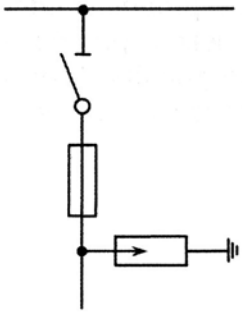
b, záložní

-s plnou výzbrojí

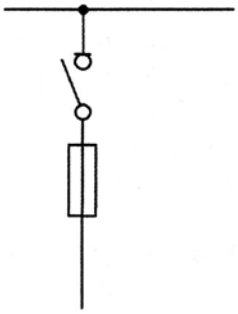
-s částečnou výzbrojí



obr.2.6.přívod venkovním vedením



obr.2.7.odbočka k transformátoru do výkonu 400kVA



obr.2.8.přívod kabelem

2.2.4. Přípojnice -zajišťují samotné propojení odboček mezi sebou. Přípojnice jsou holé vodiče o průřezu daném jejich proudovým zatížením a funkčními požadavky, jako jsou pevnost a zkratové poměry. V praxi se setkáváme s provedením buď s jedním či více systémy přípojnic.

Podle počtu se pak dělí na:

a, s přímými přípojnicemi

-jednoduchými
-jednoduchými a pomocnými
-dvojitými
-dvojitými s jednou ve funkci pomocné přípojnice
-dvojitými a pomocnými
-trojitými
-trojitými a pomocnými

b, s okružními přípojnicemi

Okružní přípojnice jsou uzavřenou soustavou přípojnic zapojených do polygonu troj, čtyř nebo až osmiúhelníku. Z důvodů revizních prací na vypínačích se rozdělují na přípojnice:

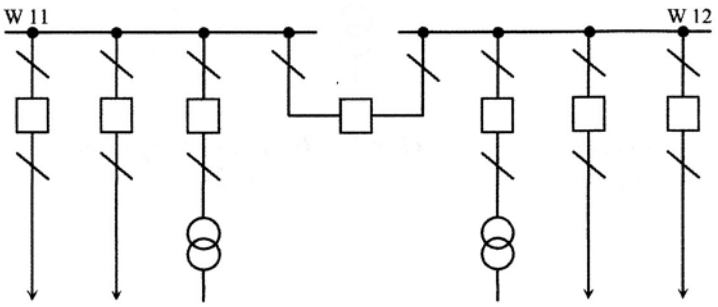
-se záložním spínačem
-bez záložního spínače

c, bez přípojnic

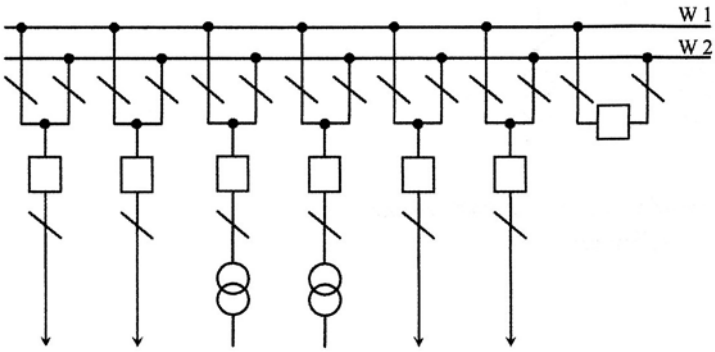
-např. spojení H

d, s větším počtem vypínačů na odbočku

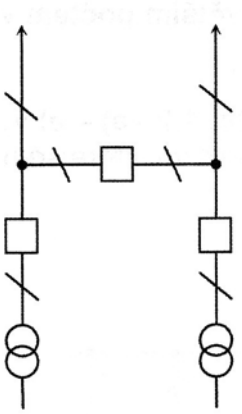
Na obrázcích jsou vybraná schémata přípojnic vystihujících provedení systémů přípojnic vn, které se používají:



obr. 2.9. jednoduchý systém přípojnic



obr. 2.10. dvojitý systém přípojnic



obr. 2.11. systém bez přípojnic-spojení H

2.2.5. Konstrukční řešení elektrických stanic

Vlastní konstrukční a dispoziční řešení elektrických stanic se řídí rozložením a uspořádáním jednotlivých zařízení a části stanic. Při volbě daného řešení máme mnoho možností a vycházíme vždy z několika požadavků, jako jsou například požadavky na:

-navržené elektrické schéma
-počet systémů přípojnic, odboček, transformátorů, jmenovité napětí

-začlenění do energetického systému

-druh stanice

-druh přívodu
-venkovní
-kabelový

-zkratové poměry

-druh a vlivy prostředí

-provozní a ekonomická hospodárnost

-bezpečnost provozu a osob

[1], [2]

2.3. Distribuční soustava

Část elektrizační soustavy sloužící pro dodávku elektrické energie odběratelům.

V ČR jsou provozovány:

110 kV 3~50Hz s účinně uzemněným uzlem
35 kV 3~50Hz s neúčinně uzemněným uzlem
22 kV 3~50Hz s neúčinně uzemněným uzlem
10 kV 3~50Hz s neúčinně uzemněným uzlem
6 kV 3~50Hz s neúčinně uzemněným uzlem
400/230 V 3 PEN~50Hz s účinně uzemněným uzlem

Síť 110 kV je řešena venkovním provedením většinou dvousvazkovým vodičem. Tato hladiny napětí se převážně používá pro napájení průmyslových podniků, trakčních transformoven 110/27 kV. Sítě vn jsou provedeny venkovními většinou jednoduchými (kromě hladiny 110 kV) vedeními jako paprskové napájené z jedné nebo ze dvou stran. Sítě 400/230 kV se používají pro napájení maloodběratelů. Většinou jsou kabelové a v řídce obydlených částech venkovní.

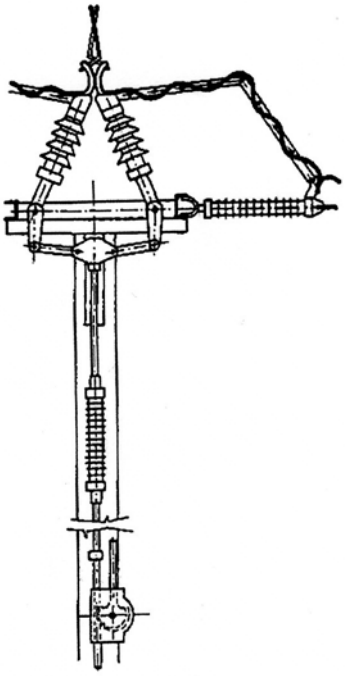
Ve venkovních distribučních sítích (do hladiny napětí 35 kV) se hodně využívá odpínačů, jejichž princip funkce, vzhled atd. je popsán v následující kapitoje.

[10]

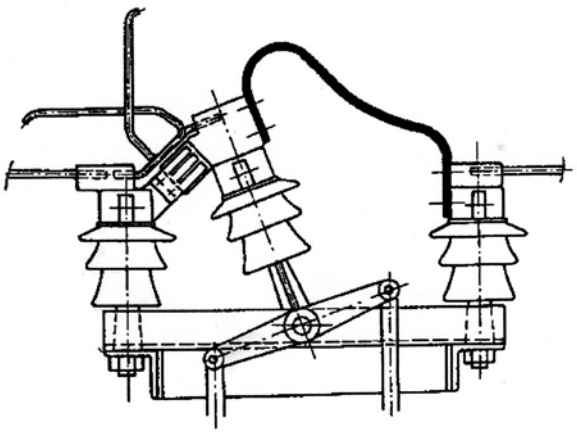
3. SYSTÉMY DÁLKOVÉHO OVLÁDÁNÍ ODPÍNAČŮ VE VENKOVNÍCH SÍTÍCH VN

3.1. Odpínač-úsekový vypínač (úsečník)

Odpínač je schopný vypnout malý nebo jmenovitý proud. U odpínačů nn i proud zkratový. Odpínačů je celá řada, např.:pákový, nožový, kloubový, apod.
Pro napětí vn se používá úsekový vypínač, stručněji úsečník. Je to výhradně přístroj venkovní, který se montuje na sloupy a stožáry vedení a ovládá se pákou (obr.3.1.). Dnešní moderní odpínače se ovládají dálkově. Je upraven tak, aby s ním bylo možné spínat určité malé proudy. Jmenovitý proud je 200 nebo 400 A, jmenovitý vypínací proud je 40 A. Vyrábí se maximálně do napětí 38 kV, tedy praktické použití je především na vedení 22 a 35 kV.



obr. 3.1. Dvouizolátorový úsečník vn



obr. 3.2. Trojizolátorový úsečník vn

[2]

Některé příklady venkovních odpínačů vn vyráběné firmou ivep, a.s. :

3.1.1. Venkovní odpínač typ CUB 2 (obr. 3.3.)

obr. 3.3.

Odpínače typu CUB jsou určeny pro montáž do vedení vn s možností ručního nebo dálkového ovládání. Splňují podmínky izolační pevnosti předepsané pro odpojovače a spínají zatížená vedení vn až do hodnoty jmenovitého proudu přístroje. Jsou vhodné do chráněných oblastí s přísnými ekologickými požadavky, neboť jsou šetrné k životnímu prostředí.

3.1.2. Venkovní odpínač typ CUB 3 (obr. 3.4.)

Odpínače CUB jsou vhodné pro venkovní elektrické sítě 25 kV a 38,5 kV k vypínání distribučních transformátorů vn/nn a odboček venkovních vedení vn. Konstrukce odpínače umožňuje použití přístroje jak pro horizontální, tak i vertikální montáž.

obr. 3.4.

3.1.3. Venkovní odpínač typ FLE (obr. 3.5.)

Používá se v elektrických sítích vn ke spínání distribučních transformátorů vn/nn, odboček venkovních vedení vn. Je vhodý do oblastí s přísnými ekologickými požadavky a rovněž jako prvek pro automatizaci provozu distribučních sítí vn.

obr. 3.5.

3.1.4. Venkovní odpínač typ FLE E (obr. 3.6.)

V trojúhelníkovém provedení na nosném systému „DELTA" je odpínač typu FLE E novým typem do osvědčené řady odpínačů vn se zhášecí komorou. Svojí konstrukcí snižuje riziko úrazu ptáků el. proudem , usedajících na spínače vn.

obr. 3.6.

3.1.5. Venkovní odpínač typ FLE S a FLE SP (obr. 3.7.)

Představují klasické trojpólové venkovní spínací přístroje pro svislou montáž, určené pro dlouhodobý spolehlivý a bezpečný provoz k vypínání a odpojování úseků sítí vn, k přechodu z venkovního vedení na kabelové vedení. Je vhodný do oblastí s přísnými ekologickými požadavky.

obr. 3.7.

3.1.6. Venkovní odpínač typ LEV…(obr. 3.8.)

Je určen k vypínání a odpojování úseků venkovních sítí vn 25 kV s možností práce pod napětím (PPN). Je vhodný do oblastí s přísnými ekologickými požadavky.

obr. 3.8.

3.1.7. Venkovní růžkový úsečník typ VLK (obr. 3.9.)

Technicky zlepšuje předešlou řadu růžkových úsečníků. Jedná se mimo jiné o nový zhášecí systém s vyššími spínacími parametry (I_1 = 36 A) a celkové zlepšení elektrických a mechanických vlastností. Je určen pro použití v elektrických sítích vn, převážně do koncových odboček paprskových sítí vn.

obr. 3.9.

3.1.8. Venkovní růžkový úsečník typ VLK E (obr. 3.10.)

Úsečník typ VLK E v trojúhelníkovém provedení je novým typem do osvědčené řady venkovních přístrojů. Ztrácí se nutnost používání rovinných spínačů, kde bez dalších konstrukčních opatření je vyšší riziko úrazu velkých ptáků.

obr. 3.10.

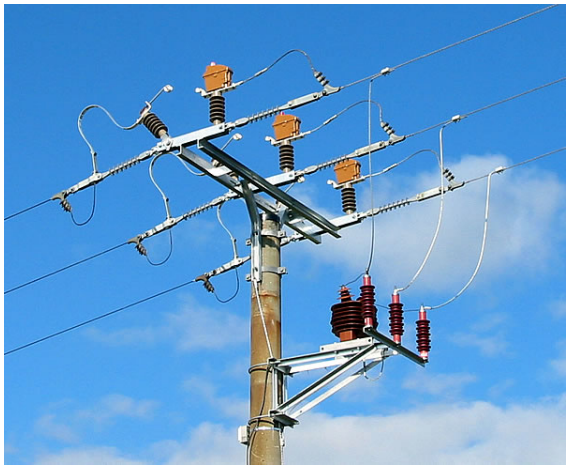
3.1.9. Venkovní odpínač typ KBE 3 S a KBE 3 SP (obr. 3.11.)

Jsou provozně nenáročné třípólové spínací přístroje venkovního provedení s viditelnou odpojovací dráhou pro použití v elektrických sítích vn. Zhášecí mechanismus tvoří vypínací prut.

obr. 3.11.

[3]

3.2. Dálkové ovládání odpínačů vn



obr.3.12. dálkově ovládaný úsečník

Systém dálkového ovládání je zařízení pro dálkové ovládání úsekových odpínačů v distribučních sítích vn.

3.2.1. Hlavními komponenty jsou:

• komunikační síť oblasti

• centrální a dispečerské stanice (CDS)

• dálkově ovládaná stanice (DOS) -venkovní vypínač (Recloser), venkovní úsekový odpínač, trafostanice případně námrazová stanice

Vybavení centrální dispečerské stanice, stejně jako vybavení komunikační sítě v daném regionu je nedílnou součástí systému. Volba jednotlivých DOS v systému probíhá pomocí adresace. Systém je chráněn proti rušivým náhodným signálům, proti interferencím i proti statické elektřině.

3.2.1.1. Komunikační síť

V současné době se nabízí a jsou nejvíce nasazované tyto typy sítí:

• radiová síť - pro přenos se využívá především kmitočtů v datových pásmech 80MHz a 450MHz - přiděluje a schvaluje příslušný telekomunikační úřad.
Je výhodné pro dálkové ovládání rezervovat samostatný kmitočet (ne společně s hlasovými službami). Pro spojení v datové síti je možno využít libovolný počet retranslací. Je zajištěna dálková parametrizace DOS s možností přesměrování spojení.

• síť GSM-GPRS - technologie paketově orientovaná. Data se přenáší v paketech po sdílené přenosové kapacitě sítě GSM. DOS je připojena trvale, ale účtovaná jsou pouze přenesená data (KB) a ne doba spojení.

• spojení optickými nebo sdělovacími kabely - využití především u trafostanic, kde je přiveden daný kabel. Výhodou je naprostá odolnost vůči průmyslovému rušení.

Je zde možnost i kombinace daných sítí - obvyklá je například kombinace rádio a optokabel.

U všech komunikačních systémů je přenos informací (alarmová hlášení, povely) založen na vzájemném potvrzování zpráv mezi centrální stanicí a dálkově ovládanou stanicí. Proto nemůže dojít ke ztrátám informací v případě dočasně zhoršené kvality spojení. Příslušná stanice zprávu opakuje až do potvrzení. Komunikační protokoly u všech typů sítí mají vysoký stupeň zabezpečení proti náhodným poruchám a zkreslení.

3.2.1.2. Řídící systémy DOS

Pro zpracování signálů a řízení komunikace je využívána řada osvědčených systémů s různými protokoly - ADAM (od firmy ADVANTECH), MC13 (DCOM), MOSCAD (Motorola), GSM RTU 3 (ELCOM), CGU O2 (Conel), TM 1703 ACP (VA TECH SAT). Systémy se vyznačují rozsáhlou možností programování složitých logických operací a jsou vhodné pro stanice s velkým počtem ovládacích prvků a signalizačních stavů. Vyznačují se vysokou odolností vůči poruchové komunikaci a možností dálkové parametrizace jednotlivých DOS.

Přenášená hlášení, povely a jejich počet se liší dle typu DOS - odpínač, trafostanice, vypínač Recloser, námrazová stanice, dále dle ovládaných prvků a jejich vybavení - odpínač, vypínač, ochrany, měření apod. **[4]**

3.2.2. Komunikační a řídicí systém COM-ENERGO

Systém je založen na obousměrné radiové komunikaci dispečerského pracoviště s libovolným z úsečníků v dosahu radiového spojení.
Dispečer na základě vlastního rozhodnutí může kdykoli s úsečníkem manipulovat, testovat jeho stav, popř. testovat stav akumulátoru. Rovněž má dispečer k dispozici informace o otevření skříně pohonu úsečníku, přepnutí na ruční manipulaci atd. Zařízení je rovněž schopno měřit pomocí analogového vstupu např. teplotu uvnitř skříně, teplotu venkovní, případně jinou fyzikální veličinu.

Obecný popis systému dálkového řízení v energetice:

Systém řízení umožňuje řídit soustavu zařízení rozložených na velké ploše, kterou nelze efektivně a dostatečně rychle propojit jiným způsobem spojení než bezdrátovým.
Systém je ucelený prostředek umožňující libovolnému typu firmy sbírat data z různých zařízení a tato zařízení dálkově ovládat . Na základě několikaletých zkušeností se přizpůsobuje tento systém požadavkům zákazníka tak, aby nebyly dotčeny jeho zvyklosti způsoby řízení nebo způsoby ukládání dat.

Jednotlivá koncová zařízení komunikují s dispečinkem přes komunikační centrálu, která předává data z těchto zařízení v jednotném formátu dispečerskému systému .

Modelovým případem je dálkové ovládání úsekových odpínačů v energetice.

Jeden dálkově ovládaný úsečník obsahuje:

- napájení měřícím transformátorem napětí
- indikátor zkratových proudů a zemních spojení
- anténa 80/160/450MHz
- kabelový svod
- skříní obsahující :
    - jistící a ovládací obvody
    - řídící jednotku COM-ENERGO
    - pohon
    - dobíjecí zdroj ZD4 + sadu akumulátorů
    - radiostanici

Na základě požadavků zákazníků se vymyslelo dálkové ovládání využívající GPRS signál mobilních operátorů. Od vzniku tohoto ovládání se nasazují dálkově ovládané odpínače s řídící jednotkou mikroTEK, která komunikuje na dispečerské pracoviště přes GPRS modem. Princip ovládání a funkce celého zařízení je totožný s rádiově ovládanými úsečníky, vyžaduje pouze vlastní komunikační centrálu, přes kterou se data z koncových zazemí předávají do systému koncového zákazníka.

Zařízení s GPRS přenosem je velmi vhodné využít v oblastech, kde není kvalitní pokrytí radiovým signálem odběratele.

obr.3.13. výzbroj skříně dálkově ovládaného úsečníku

V roce 2006 došlo k nasazení prvního dálkově ovládaného recloseru GVR 27 od anglické firmy Whipp&Bourne na území západočeského kraje. Skříň ovládání recloseru je vybavena ochranou RiY (funkce opětovné zapnutí, detekce zkratů fází nebo zemních spojení), která sama vyhodnotí poruchu na VN a linku okamžitě rozpojí. Podle nastavení ochrany se zařízení samo pokusí obnovit dodávku el. energie v co nejkratším čase. Ochrana má možnost až 3 pokusů opětovných zapnutí celé linky a pokud se jí to nepovede, tak linku nechá rozpojenou. Celé toto zařízení komunikuje přes GPRS a umožňuje v kritických oblastech velmi zkvalitnit dodávku el. energie a tím ušetřit ztráty vzniklé nedodávkou energie koncovému odběrateli.

obr.3.14. dálkově ovládaný recloser GVR 27

V řadě případů nestačí pouze dálkově ovládat určitý bod, ale je nutno měřit proudy a napětí popř. i výkony a přenášet tyto hodnoty na příslušný dispečink. Jedná se o měřící ústředny SMX, SMY, a SMZ, které mohou být vybaveny různým počtem analogových vstupů (100V, 5A, 240V, 400V apod.) a různě velkou pamětí pro ukládání naměřených vzorků. V reálném čase lze tyto vzorky přenášet na dispečink nebo je ukládat na PCMCIA kartu v ústředně a později je pomocí notebooku s příslušným rozhraním přečíst.

obr.3.15. skříň pro dálkový přenos měření

[5]

3.2.3. Celkový popis dálkově ovládaného úsekového odpínače

Dálkově ovládaná stanice s venkovním odpínačem se sestává z běžně užívaného odpínače, doplněného o skříňku koncového spínače pro hlášení polohy VYP/ZAP nezávisle na stavu pohonu, což je velmi důležité pro spolehlivost systému. Dále je na stožáru umístěn napájecí transformátor, anténa a skříň ovládání s elektromechanickým pohonem. Pohon má velkou rezervu síly a dokáže se spínačem manipulovat i za velmi silné námrazy. V krajních polohách je samosvorný. Vodiče na stožáru jsou chráněny ochranou trubkou se zaústěním do skříně dálkového ovládání. Dva záložní bezúdržbové akumulátory umožňují provoz DOS po dobu 120 hodin bez napájení ze sítě vn včetně možnosti deseti cyklů manipulací VYP a ZAP. Skříň je vyrobena z ocelového plechu tloušťky 2,5 mm, je žárově zinkovaná a má zdvojené dveře se speciálními zámky, takže je velmi odolná proti vandalům.

obr.3.16. skříň dálkově ovládaného úsekového odpínače

[4]

3.2.4. Systém SADS

Systém pro automatizaci provozu distribučních sítí VN

- je určen pro automatizaci provozu venkovních a kabelové distribuční vn sítě energetiky
- zajišťuje dálkové manipulace vybraných úsekových odpínačů
- umožňuje automatické vyhledání místa poruchy
- ovládaným a monitorovaným spínacím prvkem venkovní vn sítě je dálkově ovládaný odpínač DOÚ s komponenty
- ovládaným a monitorovaným místem kabelové vn sítě jsou spínací stanice vn/vn
- pro přenosy dat a povelů využívá radiovou síť energetiky a alternativně síť GSM
- rozsah výstavby je do úrovně rajónního dispečinku energetiky
- centrální jednotka (CPU) řídícího systému je autonomní nebo připojitelná k vyššímu řídícímu systému jako subsystém

3.2.4.1. Systém tvoří:

– centrální jednotka (CPU) na bázi PC
s periferiemi

– komunikační jednotky pro připojení
k přenosovým sdělovacím cestám

– podřízené terminály dálkově ovládaného
odpínače: RTU SADS - AO 2.1

– rozšířené podřízené terminály pro spínací
stanice vn/vn RTU SADS - TVN 2.0

3.2.4.2. Základní systémové automatizační funkce

– dálkové ovládání automatických odpínačů a monitorování stavu venkovní sítě

– paměťové snímání průchodu poruchového proudu

– automatické vyhledání místa zemního spojení bez dělení vn sítě a zapínání do poruchy

– automatické odepnutí poruchy (naznačeno na obr. 3.17. (1)) v beznapěťové pauze OZ na odbočce vedení

– dělení kmene vedení vn na úseky, dispečerské nebo automatické vyčlenění postiženého
úseku (naznačeno na obr. 3.17. (2)) v beznapěťovém stavu podle topologie průchodu poruchového
proudu

– automatický záskok (naznačeno na obr. 3.17. (3)) napájení důležitých odběratelů

– měření napětí a proudů

– nadstavbové funkce (např. optimalizace provozu s ohledem na ztráty)

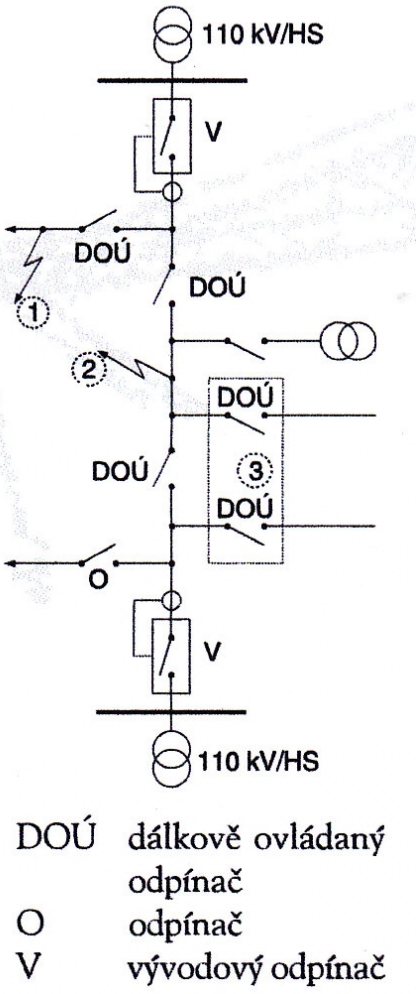
– autodiagnostika a poruchová signalizace

– dálková a místní parametrizace podřízených terminálů RTU

– autodiagnostika sdělovacích cest a automatické vyhledání náhradního spojení

– rozšířené funkce pro automatizaci vn sítí v městských a průmyslových aglomeracích (oblasti bez
kabelových sdělovacích cest), využití rozšířených terminálů SADS - TVN

– místní automatizační a blokovací funkce a jejich dálková parametrizace



obr.3.17. Princip využití DOÚ

3.2.4.3. Komunikace systému

– v radiové síti energetiky – fónické nebo datové

– v radiové síti zvlášť vyčleněné pro automatizaci

– v síti GSM EUROTEL, GLOBTEL

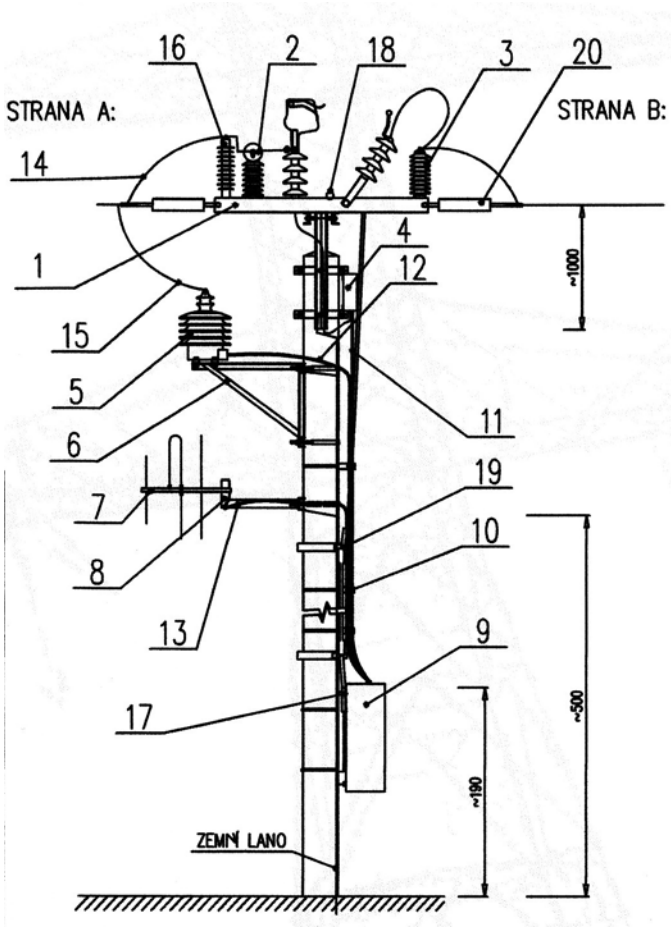
– po kabelové sdělovací cestě

– základní rozsah ovládaných bodů není omezen

– přenos informací a povelů je zabezpečený, Hammingova vzdálenost 4, další zabezpečení zpětnou vazbou před vykonáním povelu

– přenosová rychlost volitelná pro jednotlivé body nebo skupiny v rozsahu 110 až 2.400 Bd.

– organizace přenosů CPU SADS – podle parametrizace může být aktivní i ovládaný bod



1	ÚSEKOVÝ ODPÍNAČ
2	SNÍMAČ PROUDU: STRANA A – FÁZE R, S STRANA B – FÁZE T
3	SNÍMAČ NAPĚTÍ: STRANA A – FÁZE T STRANA B – FÁZE R, S
4	SVORKOVNICE
5	NAPĚŤOVÝ PŘÍSTROJ. TRANSFORMÁTOR 22kV/100V
6	KONZOLA PRO TRANSFORMÁTOR
7	ANTÉNA
8	KONZOLA ANTÉNY
9	ŘÍDÍCÍ SKŘÍŇ DOÚ
10	UPEVNĚNÍ ELEKTROINSTALAČNÍCH TRUBEK
11	TRUBKA S KABELEM NYY–J 14x1,5 RE
12	TRUBKA S KABELEM NYY–J 10x3,5
13	TUBKA S KABELEM RG 213
14	PÁSKA PROPOJOVACÍ AL
15	PŘIPOJOVACÍ LANO CU 10
16	OMEZOVAČ PŘEPĚTÍ 3x
17	PÁKA POHONU ÚSEKOVÉHO ODPÍNAČE
18	INDUKČNÍ SNÍMAČ POLOHY 2x
19	KYVNÉ LOŽISKO 2x
20	ZÁVĚSNÝ IZOLÁTOR 6x

obr.3.18. Typické osazení DOÚ

[6]

3.2.5. Venkovní vypínače GVR Recloser

obr.3.19. venkovní vypínač GVR recloser

Vypínače GVR Recloser jsou určeny k použití na venkovních distribučních sítích VN.

Nová konstrukce přináší velkou spolehlivost vypínačů, která je dána:

- novým, patentovaným, jednocívkovým magnetickým pohonným mechanizmem, který umožňuje ovládání vypínače GVR nezávisle na VN napájecím napětí, a který je možno zkoušet v běžně vybavené dílně

- ekologicky příznivým vypínáním ve vakuu, při kterém nevznikají vedlejší produkty

- lehkým hliníkovým pouzdrem, které usnadňuje dopravu a instalaci přístroje

- pryžovými průchodkami EPDM (6ks), které odolávají úmyslnému poškození a násilné manipulaci V prostoru těchto průchodek jsou instalovány 3 proudové měřicí transformátory pro ochranu a měření.

- rozsáhlým používáním izolačních výlisků, zvláště průchodek, kterým se podařilo zredukovat počet konstrukčních dílů na dvacetinu a počet pohyblivých částí na padesátinu původního počtu

- všechny elektrické řídicí a monitorovací funkce jsou provedeny koaxiálním kabelem, připojeným do plynotěsné zdířky na boku skříně.

3.2.5.1. Ekologicky příznivá konstrukce

Plynem plněný vypínač GVR Recloser 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.

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 EPDM, které jsou zkoušeny v prostředí solné mlhy na povrchové proudy a erozi podle IEC 1109, nebo permanentní magnety z materiálu neodymium-železo-bór, použité v pohonném mechanizmu.

3.2.5.2. Použití

Vypínač GVR se instaluje buď na sloup nebo v trafostanici a je možno jej ovládat jako autonomní vypínač, k němuž je třeba mít přídavný napájecí zdroj, nebo jako zařízení zabudované do moderních distribučních automatizovaných systémů.

Páka pro manuální vypínání/blokování je umístěna ve vybrání na spodní straně krytu skříně. Průzorové okénko slouží ke kontrole indikátoru zapnutí/vypnutí vypínače.

3.2.5.3. Popis funkce

obr.3.20. Venkovní vypínač GVR Recloser Whipp & Bourne Switchgear

1. Průchodky EPDM ze silikonové pryže, s hliníkovým či měděným jádrem, vyrobené z jediného kusu, s možností vestavěných kapacitních děličů napětí.

2. Transformátory proudu instalované uvnitř skříně a kapacitní děliče napětí zapuštěné do průchodek na obou stranách vypínače. Mají jediné vinutí, s odbočkami 100:1, 200:1, 300:1 a používají pro jištění (ochranu) a měření.

3. Hliníková nádoba s lehkou litou základovou deskou, zajištěná nerezovými šrouby a obsahující pryžové těsnicí „O“ kroužky.

4. Přídavná talířová membrána na vypuštění přetlaku v nádobě, která odpovídá IEC 298, dodatek A a která zajišťuje nejvyšší úroveň bezpečnosti.

5. Mechanický ukazatel spínací polohy (0/1), který je opatřen okénkem a dá se kontrolovat vizuálně ze země.

6. Manuální vypínání a blokování ovládací tyčí s hákem.

7. Držák trojfázového vakuového zhášedla, mechanizmus magnetického ovládače a pohonné rameno odlité z jediného kusu.

8. Jednocívkový magnetický pohon, který je udržován permanentním magnetem buď ve vypnuté nebo zapnuté poloze. Pohon je energeticky velmi nenáročný.

[4]

Vhodnost a umístění automatických odpínačů (GVR recloser či jiných řídicích prvků) je blíže popsán v následující kapitole.

4. MOŽNOSTI NÁHRADY STÁVAJÍCÍCH ÚSEČNÍKŮ DÁLKOVĚ OVLÁDANÝMI ODPÍNAČI NEBO RECLOSERY

Jednou z významných možností zvyšování spolehlivosti je nasazování dálkově ovládaných prvků, konkrétně automatických odpínačů ve venkovních sítích VN místo klasických úderníků. Pro tyto účely se používají venkovní odpínače s komorovým zhášením podobné s typy FL, doplněné systémem dálkového ovládání SADS (systém pro automatizaci provozu distribučních sítí) nebo systém Dribo.

Řízením sítí VN se rozumí řízení za účelem změny zapojení sítě nebo lokalizace poruchy a následné obnovení dodávky, a to pomocí prvků umístěných přímo v síti (ne spínací prvky v napájecích bodech, t. j. rozvodnách a spínacích stanicích). Významnými řídicími prvky jsou automatické odpínače. Jejich používání místo klasických úsečníků je současně jednou z možností, jak zvýšit spolehlivost dodávky elektrické energie. Určení nejvhodnějších míst pro nasazení automatických odpínačů či jiných řídicích prvků je možno výhodně řešit metodami IPA (analýza ideálních bodů) a CDA (analýza shody a neshody) multikriteriální analýzy.

4.1. Metodiky výběru vhodných lokalit umístění dálkově ovládaných odpínačů

Stěžejním problémem při nasazování systému dálkově ovládaných odpínačů ve venkovních sítích VN je nalezení metodiky výběru vhodných lokalit, ve kterých umístění tohoto systému přinese největší užitek. Jinak řečeno, je nutné seřadit daný soubor stávajících úsečníků podle nutnosti jejich náhrady dálkově ovládaným odpínačem.

4.1.1. Zjednodušené ekonomické hodnocení

Při zjednodušeném pohledu lze brát jako zcela prioritní kritérium návratnosti investic na základě ušetřených ročních nákladů na úsečník při náhradě úsečníků v odpínači. Tyto sestávají z těchto položek:

N1 . náklady na manipulaci v rozvodnách,
N2 . náklady na revize úsečníků,
N3 . náklady na údržbu úsečníků,
N4 . náklady na dopravu k úsečníkům,
N5 . ušlý hrubý zisk za nedodanou energii při provozních manipulacích,
N6 . ušlý hrubý zisk za nedodanou energii při poruchách

Návratnost vložených investic T pak bude:

$$T = \frac{A - B}{N_1 + N_2 + N_3 + N_4 + N_5 + N_6}$$

kde A - cena odpínače s dálkovým ovládáním,
B - cena běžného úsečníku 22 kV

Je však zcela zřejmé, že toto zjednodušené ekonomické hledisko nemůže být bráno jako jediné. Velký důraz by měl být kladen na provozní hledisko, zejména na rozlehlost oblasti VN sítě, nedostupnost či špatnou dostupnost jednotlivých úsečníků, přítomnost dlouhých odboček s velkými odběry, které mají na svém počátku často manipulovaný úsečník. V další řadě také třeba zohlednit dlouhé trasy horským

terénem nebo lesními porosty, kde často dochází k zemním spojení, a toto je nutno složitě vyhledávat rozpojováním kmenového vedení s předchozí manipulací na rozvodně.

4.1.2. Klasické rozhodovací hodnocení

Nejjednodušším způsobem je porovnání předností a nevýhod jednotlivých alternativ, což představuje prosté konstatování, zda z hlediska jednotlivých kritérií alternativy vyhovují nebo nevyhovují. Podle tohoto hodnocení je nejlepší alternativou ta, která splňuje největší počet kriterií. Na závaznost kriterií se při tomto způsobu hodnocení nehledí, a to je také nevýhodou tohoto způsobu. Spolehlivější je způsob bodového hodnocení. Při tomto hodnocení se u každé alternativy konstatuje, do jaké míry plní jednotlivá kritéria. Pro určení míry plnění se použije číselná stupnice. Dosažené body v plnění jednotlivých kritérií se pro každou alternativu sečtou. Nejlepší je alternativa s maximálním počtem bodů. Způsob váhového hodnocení je ještě objektivnější. Počet bodů, který určitá alternativa dosahuje při plnění některého kritéria, je dán součinem váhy kritéria a dosaženým počtem bodů při plnění tohoto kritéria. Je však nutné si uvědomit, že vybraná alternativa může mít své nevýhody v nedostatečném plnění některých kritérií a že je nelze odstranit výhodami v jiném směru.

4.1.3. Multikriteriální analýza

Multikriteriální analýza (MCA), jak již název napovídá, se zabývá vyhodnocováním jednotlivých alternativ podle více kriterií. Termínem „alternativa“ označujeme každé řešení z výběrové sestavy. „Kritérium“ je vlastnost, kterou u dané alternativy posuzujeme. Každému kritériu je přiřazena váha, která vyjadřuje důležitost jednotlivých kritérií vzhledem k ostatním. V dalším budou popsány dvě metody MCA: analýza ideálních bodů (IPA) a analýza shody a neshody (CDA). Počátečním krokem každé analýzy MCA je sestavení vyhodnocovací matice, jejíž prvky odrážejí pro každou alternativu hodnocení jednotlivých kritérií. Matice S je tedy tvořena prvky Sij kde i = 1, ., I alternativ a j = 1, ., J kritérií.

Vyhodnocovací matice:

$$S = \begin{matrix} S_{11} & S_{1j} \\ S_{I1} & S_{IJ} \end{matrix}$$

Jelikož jednotlivá hodnocení většinou nejsou poměřována stejnými jednotkami, je nutné provést standardizaci matice na normalizovaný tvar. Pro případ, kdy vyšší hodnocení kritéria znamená také lepší hodnocení (t.j. 1 = max, 0 = min), můžeme standardizaci zapsat následovně:

$$e_{ij} = \frac{S_{ij} - \min_i S_{ij}}{\max_i S_{ij} - \min_i S_{ij}}$$

V opačném případě, kdy vyšší hodnocení znamená horší hodnocení (tj. 1=min, 0=max), bude standardizace následující:

$$e_{ij} = \frac{\max_i S_{ij} - S_{ij}}{\max_i S_{ij} - \min_i S_{ij}}$$

4.1.4. Analýza ideálních bodů (IPA)

Analýza ideálních bodů je založena na odchylce mezi souborem ideálních řešení a souborem efektivních řešení. Ačkoli ideální řešení jistě téměř neexistuje, slouží jako důležitý referenční vzor. Nejlepší kompromisní řešení se stanoví jako to řešení, které je nejméně vzdáleno od ideálního. Narůstající vzdálenost od ideálního řešení pro činitele umístěné na stupnici důležitosti výše, vyvolá

větší postih, než narůstající vzdálenost od ideálního řešení pro činitele umístěné na stupnici důležitosti níže. Model IPA lze zapsat následovně:

$$\min d = \sum_{j=1}^{J} W_j .(1 - e_{ij})$$

kde min *d* je minimální vzdálenost od ideálního řešení,
W_j - *j*-tá váha kriteria,
e_{ij} - standardizované hodnocení.

4.1.5. Analýza shody a neshody (CDA)

Analýza shody a neshody je založena na porovnání alternativ výběru po dvojicích. Měří stupeň, kterým alternativy výběru a váhy faktorů potvrzují nebo vyvracejí vzájemný poměr mezi alternativami. Rozdíly ve váhách faktorů a hodnocení kriterií jsou pomocí postupů shody a neshody analyzovány odděleně. Index shody alternativy A s alternativou B je definován jako podíl součtu vah těch kritérií, pro která je hodnocení A větší, nebo rovno hodnocení B a součtu vah všech kritérií. Pro index shody tedy platí:

$$C_{AB} = \frac{\sum W_j ..pro..e_{Aj} \geq e_{Bj}}{\sum W_j}$$

Index neshody alternativy A s alternativou B je definován jako podíl, kde čitatel je roven maximálnímu rozdílu vážených hodnocení, pro které je hodnocení A menší než hodnocení B a jmenovatel je roven maximálnímu rozdílu vážených hodnocení všech alternativ pro kritérium vykazující maximální hodnotu výše definovaného čitatele. Index neshody můžeme tedy zapsat:

$$D_{AB} = \frac{D1}{D2} = \frac{\max_j (W_j .e_{Bj} - W_j .e_{Aj})...pro...e_{Aj} \lhd e_{Bj}}{\max_i W_m .e_{im} - \min_i W_m .e_{im}}$$

kde m = j při $D1$ = max.

Celkový index shody alternativy *A* získáme jako součet všech indexů shody alternativy *A* vzhledem ke všem ostatním:

$$C_A = \sum_{j=1}^{J} C_{Aj}$$

Celkový index shody alternativy *A* získáme jako součet všech indexů shody alternativy *A* vzhledem ke všem ostatním:

$$D_A = \sum_{j=1}^{J} D_{Aj}$$

Našim cílem je seřadit jednotlivé alternativy podle maximálního indexu shody a minimálního indexu neshody. Výsledné hodnocení dané alternativy získáme takto:

$$CDA_i = I - C_i + D_i$$

Alternativy seřadíme podle rostoucí hodnoty *CDA*.

4.1.6. Srovnání metod analýzy IPA a CDA

Metoda IPA je závislá na váhách kritérií tak, že i pouze jediné vysoké hodnocení alternativy pro kritérium s vysokou váhou řadí tuto alternativu na začátek souboru řešení. U metody CDA řešení závisí jednak na vážených hodnoceních, a jednak na váhách samotných. Za výhodu metody CDA tedy můžeme považovat její oddělený postup, kdy indexem shody jsou nejdříve vyhodnocovány váhy kritérií na základě porovnání neválených hodnocení a indexem neshody jsou vyhodnocována vážená hodnocení jednotlivých alternativ. Analýza ideálních bodů je oproti analýze shody a neshody jednodušší. Chceme-li rozšířit soubor alternativ, stačí pouze určit pro nové alternativy vzdálenost od ideálního řešení a zařadit je do stávajícího souboru řešení. Pro metodu CDA je nutno provést nový výpočet, protože dochází k porovnání všech alternativ vzájemně. Co se tedy vhodnosti použití obou metod týče, jeví se metoda IPA vhodná spíše v počátku rozpracovávání daného problému, jako orientační řešení. Metoda CDA je značně složitější, a proto je vhodná pro závěrečné rozhodování s důrazem na objektivitu finálního řešení.

4.1.7. Další metody MCA

Jako další vhodné metody multikriteriální analýzy využitelné v elektroenergetice se jeví například metoda WSA (metoda váženého součtu) a metoda TOPSIS (metoda minimalizace vzdálenosti od ideální vzdálenosti). Tyto metody pracují na podobných principech jako výše uvedené metody IPA a CDA.

4.2. Odpínače venkovních distribučních sítí s komorovým zhášením

Venkovní odpínače se velmi dobře osvědčily v sítích VN v západní Evropě při dlouholetém nasazení jako úsekové odpínače díky spolehlivosti a provozní bezpečnosti. Typy FL jsou vybaveny zhášecí komorou v izolačním krytu odolném vůči povětrnostním vlivům, pracují na olejovém zhášecím principu s rychlým vypínáním i zapínáním. Slouží ke spínání obvodů při zatížení, tzn. mohou spínat a vypínat provozní proudy až do velikosti jmenovitých vypínacích proudů. Nejsou konstruovány pro vypínání proudů zkratových, ale jsou schopny po určitou dobu zkratový proud převádět. Jejich hlavní předností je však možnost jejich doplnění o systém dálkového ovládání .
Výhody těchto odpínačů:

- možnost manipulace za běžných provozních stavů (pod zatížením) až do jmenovitých hodnot proudu,
- komfortnost obsluhy - mohou odpadnout přídavné manipulace s vypínači na rozvodnách,
- spolehlivost zařízení, bezpečnost provozu,
- schopnost po určitou dobu převádět zkratový proud,
- dokonalá povrchová úprava proti korozi,
- nemožnost vzniku mezifázového zkratu i při bočním větru,
- životnost mechanismu ověřená na min. 2000 cyklů,
- nenáročnost na údržbu a revizi, je zaručena bezrevizovost zhášecí komory po dobu l0 let.

U odpínačů vybavených dálkovým ovládáním se k výhodám dříve uvedeným přidávají další:

- možnost manipulace z dispečinku pomocí rádiového signálu, odpadá přímý kontakt obsluhy se zařízením, což je výhodné zejména u komplikovaně dostupných či vzdálených odpínačů,
- terminály, umístěné přímo na sloupu odpínače zaručují měření napětí, proudu, teploty a mnoha dalších údajů a přenos těchto údajů formou VKV signálu do centrálního počítače na dispečinku.

[7]

V sítích vn se používají i další automatizační prvky,z nichž některé jsou popsány v další kapitole.

5. VYUŽITÍ DALŠÍCH AUTOMATIZAČNÍCH PRVKŮ VE VENKOVNÍCH SÍTÍCH VN

Investice do zařízení pro automatizaci provozu distribučních sítí je jeden z důležitých faktorů, který zásadně ovlivňuje spolehlivost zásobování elektrickou energií. S liberalizací trhu s elektrickou energií podstatně roste význam dodržení sumačních hodnot kritérií kvality napájení odběratelů, mezi zásadní parametry kvality patří integrál krátkodobých a dlouhodobých výpadků napájení, krátkodobá podpětí a přepětí a další.

Ke zvyšování spolehlivosti dodávky el. energie obecně vede řada cest, nová zařízení, zkrácení inovačních cyklů, zahušťování vedení a rozvoden atd., to jsou opatření s vysokými investičními náklady a je nereálné tyto postupy realizovat v širším měřítku a pokud ano, tak v ojedinělých případech, kdy to stávající provozní situace vyžaduje. Podstatně méně finančně náročné je komplexní řešení automatizace provozu distribučních sítí, využití moderních selektivních ochran, pružné dispečerské řízení, automatické energetické systémy, záskoky napájení, ostrovní energetické provozy apod..

5.1. Recloser OSM 27

Využití DOR pro automatizaci provozu venkovních sítí vn přináší podstatně vyšší kvalitativní možnosti oproti DOÚ:

- automatické ochranové 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 (DO) v zahraničí:

- N-Series ACR, Merlin Gerin, DO Schneider Electric
- RL 27, Merlin Gerin, DO Schneider Electric
- U-series ARC, Merlin Gerin, DO Schneider Electric
- GVR 27, Whipp&Bourne, Agnlie

Novou technologii v oblasti recloserů představuje firma Tavrida Electric Australia Ptg. Ltd. s výrobkem, který má typové označení OSM.

Recloser OSM oproti minulým technologickým řešením recloserů (např. GVR 27) přináší výhody:

- 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 DOR s recloserem OSM je cenově shodné s řešením DOÚ v systému EGÚ - SADS při podstatně vyšších užitných vlastnostech.

5.1.1. Technický popis recloseru OSM

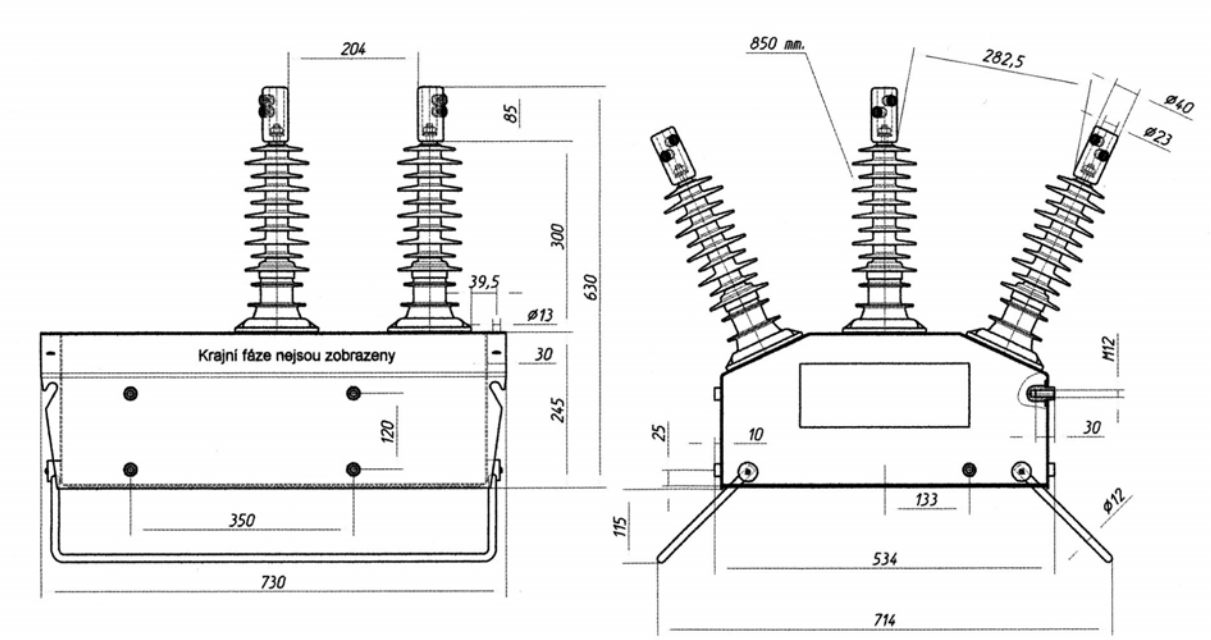
Recloser OSM je vyráběn pro napěťovou hladinu 12 kV OSM 15, 22 kV OSM 27 a v roce 2004 je dodáván pro ČR OSM 37 pro napěťovou hladinu 35 kV.

5.1.2. Základní přehled a rozměry

OSM recloser obsahuje 3 póly, každý má vlastní vypínací komoru a izolované táhlo, obojí v polykarbonátovém pouzdře. Každý pól má svůj magnetický pohon v krytu mechanismu, 3 póly a kryt mechanismu jsou osazeny ve skříni z nerezové oceli. Skříň má krytí IP65 a je vybavena keramickým odvětrávačem proti kondenzování, obr. 5.2. Mechanické rozměry recloseru OSM 27 jsou na obr. 5.1.

Tři magnetické pohony jsou mechanicky propojeny, takže zajišťují správnou funkci třífázových operací a mechanismus je držen v zapínací nebo vypínací pozici pomocí magnetického blokování. Každý pohon obsahuje elektromagnet. Změny stavu ZAP/VYP je dosaženo změnou polarity ovládacího proudu cívky elektromagnetu. Energie potřebná k VYP/ZAP je z kondenzátorových baterií v řídicí skříni recloseru.

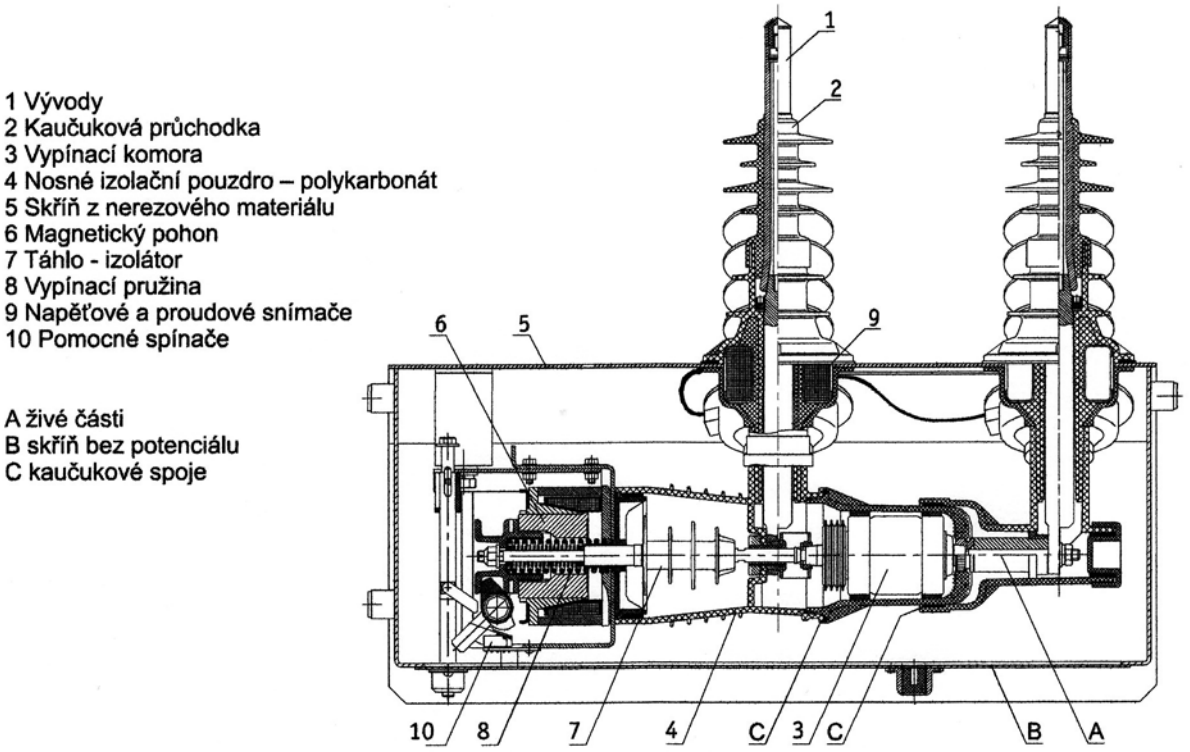
Recloser OSM může být vypnut i mechanicky, pomocí zatáhnutí za hák na skříni do pozice VYP. K zatáhnutí za hák je potřeba síly menší jak 20 kg. Indikátor pozice ZAP/VYP je umístěn na skříni recloseru a je zezdola dobře viditelný. Řídicí skříň recloseru zjistí stav VYP nebo ZAP pomocí monitorování stavu paralelně zapojených pomocných spínačů, které určují pozici mechanismu.



obr. 5.1. Mechanické rozměry OSM 27

5.1.3. Konstrukce OSM 27

Na obr. 5.2. je uvedena konstrukce recloseru OSM. Průchodky recloseru jsou vyrobeny z polymeru odolného proti UV záření.



obr. 5.2. Konstrukce OSM 27

Na každém připojovacím pólu recloseru jsou instalovány snímače napětí a proudu.

K měření fázového a I_0 proudu je využito Rogowského cívek. Tyto cívky mají oproti tradičním proudovým snímačům se železným jádrem několik podstatných výhod:

- vyšší přesnost měření při vyšším proudovém rozsahu
- odolnost proti saturaci jádra při vysokých poruchových proudech
- lehká konstrukce vzdušného jádra znamená lehčí recloser

Rogowského cívky nejsou žádnou novinkou. W. Rogowski prezentoval poprvé v r. 1912 konstrukci sestávající ze spirálovité cívky obtočené okolo pásku z hrubé lepenky. Jednoduše řečeno, Rogowského cívka je spirálovitá smyčka obtočená okolo vzdušného jádra se spojenými konci dvou vodičů.

Bohužel, praktické použití této konstrukce bylo v minulosti omezeno z důvodu velmi malých užitečných signálů na výstupu. Tento problém byl již překonán s příchodem citlivé elektroniky - schopné měřit v řádech mV. Ve skutečnosti toto nízké napětí se stalo důležitou výhodou v aplikacích vn, protože tak proudové snímače nevytvoří nebezpečné napětí.

Další výhodou spojenou s konstrukcí recloseru je vyloučení železného jádra. To vylučuje saturaci proudového snímače a umožňuje správnou funkci i při vysokých poruchových proudech. Při nevyužití železného jádra je proudový snímač znatelně lehčí. To je také jeden z důvodů, proč mají reclosery OSM tak malou váhu.

Rogowského cívky mají velmi široký a lineární rozsah měření. Cívky použité v recloseru jsou konstruovány s ohledem na ochranové funkce s dynamickým rozsahem měření od 4 A do 6 000 A. To znamená, že pro recloser OSM lze jednodušeji realizovat citlivou zemní ochranu, zkratovou a nadproudou ochranu při jednom měření. Není potřeba žádných dalších proudových transformátorů.

Recloser OSM používá 6 Rogowského cívek. Cívky pro měření fázových proudů jsou na jedné straně recloseru a jsou zapojené do trojúhelníku. Cívky na druhé straně jsou určené pro měření I_0 pro zemní ochranu a jsou zapojeny do hvězdy.

Měření napětí se provádí pomocí vodivého pryžového pláště, který tvoří kapacitní dělič na každé připojovací průchodce recloseru.

5.1.4. Zpracování signálů z napěťových a proudových snímačů

Napěťové snímače jsou kapacitní děliče s konstantou typicky 0,135 V / 1 kV. Užitečný signál každého napěťového snímače je do řídicí skříně připojen stíněným vodičem. Pro měřicí a ochranové funkce je užitečný signál filtrován a zesílen spolu s ochranou proti přepětí.

Pro Rogowského cívku platí, že indukované napětí na výstupu (cívka obemyká plně vodič s měřeným proudem).

$$U_R = K_1 . N . A \, di / dt,$$

kde

K_1 = konstanta

N = počet závitů

A = plocha závitu

di / dt = časová změna měřeného proudu

Z uvedeného vyplývá, že výstupní napětí je úměrné měřenému proudu a jeho kmitočtu. Pro věrný přenos primárního (měřeného) proudu na sekundární napětí (fáze, amplituda) je nutné indukované výstupní napětí integrovat v integračním zesilovači.

Podstatným kvalitativním parametrem je dosažení vysokého odstupu - užitečný signál - šum.

Signály z jednotlivých proudových snímačů (tři fázové proudy a I_o) jsou připojeny do řídicí skříně recloseru samostatnými stíněnými vodiči.

Typická konstanta proudových snímačů OSM je 2,0 V / 1 kA / 50 Hz.

5.1.5. Možnosti využití recloserů ve vn sítích

Podstatně vyšší užitné vlastnosti DOR OSM 27 a cena plně srovnatelná s DOÚ otvírají nový pohled na možnosti automatizace provozu distribučních sítí, které nejsou omezeny vlastnostmi odpínačů.

DOÚ v nejjednodušším provedení ZAP/VYP jsou určeny na dělicí místa v sítích, jejich stav je v normálních provozních podmínkách VYP.

Nasazení recloseru DOR do míst vn sítě:

- kmen vedení, možnost zkruhování venkovních sítí se selektivními směrovými ochranami, dělení kmene vedení na 3 části podle rozložení výkonu
- na odbočkách kmene vedení, rychlost VYP do 50 ms (ochrana + recloser) a OZ zajišťují, že kmen vedení a další odbočky jsou trvale v napěťovém stavu
- na dlouhých odbočkách lze umístit minimálně 2 reclosery s časově odstupňovanými ochranami
- umístěním na odbočkách za důležitým odběratelem jsou eliminovány poruchy za ním a je zaručeno jeho spolehlivé napájení
- jednoduchá realizace venkovní spínací stanice na stožárech
- automatické záskoky napájení ze dvou nezávislých vedení, obnovení dodávky do 100 ms, v technické přípravě je řešení záskoku bez přerušení

Využití recloserů umožňuje automatické vymanipulování poruchy bez přímé účasti dispečera a umožňuje snížení času nedodávky na minimum.

[6]

5.2. VN elektronické ochrany Sepam 10

Schneider Electric uvádí na trh novou řadu vn ochran Sepam 10. Řada Sepam 10 doplňuje již zavedené řady Sepam 20/40/80. Jak je zřejmé již z názvu, nová řada Sepam 10 doplňuje svými možnostmi stávající řady ochran Sepam od Schneider Electric. Sepam 10 představuje vysoce kvalitní ochrany pro základní funkce chránění s nejvýhodnějším poměrem cena - výkon.

Ochrany Sepam 10 nabízí tři varianty provedení :

N: Sepam 10 N chrání proti zemnímu spojení

B: Sepam 10 B chrání proti zkratům, nadproudům a zemnímu spojení,

A: Sepam 10 A nabízí stejné funkce jako model B, navíc však má komunikační port, více vstupů a výstupů a další ochranné a monitorovací funkce.

obr. 5.3. Elektronická ochrana Sepam 10

5.2.1. Hlavní výhody nové řady ochran Sepam 10:

Jednoduchost:

- Snadné ovládání – ergonomie, displej, tlačítka, piktogramy, apod.
- Rychlé nastavení – instalace, zapojení, přímé nastavení parametrů ochrany bez potřeby PC.
- Jednoduché skladování – jedna krabice, žádné příslušenství.

Spolehlivost:

- Garantovaná ochrana osob a majetku – velmi kvalitní výrobek, shoda s normami, nepřetržité auto- kontroly.
- Bezpečnost obsluhujícího personálu – veškeré přístupné části jsou zhotoveny z izolačních materiálů, výrobek je lehký a kompaktní, bez ostrých hran.
- Šetrnost vůči životnímu prostředí – shoda s evropskou směrnicí RoHS, nízká spotřeba, výroba podle certifikátu ISO 14001.

Produktivita

- Atraktivní, finančně nenáročný výrobek – snadné nekomplikované ovládání, přizpůsobení potřebám uživatele.
- Lepší dostupnost elektrické energie – přesné nastavení vypínacích proudů a časů, logická diskriminace, informace o vypnutí jsou operátorovi k dispozici automaticky ihned po poruše.
- Snížené náklady na údržbu – nepřetržité monitorování interního stavu prodlužuje interval mezi servisními prohlídkami.

Použití ochran

Základní využití digitálních ochran Sepam je:

- Chránění v sekundárních distribučních sítích (rozvodny vn/vn a vn/nn).
- Chránění v budovách napájených z vn sítě (kancelářské budovy, nákupní centra, průmyslové areály, sklady, apod.).
- Jištění v sítích nn s jističi Masterpact NW, které nemají řídicí jednotku Micrologic.

5.2.2. Integrace v dálkovém řídicím systému

Pro správu vn rozvoden lze digitální ochrany Sepam připojit k dálkovému řídicímu a monitorovacímu rozhraní Easergy T200I s jednotkami PowerLogic a detektory Flair.

Tímto flexibilním řešením lze zajistit řadu funkcí:

- chránění přívodních a vývodových obvodů,
- detekce poruchových proudů,
- správa spínacích přístrojů,
- databáze se záznamy událostí a měření,
- zálohované napájení,
- komunikace na řídící systém,
- místní i vzdálený přístup přes webový server

5.2.3. Funkce ochran

Ochrany Sepam 10 nabízejí nadproudové ochranné funkce rozdělené dle jednotlivých verzí.

Zemní ochrana (ANSI 50N-51N) je k dispozici u všech verzí N,B a A. Tato ochrana detekuje poruchu mezi fází a zemí a má dvě nezávislé nastavení hodnoty zemního proudu.

Nadproudová ochrana (ANSI 50-51) je v nabídce u verzí B a A. Ochrana využívá měření základní složky proudů z dvou nebo tří MTP.

Ochrana proti teplotnímu přetížení (ANSI 49 RMS) slouží k ochraně kabelů a vn/nn transformátorů proti přetížení. Opět je obsažena ve verzích Sepam 10 B a A.

Logická selektivita - všechny ochrany Sepam 10 (N,B a A) mohou zaslat blokovací signál při detekci poruchy nadproudovou nebo zkratovou ochranou. Signál blokující vybavení ochrany mohou přijmout pouze ochrany Sepam 10A.

Měření – všechny ochrany zobrazují hodnoty základní složky zemního proudu. Verze B a A zobrazují také efektivní hodnotu fázových proudů a maximální proud.

Komunikace – ochrany Sepam 10A jsou vybaveny komunikačním portem RS485 s protokolem Modus a IEC60870-5-103. Komunikaci lze využít pro přenos měřených hodnot a také pro přenos povelů dálkového ovládání v případě použití ochran k ovládání vývodu.

Sepam 10 přináší do nabídky ochran Schneider Electric novou verzi která nabízí jednoduchost instalace, snadné uvedení do provozu bez potřeby parametrizačního software a jednoduchý provoz. Svými vlastnostmi je tato řada ochran určena pro základní aplikace chránění vývodů v sítích vn. Ochrana je tvořena jedním balením a není potřeba instalovat další příslušenství. Zvláště vhodné jsou ochrany Sepam 10 pro účely retrofitu. **[8]**

5.3. Inteligentní zátěž pro potlačení ferrorezonance od fa KMB systems

Inteligentní zátěž AFR31 je přístroj určený k ochraně před škodlivým působením ferorezonance v distribuční síti vn s neuzemněným nebo nepřímo uzemněným středním vodičem. Ferorezonance vzniká například mezi indukčností transformátoru a kapacitou vedení.

obr. 5.4. Inteligentní zátěž AFR31

5.4. Bezdotykový indikátor průchodu zkratového proudu a zemního spojení na vedeních vn od fa KMB systems

Indikátor průchodu zkratového proudu a zemního spojení INKA 3 slouží k indikaci průtoku nadproudu vedením při zkratu mezi dvěmi či třemi fázemi a k indikaci průtoku 5. harmonické zemního proudu vedením při zemním spojení v kompenzovaných sítích VN.

Obr. 5.5. Indikátor INKA 3

[9]

6. Závěr

Z důvodu rostoucích nároků na kvalitu elektrické energie roste nutnost zvyšovat také spolehlivost dodávky elektrické energie. Nasazováním automatických odpínačů místo běžných klasických úsečníků dochází ke zrychlení manipulací, a s tím související zkrácení doby poruchy v síti. Při rozhodování o místech nasazení těchto prvků v sítích vysokého napětí je nejvhodnější využít multikriteriální analýzu. Při řešení byla použita následující kritéria: vzdálenost úsečníku od obvodové poruchové služby, počet manipulací provozních, počet manipulací při poruše, nedostupnost, zatížení linky v místě úsečníku, nezbytnost manipulace při vyhledávání poruch, nedodaná energie při výpadku, návratnost vynaložené investice. Z rozboru provozu distribuční sítě vysokého napětí řízené dálkově ovládanými odpínači vyplývá jednoznačně pokles celkové roční doby výpadku elektrické energie, což se projeví i v průměrné době trvání jednoho výpadku. Zvýší se tak významně spolehlivost dodávky elektrické energie odběratelům.

V bakalářské práci jsem vysvětlil princip řízení venkovních distribučních sítí včetně rozdělení. Poté jsem navázal na nejčastěji se vyskytující prvek ve venkovních sítích vn, čímž je odpínač. Vysvětlil jsem samotný princip odpínače, pomocí obrázku ukázal jeho dnešní i dřívější podobu a v neposlední řadě srovnal výhody použití ručních a dálkově ovládaných odpínačů. Dále vysvětlil principy dálkového ovládání odpínačů a pomocí obrázku ukázal jejich dnešní podobu v praxi. Nastínil nejčastěji používané systémy dálkového ovládání odpínačů. Shodnotil výhody a přínos venkovního vypínače GVR recloser. Následně některé metody používáne při rozhodování, kde je nejvohdnejší použít dálkově ovládané odpínače. V závěru ukázal i další možnosti použití automatizačních prvků ve venkovních sítích vn. Bakalářská práce může posloužit studentům při výuce a vysvětlit jim problematiku řízení distribuční soustavy, problematiku odpínačů a ukázit i další automatizační prvky.

Literatura

[1] Santarius, P.: Elektrické stanice a vedení. Skripta VŠB Ostrava, 1993

[2] Otto Havelka a kol.; Elektrické přístroje, SNTL Praha 1985

[3] Firemní materiály, Ivep, a.s., výrobní program/venkovní odpínače a úsečníky vn, dostupné z www:< http://www.ivep.cz/vyrobni-program/venkovni-odpinace-a-usecniky-vn>

[4] Firemní materiály, Dribo, spol. s r.o. dostupné z www: <http://www.dribo.cz/pdf/CZ_DOV.pdf> a < http://www.dribo.cz/pdf/CZ_Recloser.pdf>

[5] Firemní materiály, Applic, spol. s r.o. dostupné z www:<http://www.applic.cz/html/energetika_d_ovl_odp_vn.htm> a < http://www.applic.cz/html/energetika_prenosy_mereni.htm>

[6] Firemní materiály, EGÚ ČB, a.s., dostupné z www:< http://www.egu.cz/egucbm.html> a < http://www.egu.cz/Egu_cb/pdf/CK_CIRED2003_1.pdf>

[7] Hradílek, Z., Gurecký, J., Krejčí, P.: Metody multikriteriální analýzy pro nasazování dálkově ovládaných prvků v sítích SME, a.s. ,Ostrava 2001

[8] Doležal, R., vn elektronické ochrany Sepam 10, článek publikován na Etm dostupný z www:< http://etm.cz/rubriky/energetika/181-vn-ochrany-sepam-10>

[9] Firemní materiály, KMB systems spol. s r.o., dostupné z www:< http://www.kmb.cz/07/content/blogcategory/19/31/lang,cs/index.html> a < http://www.kmb.cz/07/content/blogcategory/17/29/lang,cs/>

[10] Krychtálek, Z., Pauza, J., Elektrické stanice, 1. vydání, Praha 1989