

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

NÁVRH REKONSTRUKCE DISTRIBUČNÍ SÍTĚ V ZADANÉ OBLASTI

DIPLOMOVÁ PRÁCE

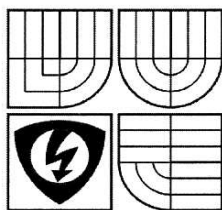
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. MIROSLAV RICHTER

BRNO 2008



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav elektroenergetiky

Diplomová práce

magisterský navazující studijní obor
Elektroenergetika

Student: Richter Miroslav, Bc.
Ročník: 2

ID: 88471
Akademický rok: 2007/08

NÁZEV TÉMATU:

Návrh rekonstrukce distribuční sítě v zadané oblasti

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Klasifikace jednotlivých druhů sítí nn a vn.
2. Výpočet stávající sítě v zadané lokalitě.
3. Zhodnocení stávajícího stavu sítě a návrh variant úpravy sítě.
4. Technické a ekonomické vyhodnocení jednotlivých variant sítě

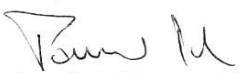
DOPORUČENÁ LITERATURA:

Dle pokynů vedoucího

Termín zadání: 17.12.2007

Termín odevzdání: 28.5.2008

Vedoucí projektu: doc. Ing. Vladimír Blažek, CSc.


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/paní

Jméno a příjmení: Bc. Miroslav Richter
Bytem: Svážná 393/1, 63400, Brno - Nový Lískovec
Narozen/a (datum a místo): 2.9.1983, Kyjov

(dále jen "autor")

a

2. Vysoké učení technické v Brně

Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií
se sídlem Údolní 244/53, 60200 Brno 2
jejímž jménem jedná na základě písemného pověření děkanem fakulty:
doc. Ing. Petr Toman, Ph.D.

(dále jen "nabyvatel")

Článek 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: Návrh rekonstrukce distribuční sítě v zadané oblasti

Vedoucí/školicel VŠKP: doc. Ing. Vladimír Blažek, CSc.

Ústav: Ústav elektroenergetiky

Datum obhajoby VŠKP:

VŠKP odevzdal autor nabyvateli v:

- ☒ tištěné formě - počet exemplářů 1
- ☒ elektronické formě - počet exemplářů 1

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 užít, 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:

RICHTER, M. *Návrh rekonstrukce distribuční sítě v zadané oblasti*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2008. 107 s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Vladimír Blažek, CSc.

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

Zároveň bych na tomto místě chtěl poděkovat svým rodičům za podporu během celé doby mého studia.

.....



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ



Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií
Ústav elektroenergetiky

Diplomová práce

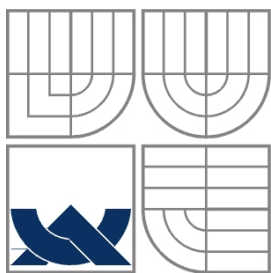
Návrh rekonstrukce distribuční sítě v zadané oblasti

Bc. Miroslav Richter

Vedoucí: doc. Ing. Vladimír Blažek, CSc.

Ústav elektroenergetiky, FEKT VUT v Brně, 2008

Brno



BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



Faculty of Electrical Engineering and Communication

Department of Electrical Power Engineering

Master's Thesis

Proposal of the reconstruction of a distribution network in a specific area

by

Bc. Miroslav Richter

Supervisor: doc. Ing. Vladimír Blažek, CSc.

Brno University of Technology, 2008

Brno

ABSTRAKT

Diplomová práce pojednává o jednotlivých typech distribučních sítí nízkého a vysokého napětí a jejich použití v dané lokalitě z hlediska spolehlivosti a kvality dodávky elektrické energie. Rozděluje distribuční síť podle způsobu uložení vodičů, napěťových hladin distribučního vedení a také podle typu zapojení sítě. Dále rozděluje distribuční síť vysokého a nízkého napětí podle použitých typů vodičů, přičemž větší pozornost je věnována izolovaným vedením používaným v České republice, vedením nízkého napětí označované AES a vedením vysokého napětí PAS, které se stále více uplatňuje při budování nebo rekonstrukci sítě. Pozornost je dále věnovaná metodám výpočtu pro ustálený chod sítě.

Samostatná část diplomové práce je věnována návrhu rekonstrukce distribuční sítě nízkého napětí v obci Kovalovice. Nejdříve je zjištěn a zhodnocen stávající stav sítě v obci, a poté je navrženo několik variant rekonstrukce sítě pomocí programu KASI, který je taktéž popsán v diplomové práci. Navržené varianty jsou posouzeny jak z technického, tak z ekonomického hlediska. Pro zvolenou nejvýhodnější variantu rekonstrukce sítě bylo také navrženo jištění pomocí programu SICHR 7.

KLÍČOVÁ SLOVA: nízké napětí, jmenovité napětí, jmenovité zatížení, tolerance napětí, holý vodič, izolovaný vodič, zemní kabel, investiční náklady, venkovní vedení, kabelové vedení, ustálený chod, rekonstrukce sítě

ABSTRACT

The dissertation describes several types of low and high voltage distribution networks including their implementation in specified location with regards to the reliability and quality of electric power supply. The distributions networks are classified according to ways of cable routing, distribution line voltage levels as well as according to types of network interconnections. The high and low voltage distribution networks are further categorized based on used cable types, where, more attention is paid to insulated lines used in the Czech Republic, low voltage lines called „AES“ and „PAS“ high voltage lines used more and more during the distribution network reconstruction. Attention is also given to the description of used methodology for the calculation of network performance stability.

An individual part of the dissertation is devoted to a low voltage distribution network proposal in the village of Kovalovice. Based on performed analysis of distribution network conditions, several reconstruction versions were proposed with the help of „KASI“ software, the description of which is also included. The proposed versions are further analysed for both, technical and economical aspects. For selected most suitable version of the distribution network, the protection using the SICHR 7 software was defined.

KEY WORDS:

low voltage, nominal voltage, nominal load, voltage tolerance, bare conductor, insulated conductor, underground cable, capital expenditure, overhead line, cable line, steady state, reconstruction of the network

OBSAH

SEZNAM OBRÁZKŮ.....	12
SEZNAM TABULEK	13
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	14
1 ÚVOD	15
2 DISTRIBUČNÍ SÍTĚ VYSOKÉHO A NÍZKÉHO NAPĚTÍ	16
2.1 ROZDĚLENÍ PODLE ULOŽENÍ VODIČŮ	16
2.2 ROZDĚLENÍ PODLE NAPĚTÍ DISTRIBUČNÍHO VEDENÍ	16
2.3 ROZDĚLENÍ PODLE ZPŮSOBU ZAPOJENÍ SÍTĚ	17
2.3.1 PAPRSKOVÁ SÍŤ	17
2.3.2 OKRUŽNÍ SÍŤ	17
2.3.3 MŘÍŽOVÉ SÍTĚ	17
3 VEDENÍ DISTRIBUČNÍCH SÍTÍ.....	22
3.1 VENKOVNÍ VEDENÍ.....	22
3.1.1 VENKOVNÍ VEDENÍ 110kV	22
3.1.2 VENKOVNÍ VEDENÍ 22kV	22
3.1.3 VENKOVNÍ VEDENÍ 0,4/0,23kV	22
3.2 KABELOVÁ VEDENÍ	23
3.2.1 KABELOVÁ VEDENÍ 110kV	23
3.2.2 KABELOVÁ VEDENÍ 22kV A 0,4/0,23kV	23
4 TYPY VEDENÍ DISTRIBUČNÍCH SÍTÍ.....	24
4.1 VENKOVNÍ VEDENÍ Z HOLÝCH VODIČŮ	24
4.2 VENKOVNÍ VEDENÍ Z IZOLOVANÝCH VODIČŮ	24
4.2.1 VEDENÍ NÍZKÉHO NAPĚTÍ.....	25
4.2.2 VEDENÍ VYSOKÉHO NAPĚTÍ	32
4.3 KABELOVÁ VEDENÍ	37
4.3.1 KABELOVÁ VEDENÍ NÍZKÉHO NAPĚTÍ	38
4.3.2 KABELOVÁ VEDENÍ VYSOKÉHO NAPĚTÍ.....	39
5 VÝPOČET USTÁLENÉHO CHODU SÍTĚ.....	40
5.1 VÝPOČET USTÁLENÉHO CHODU JAKO LINEÁRNÍ ÚLOHA	40
5.2 ELIMINACE BILANČNÍHO UZLU	42
5.3 VÝPOČET USTÁLENÉHO CHODU JAKO NELINEÁRNÍ ÚLOHA.....	42
5.4 ITERAČNÍ METODY PRO ŘEŠENÍ USTÁLENÉHO CHODU SÍTĚ.....	44
5.4.1 GAUSS – SEIDLOVA METODA	44
5.5 DALŠÍ ZPŮSOBY VÝPOČTU USTÁLENÉHO CHODU SÍTĚ.....	46
5.5.1 ŘEŠENÍ USTÁLENÉHO CHODU SÍTĚ POMOCÍ STEJNOSMĚRNÉHO MODELU	46
5.5.2 REDUKCE ODBĚROVÝCH UZLŮ	46
6 VÝPOČETNÍ PROGRAM KASI	48
6.1 VSTUPNÍ DATA	48

6.2 VÝPOČET CHODU SÍTĚ	49
6.3 PREZENTACE VÝSLEDKŮ	51
7 STÁVAJÍCÍ STAV SÍTĚ V OBCI KOVALOVICE.....	52
7.1 PRVKY STÁVAJÍCÍ SÍTĚ NÍZKÉHO NAPĚTÍ.....	52
7.2 VÝPOČET A ZHODNOCENÍ STÁVAJÍCÍHO STAVU SÍTĚ	54
8 NÁVRH VARIANT ÚPRAVY SÍTĚ V OBCI KOVALOVICE	56
8.1 REKONSTRUKCE NEVYHOVUJÍCÍCH ČÁSTÍ SÍTĚ HOLÝMI VODIČI TYPU ALFe	56
8.1.1 INVESTIČNÍ NÁKLADY VARIANTY S VODIČI TYPU ALFe.....	58
8.2 REKONSTRUKCE SÍTĚ IZOLOVANÝMI VODIČI TYPU AES	59
8.2.1 INVESTIČNÍ NÁKLADY VARIANTY S VODIČI TYPU AES	61
8.3 REKONSTRUKCE SÍTĚ ZEMNÍMI KABELY TYPU AYKY	62
8.3.1 INVESTIČNÍ NÁKLADY VARIANTY SE ZEMNÍMI KABELY TYPU AYKY	63
9 TECHNICKÉ A EKONOMICKÉ VYHODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH VARIANT REKONOSTRUKCE SÍTĚ.....	65
10 ZÁVĚR.....	67
POUŽITÁ LITERATURA	69
SEZNAM PŘÍLOH.....	70

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 2-1: Paprsková síť.....	17
Obrázek 2-2: Okružní síť.....	17
Obrázek 2-3: Mřížová síť klasická [4]	18
Obrázek 2-4: Autonomní síť jednonapáječová [4].....	19
Obrázek 2-5: Autonomní síť vícenapáječová [4]	20
Obrázek 2-6: Zjednodušená mřížová síť [4]	21
Obrázek 4-1: AlFe lano [10]	24
Obrázek 4-2: Finský systém AMKA [8]	25
Obrázek 4-3: Francouzský systém [8].....	26
Obrázek 4-4: Čtyřvodičový systém [8].....	26
Obrázek 4-5: Dvoužilový systém AES [9]	27
Obrázek 4-6: Čtyřžilový systém AES [9].....	27
Obrázek 4-7: Čtyřžilový systém AES a přídavnou žilou [9]	27
Obrázek 4-8: Čtyřžilový systém AES se dvěma přídavnými žilami [9].....	28
Obrázek 4-9: Minimální vzdálenosti AES [9]	29
Obrázek 4-10: Nosné svorky [8]	30
Obrázek 4-11: Kotevní svorky [8].....	31
Obrázek 4-12: Propichovací svorky [8].....	31
Obrázek 4-13: Distanční příchytka SO 72.1 [8]	31
Obrázek 4-14: Závěsné háky [8]	32
Obrázek 4-15: Jednoduchý izolovaný vodič SAX-W [8]	33
Obrázek 4-16: Vodič se třemi vrstvami izolace HV SAX [8]	33
Obrázek 4-17: Kabel SAXKA [8]	34
Obrázek 4-18: Podpěrný izolátor [8].....	36
Obrázek 4-19: Spirálové vazy [8]	36
Obrázek 4-20: Tahové izolátory [8].....	37
Obrázek 4-21: Svorky pro systém PAS [8].....	37
Obrázek 4-22: Kabel NYCWY [10]	38
Obrázek 4-23: Kabel HXLMK [10].....	39
Obrázek 5-1: Schéma sítě pro výpočet ustáleného chodu [2].....	40
Obrázek 5-2: Schéma π -článku [2]	44
Obrázek 5-3: Princip redukce odběrových uzlů [3].....	47

SEZNAM TABULEK

<i>Tabulka 7-1: Použité typy vedení u stávající sítě</i>	<i>53</i>
<i>Tabulka 7-2: Velké nebytové odběry</i>	<i>53</i>
<i>Tabulka 7-3: Uzly s napětím mimo toleranci</i>	<i>55</i>
<i>Tabulka 7-4: Vedení zatížená nad povolenou mez</i>	<i>55</i>
<i>Tabulka 8-1: Rekonstruovaná vedení u varianty s vodiči typu AlFe</i>	<i>57</i>
<i>Tabulka 8-2: Použité typy vedení na rekonstrukci sítě u varianty s vodiči typu AlFe</i>	<i>58</i>
<i>Tabulka 8-3: Rekonstruované trafostanice u varianty s vodiči typu AlFe</i>	<i>58</i>
<i>Tabulka 8-4: Měrné náklady na vedení a transformátory u varianty s vodiči typu AlFe</i>	<i>58</i>
<i>Tabulka 8-5: Předpokládané investiční náklady u varianty s vodiči typu AlFe</i>	<i>59</i>
<i>Tabulka 8-6: Použité typy vedení na rekonstrukci u varianty s vodiči typu AES.....</i>	<i>60</i>
<i>Tabulka 8-7: Rekonstruované trafostanice u varianty s vodiči typu AES.....</i>	<i>60</i>
<i>Tabulka 8-8: Měrné náklady na vedení a transformátory u varianty s vodiči typu AES</i>	<i>61</i>
<i>Tabulka 8-9: Předpokládané investiční náklady u varianty s vodiči typu AES</i>	<i>61</i>
<i>Tabulka 8-10: Použité typy vedení na rekonstrukci sítě u varianty se zemními kabely AYKY.....</i>	<i>63</i>
<i>Tabulka 8-11: Rekonstruované trafostanice u varianty se zemními kabely AYKY</i>	<i>63</i>
<i>Tabulka 8-12: Měrné náklady na vedení a transformátory u varianty se zemními kabely AYKY .</i>	<i>64</i>
<i>Tabulka 8-13: Předpokládané investiční náklady u varianty se zemními kabely AYKY.....</i>	<i>64</i>
<i>Tabulka 9-1: Technické porovnání variant rekonstrukce sítě.....</i>	<i>65</i>
<i>Tabulka 9-2: Ekonomické porovnání variant rekonstrukce sítě</i>	<i>66</i>

SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK

symbol	popis	jednotka
nn	nízké napětí	
vn	vysoké napětí	
DTS (TS)	distribuční transformační stanice 22/0,42kV	
$\bar{U}_1, \dots, \bar{U}_n$	uzlová napětí	[V]
$\bar{I}_1, \dots, \bar{I}_n$	uzlové proudy	[A]
$\bar{I}_i^*$	komplexně sdružený proud	[A]
$\bar{y}_{ij}$	admitance jednotlivých větví	[S]
α	modul podélných impedancí	[°]
ε	požadovaná přesnost výpočtu	[-]
φ	fázový posuv	[°]
ΔP	ztráty na vedeních nebo transformátorech	[W]
$\Delta P_0 (\Delta P_{Fe})$	ztráty naprázdno (v železe)	[W]
ΔP_{ij}	ztráty činného výkonu	[W]
$\Delta P_K (\Delta P_{Cu})$	ztráty nakrátko (v mědi)	[W]
ΔQ_{ij}	ztráty jalového výkonu	[VAr]
$\Delta U_A, \Delta U_B$	úbytek napětí v daných uzlech	[V]
I	proud tekoucí vedením	[A]
I_A, I_B	proud tekoucí z okolní sítě do vedení AB	[A]
I_{Aodb}, I_{Bodb}	proudy k zásobení odběrů	[A]
I_{VA}, I_{VB}	vyrovnávací proudy	[A]
k	číslo iterace	[-]
P	činný výkon	[W]
Q	jalový výkon	[VAr]
S	zdánlivý výkon	[VA]
R	rezistence vedení	[Ω]
Z_{AB}	impedance vedení mezi uzly A a B	[Ω]
β	koeficient zatížení	[-]
Z_{iA}, Z_{iB}	impedance mezi i-tým odběrem a příslušným koncem vedení	[Ω]
P_i	celkový instalovaný výkon spotřebitelů	[W]
P_{bj}	příkon bytové jednotky	[W]

1 ÚVOD

Historie přenosu a distribuce elektrické energie začíná v předminulém století. První přenos prakticky využitelného výkonu, který lze srovnat s dnešními představami o přenosu elektrické energie, se uskutečnil v roce 1882 v Německu. Elektrická energie byla přenášena na vzdálenost 57 km prostřednictvím stejnosměrného proudu s účinností kolem 22%. Až vynálezy transformátoru, točivého magnetického pole a asynchronního motoru vytvořily předpoklady k hospodárnému přenosu elektrické energie. V roce 1891 byl uskutečněn první střídavý přenos o délce 175 km s napětím 15kV a výkonem 250kVA.

Počátky elektrifikace českých zemí se datují od roku 1882, kdy bylo uvedeno do provozu elektrické osvětlení v Mahenově divadle za použití stejnosměrného proudu. Na konci 20. let 20.století byl již elektrický proud přístupný 70% obyvatel. Pokračující elektrifikace byla přerušena II. světovou válkou. Na konci 30. let již bylo elektrifikováno 70% všech obcí což znamená přibližně 90% obyvatel. Dále docházelo ke zlepšování a zdokonalování přenosu elektrické energie. Po roce 1989 prodělala i česká elektroenergetika zásadní změny. Elektrizací soustava vstoupila jako první hospodářské odvětví ČR do Evropy a v roce 1995 se plně propojila se západoevropskou soustavou.

Elektrizací soustava slouží pro přenos elektrické energie od výrobce až ke konečnému spotřebiteli. Zahrnuje v sobě proces výroby, přenosu, distribuce a spotřeby elektrické energie. Množství vyráběné elektrické energie musí v každém okamžiku odpovídat energii spotřebované. V místě výroby získáváme elektrickou energii přeměnou jiných forem energií v přírodě a v místě spotřeby ji zase přeměňujeme na jiné, námi požadované druhy energie. K výhodám elektrické energie patří její získání z jiných forem energie s poměrně dobrou účinností přeměny a v požadovaném množství, snadná přeměna na jiné druhy energie, snadnou a přesnou měřitelnost dodávaného množství, aj. Samozřejmě má i své nevýhody mezi které patří například nemožnost její výroby do zásoby a skladování, nákladné zařízení na její výrobu, přenos atd.

Pro distribuci elektrické energie slouží distribuční soustava, která zahrnuje velmi širokou oblast dodávky elektrické energie. Distribuce elektrické energie začíná v transformační stanici 400/110kV a končí u spotřebitele při napětí 400/230V. Mezi napětím 110kV a 400V dochází ještě k jedné transformaci a to v transformační stanici 110/22kV. [3]

Podle velikosti spotřeby elektrické energie a zároveň podle velikosti napětí dělíme spotřebitele na:

- Velkoodběratelé (při napětí 110kV)
- Středoodběratelé (při napětí 22kV)
- Maloodběratelé (při napětí 400/230V)

Pro distribuci elektrické energie se používají různé typy distribučních sítí. Protože každý typ sítě má jiné provozní vlastnosti a ne každá síť dokáže splnit všechny požadavky zásobované lokality na dodávku a kvalitu elektrické energie, musíme zásobované lokality rozdělit především podle stupně dodávky elektrické energie, která musí být zajištěna.

2 DISTRIBUČNÍ SÍTĚ VYSOKÉHO A NÍZKÉHO NAPĚTÍ

Distribuční síť v sobě zahrnuje všechna vedení a zařízení, které slouží k zásobování obyvatel a průmyslu elektrickou energií. Tyto sítě zahrnují několik napěťových hladin, podle kterých jsou kladeny různé požadavky na spolehlivost dodávky elektrické energie, a od které se také odvíjí jejich investiční a provozní náklady. Distribuční síť můžeme rozdělit podle několika hledisek jako je například podle uložení vodičů, napětí distribučního vedení, vedení distribuční sítě a nebo podle způsobu zapojení sítě.

2.1 Rozdělení podle uložení vodičů

- Kabelová síť uložená v zemi
- Síť tvořená venkovními holými vodiči AlFe, které jsou upevněny na konzolách, střešnicích nebo sloupech
- Síť tvořená závěsnými kabelemi
- Síť tvořená izolovanými vodiči AES, PAS
- Smíšená síť, která je tvořena různými kombinacemi výše uvedených typů

2.2 Rozdělení podle napětí distribučního vedení

Napětí v distribučních sítích je dáno podle normalizované řady napětí, která slouží především k dosažení optimálních podmínek zásobování elektrickou energií.

➤ Vedení s napětím 110kV

Vedení 110kV slouží k přenosu velkých výkonů z transformační stanice 400/110kV (220/110kV) do míst, kde dochází k transformaci napětí 110/22kV, nebo k zásobování velkoodběratelů. Elektrická energie se tímto vedením transportuje na značné vzdálenosti a vedení musí splňovat vyšší požadavky na spolehlivost dodávky, čímž jsou větší i investiční a provozní náklady než na vedení nižších napětí.

➤ Vedení s napětím 22kV

Vedení 22kV slouží k rozvodu elektrické energie do center spotřeby, jako jsou obce, města, apod. a k zásobování středoodběratelů. Elektrická energie se tímto vedením transportuje na střední vzdálenosti a vedení musí také splňovat určité požadavky na spolehlivost dodávky, ale ta je již nižší než u vedení s napětím 110kV, čímž se také sníží investiční a provozní náklady.

➤ Vedení s napětím 400/230V

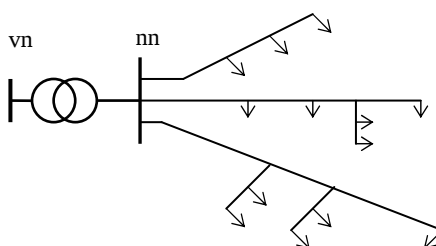
Toto vedení slouží k zásobování jednotlivých odběratelů elektrickou energií nízkého napětí. Má omezenou schopnost přenosu výkonu na určenou vzdálenost. Hlavním limitujícím parametrem je úbytek napětí.

2.3 Rozdělení podle způsobu zapojení sítě

Distribuční síť se podle požadované spolehlivosti a kvality dodávky elektrické energie musí vhodně zapojit. Síť 110kV a 22kV jsou převážně provozovány paprskovým rozvodem, případně průběžným rozvodem. Síť 400/230V jsou provozovány paprskovým a průběžným rozvodem, husté městské sítě jsou provedeny jako mřížové, i když jsou většinou provozovány paprskově.

2.3.1 Paprsková síť

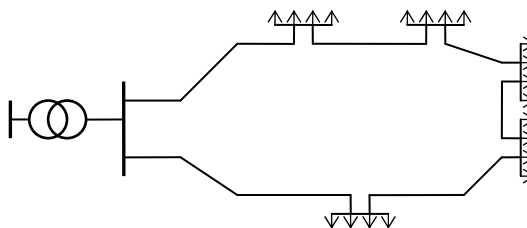
Tento typ rozvodu se především používá u napětí 110kV a 22kV, a také pro napětí 400/230V v oblastech, kde není nutná velká spolehlivost dodávky elektrické energie. Jelikož přerušení dodávky může být několik hodin, ale také i několik dní, proto se používají paprskové sítě nízkého napětí jen v malých obcích, kde by dlouhodobý výpadek nezpůsobil velké škody.



Obrázek 2-1: Paprsková síť

2.3.2 Okružní síť

Tento rozvod se používá jak u sítí nízkého napětí, tak u sítí vysokého napětí. Okružní sítě mají větší spolehlivost dodávky elektrické energie než sítě paprskové, ale jsou tím pádem také dražší. Při poruše vedení lze postižený obvod přepnout na sousední vývod, a proto přerušení dodávky elektrické energie trvá vteřiny popřípadě minuty. Provoz těchto sítí je přehledný a nenáročný. Používají se především k okružnímu napájení větších měst, jejich okolí a u větších obcí.



Obrázek 2-2: Okružní síť

2.3.3 Mřížové sítě

Tento typ sítě se převážně používá u sítí nízkého napětí ve větších městech s velkou hustotou zástavby. Provozují se jako kabelová vedení, která jsou spojena na křižovatkách ulic do uzlů. Tyto uzly jsou pojistkové skříně, které jsou většinou umístěné na samostatných pilířích. Pomocí mřížových sítí je zaručena vysoká spolehlivost dodávky elektrické energie, lepší využití transformátorů a vedení. Mřížové sítě mají větší zkratové proudy v sítích nn. Mřížové sítě se budují především v lokalitách s hustotou zatížení 5-8 MVA/km². [1]

2.3.3.1 Mřížové sítě klasické

Primární síť vn je tvořena důsledně prostřídánými rozvodnými distribučními vedeními (většinou 3 až 4) zaústěnými do spínacích stanic nebo rozveden 110/22kV. Distribuční vedení a transformátory musí být dimenzovány tak, aby při výpadku jednoho distribučního vedení vn byly ostatní schopny převzít jeho přenášený výkon.

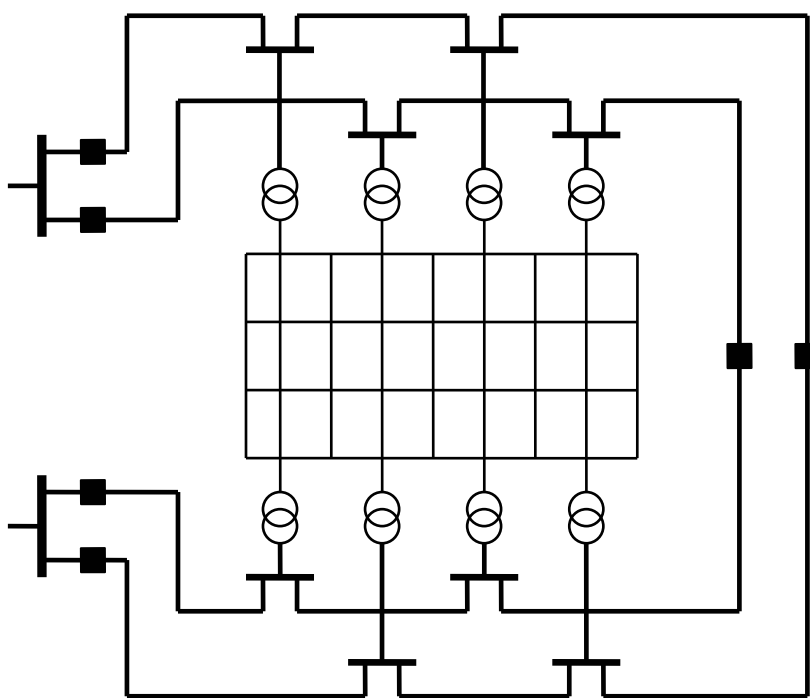
Sekundární síť nn je tvořena kabelovou sítí stejného průřezu, jejichž větve jsou řešeny v souladu s uspořádáním zástavby a v místech křížování jsou propojeny do uzlů (rozpadových míst). Kabely jsou jištěny ve všech rozpojovacích uzlech stejnými výkonovými pojistkami (většinou s pomalou charakteristikou). [4]

Výhody klasické mřížové sítě:

- vysoká spolehlivost dodávky elektrické energie
- vysoká kvalita elektrické energie
- velké množství záložních napájení

Nevýhody klasické mřížové sítě:

- vysoká investiční a provozní náročnost
- složitá síť
- obtížné vyhledávání poruch
- vysoká náročnost na obsluhu
- pravidelná kontrola rozpojovacích bodů [4]



Obrázek 2-3: Mřížová síť klasická [4]

2.3.3.2 Autonomní síť jednonapáječová

Primární síť vn je tvořena jedním rozvodným distribučním vedením, řešeným jako okružní vedení. Je zaústěno do jedné nebo dvou spínacích stanic nebo rozveden 110/22kV. Vedení musí být dimenzováno na zatížení celé oblasti, kterou zásobuje. Distribuční transformátory musí být dimenzovány tak, aby při výpadku jednoho distribučního transformátoru bylo možné příslušnou oblast zásobovat ze sousedních distribučních transformátorů.

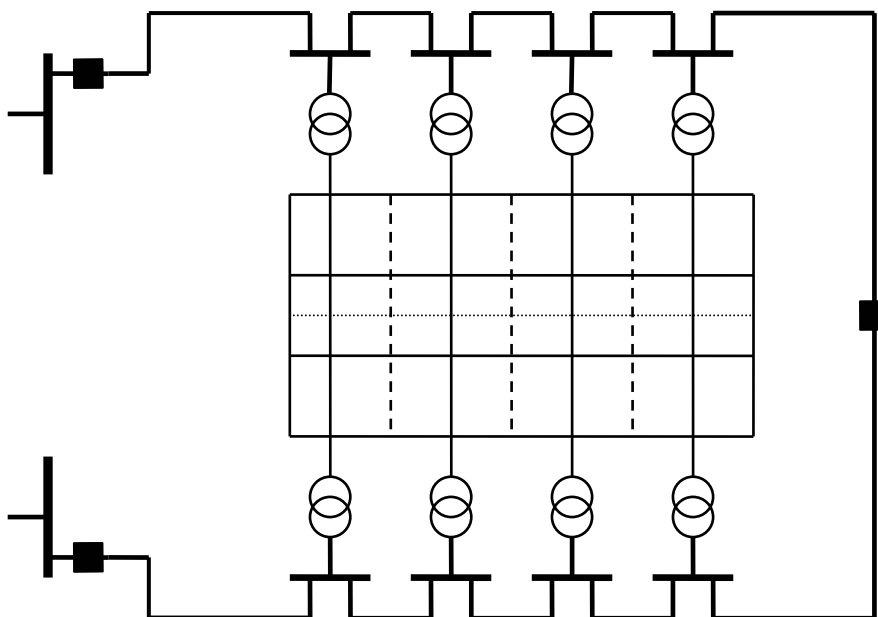
Sekundární síť nn je tvořena kabelovou sítí stejného průřezu, jejíž větve jsou řešeny v souladu s uspořádáním zástavby v dané oblasti. Síť nn je provozována jako lokální síť příslušné DTS, tzn. sítě jednotlivých DTS jsou provázány posilovacími kabely, které jsou rozepnuty. Pouze v případě poruchy distribučního transformátoru je možné napájet oblast nn příslušné DTS ze sousedních oblastí nn právě pomocí těchto posilovacích kabelů. [4]

Výhody jednonapáječové sítě:

- poměrně vysoká kvalita elektrické energie
- velké množství záložních napájení na sekundární straně
- relativně jednoduchá lokalizace poruchy
- nižší investiční náročnost oproti klasické a vícenapáječové mřížové síti

Nevýhody jednonapáječové sítě:

- při poruše primárního napáječe dojde k výpadku všech DTS [4]



Obrázek 2-4: Autonomní síť jednonapáječová [4]

2.3.3.3 Autonomní síť vícenapáječová

Primární síť vn je tvořena částečně prostřídanými rozvodnými distribučními vedeními (většinou 3 až 4) zaústěnými do spínacích stanic nebo rozveden 110/22kV. Pro oblasti s nižšími požadavky na spolehlivost dodávky elektrické energie lze použít dvou distribučních vedení vn.

Distribuční transformátory musí být dimenzovány tak, aby při výpadku jednoho distribučního transformátoru bylo možné příslušnou oblast zálohovat ze sousedních distribučních transformátorů.

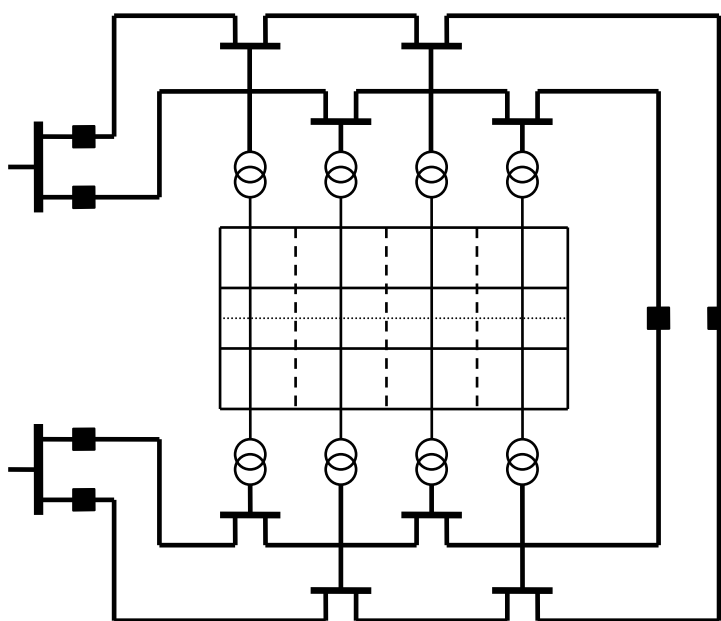
Sekundární síť nn je tvořena kabelovou sítí stejného průřezu, jejíž větve jsou řešeny podle uspořádání zástavby v dané oblasti. Síť nn je provozována jako lokální síť příslušné DTS. Sítě nn jednotlivých DTS jsou provázány záložními kabely, které jsou rozepnuty. Pouze v případě poruchy transformátoru je možné napájet oblast nn příslušné DTS ze sousedních oblastí nn, tím že dojde ke spojení sítě pomocí těchto záložních kabelů. [4]

Výhody vícenapáječové sítě:

- vysoká spolehlivost dodávky elektrické energie
- zajištěna poměrně vysoká kvalita elektrické energie
- velké množství záložních napájení
- lze poměrně jednoduše lokalizovat poruchu
- nižší investiční náklady oproti klasické mřížové síti

Nevýhody vícenapáječové sítě:

- relativně vysoké investiční a provozní náklady [4]



Obrázek 2-5: Autonomní síť vícenapáječová [4]

2.3.3.4 Zjednodušená mřížová síť

Primární síť vn je tvořena jedním napáječem řešeným jako okružní vedení. Je zaústěn do jedné nebo dvou vstupních napájecích rozveden vn. Napáječ musí být dimenzován na zatížení zásobované oblasti.

Sekundární síť nn je provozována venkovním vedením, proto se používá v oblastech s nižší hustotou zástavby (např. v satelitních obcích měst). Toto venkovní vedení tvoří zauzlenou síť, v níž je zajištěn paralelní provoz distribučních transformačních stanic vn. Mezi sekundárními rozváděči DTS jsou tzv. magistrální vedení tj. vedení silnějšího průřezu, ze kterých vedou prosté odbočky. Jednotlivé magistrální vedení jsou samostatné okruhy jištěné výkonovými pojistkami v DTS. V místech slabé vazby (tj. místo na vedení napájené z obou stran, kde teoreticky teče nulový proud) jsou vedení jištěna pojistkami, které musí být o 2 až 3 stupně nižší než pojistky v DTS. Jiné pojistky by se na magistrálním vedení neměly vyskytovat.

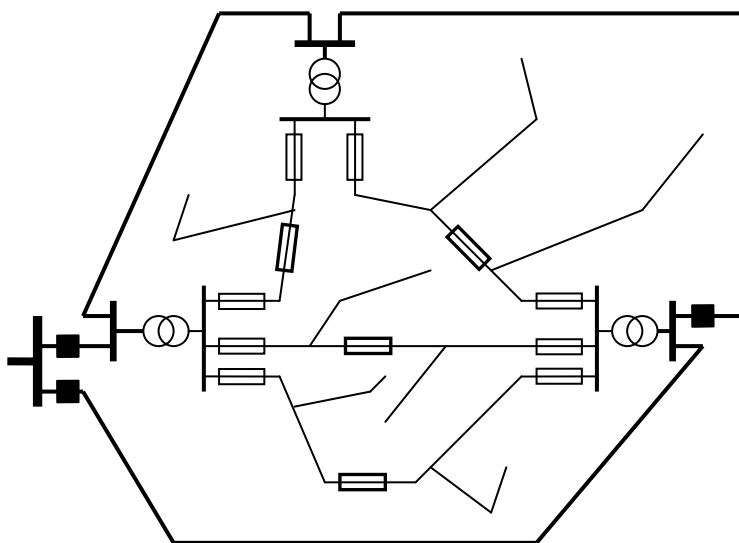
Při poruše by měly selektivně zareagovat pojistky v místě slabé vazby a příslušné pojistky v DTS. Tím by mělo dojít k odpojení pouze vadné části sítě. [4]

Výhody zjednodušené mřížové sítě:

- zajištěna poměrně vysoká kvalita elektrické energie
- částečná možnost záložního napájení
- relativně jednoduchá obsluha a provozní údržba
- celkem jednoduchá lokalizace poruchy
- nižší investiční náklady oproti klasické mřížové síti

Nevýhody zjednodušené mřížové sítě:

- nižší spolehlivost dodávky elektrické energie při poruše sekundární sítě
- při poruše primárního napáječe dojde k výpadku všech DTS [4]



Obrázek 2-6: Zjednodušená mřížová síť [4]

3 VEDENÍ DISTRIBUČNÍCH SÍTÍ

Distribuční sítě se budují podle účelu buď venkovním vedením nebo kabelovým vedením, jimiž jsou propojeny jednotlivé transformátory a připojení odběratelé elektrické energie. Jak venkovní, tak i kabelová vedení mají svůj rozsah upotřebení a jejich použití závisí na technických a ekonomických podmínkách způsobu napájení dané oblasti.

3.1 Venkovní vedení

Venkovní vedení se používají tam, kde je především dostatek místa. Proto je nelze použít v oblastech s velkou hustotou zástavby jako jsou například větší města. Provozní náklady a náklady na údržbu jsou u venkovního vedení vyšší, ale investiční náklady jsou několikanásobně nižší než u kabelových vedení.

3.1.1 Venkovní vedení 110kV

Vedení 110kV tvoří hlavní článek distribuce elektrické energie mezi vazebním bodem nadřazené soustavy a centry odběru průmyslových oblastí nebo měst. Vedení jsou obvykle dvojité pro zajištění dodávky a provozována jako okružní. Pro venkovní vedení se používají holá kombinovaná AlFe lana umístěná na železných stožárech. V dnešní době se začíná používat nová technologie venkovních vedení 110kV a to pomocí izolovaných vodičů systému PAS 110kV vyráběných například firmou ENSTO.

3.1.2 Venkovní vedení 22kV

Vedení 22kV slouží převážně k rozvodu elektrické energie do obcí a menších měst a také k dodávce elektrické energie středoodběratelům. Tyto vedení se provozují jako okružní nebo paprsková. Vedení se umísťuje převážně na betonové sloupy, ale je možné se setkat i s vedením umístěným na dřevěných sloupech. Venkovní vedení 22kV je převážně tvořeno kombinovanými AlFe lany. V současné době se místo kombinovaných lan začínají používat izolované vodiče systému PAS, například vodiče typu SAX-W, jejich výrobcem je například firma Pirelli Cables (dříve NOKIA Cables).

I když je cena izolovaných vedení systému PAS vyšší než s holými vodiči, mají izolované vedení řadu předností, pro které se tyto vedení používají. Izolovaná vedení systému PAS podstatně snižují nebezpečí poruch a výpadků dodávky elektrické energie, vzájemná vzdálenost fázových izolovaných vodičů je nižší než u holých vodičů, což umožňuje přivést vysoké napětí i do míst, kde by to s holými vodiči nebylo možné.

3.1.3 Venkovní vedení 0,4/0,23kV

Venkovní vedení 0,4/0,23kV s použitím holých vodičů typu AlFe je možné budovat jen v obcích a malých městech, kde je dostatek místa pro dodržení bezpečných vzdáleností mezi vodiči, a mezi vodiči a zemí. Dnes se již tyto vedení budují nebo rekonstruuji pomocí slané izolovaných hliníkových vodičů systému AES.

Systém AES lze narozdíl od holých vedení použít i v místech, kde by to s holými vodiči nebylo možné. Výhodou izolovaných vodičů je jejich větší bezpečnost proti úrazu elektrickým proudem a mají mnohem větší provozní spolehlivost. Venkovní vedení 0,4/0,23kV jsou převážně

provozována jako paprsková nebo okružní. Původní venkovní vedení byla umísťována na dřevěné sloupy. V dnešní době se používají betonové sloupy, ale začíná se zase uvažovat o dřevěných sloupech s použitím betonových patek.

3.2 Kabelová vedení

Kabelová vedení se používají v místech, kde nelze použít vedení venkovní, což jsou místa s velkou hustotou zástavby a odběrů. Kabelová vedení mají oproti venkovnímu vedení několikanásobně vyšší cenu. Použitím kabelových vedení mizí z komunikací sít' sloupů venkovního vedení včetně přípojek pomocí kabelu AYKYz, čímž se podstatně zlepší vzhled obcí nebo měst. Často dochází ke kombinaci venkovního a kabelového vedení, jak na úrovni nízkého napětí, tak i při napájení měst vysokým napětím.

3.2.1 Kabelová vedení 110kV

Kabelová vedení 110kV se budují velmi málo především k jeho značné ceně a jednak pro technickou náročnost při výstavbě i provozu takového vedení. Vedení toho typu najde uplatnění především při zásobování velkých měst a průmyslových komplexů, kde je zapotřebí přivést velké výkony do zastavěných oblastí v centru měst.

3.2.2 Kabelová vedení 22kV a 0,4/0,23kV

Kabelová vedení vn a nn se stala běžnou součástí systému zásobování větších měst, kde jsou kabely na hlavních trasách měst vedeny především v podzemních kolektorech a uloženy na kabelových lávkách. Ostatní kabelová vedení bývají uložena v zemi s pískovým ložem nebo jinou mechanickou ochranou. Skladba použitých typů kabelů je velice různorodá, protože kompletní výměna kabelů za nové není z ekonomického hlediska možná. Proto se můžeme i v dnešní době ještě setkat s kabely s papírovou a olejovou izolací, nebo s izolací termoplastickou. Dnes se již u kabelů používá polyetylenová izolace s vyšší elektrickou pevností.

Kabelová sít' vn začíná vývodem z rozvodny vn nebo svodem z venkovního vedení vn a končí v koncové transformační stanici či vývodem na venkovní vedení. Kabelová vedení vn se navrhují a provozují jako paprskové nebo jako okružní s jedním nebo více napájecími vedeními.

Kabelová sít' nn začíná vývodem z transformační stanice 22/0,4kV a končí v přípojkové skříni odběratele nebo na podpěře venkovního vedení nn ukončením v rozpojovací skříni nebo připojením přímo na vedení.

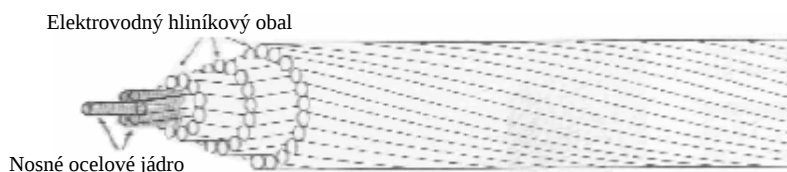
Hlavní kabelová vedení nn se navrhují a provozují převážně jako okružní vedení, rozpojené na jednotlivé paprsky. Ve velkých městech a aglomeracích je kabelová sít' mřížová, ale je v normálním provozním stavu většinou provozována jako paprsková nebo okružní.

4 TYPY VEDENÍ DISTRIBUČNÍCH SÍTÍ

U distribučních sítí venkovního vedení vn a nn je použito vedení s holými vodiči AlFe, které se dnes již postupně nahrazuje izolovanými vodiči. Systém izolovaných vodičů se u vedení vn označuje PAS a je používáno v případech, kde má jejich použití opodstatnění např. lesní průseky. U vedení nn se systém izolovaných vodičů označuje AES a plně nahrazují holé vodiče AlFe při rekonstrukci nebo budování nové sítě. Kabelová vedení jsou provedena pomocí zemních kabelů, které se liší jak použitým materiálem jádra, tak i použitou izolací.

4.1 Venkovní vedení z holých vodičů

Tyto vedení jsou provedena pomocí kombinovaných lan AlFe. Jedná se o lana, kde nosnou část tvoří ocelové jádro, které nese elektrovodný obal z hliníku. Vodiče jsou připevněny na podpěrné body pomocí izolátorů. I když je tento způsob nejlevnější, v dnešní době jsou kombinovaná lana nahrazována izolovanými vodiči, které mají oproti kombinovaným lanům řadu předností (větší přenosovou schopnost, estetičnost, apod.).



Obrázek 4-1: AlFe lano [10]

4.2 Venkovní vedení z izolovaných vodičů

V současné době se můžeme na vedeních nízkého a vysokého napětí častěji setkat s izolovanými vodiči, které nahrazují vedení tvořené AlFe lany.

Tyto systémy jsou v Evropě používány od počátku 60. let. První systém měl oddělené nosné lano, ale ve Švédsku byl vyvinut systém, u kterého jsou fázové i ochranný vodič stejné konstrukce. Tento systém bez nosného lana je nazýván čtyřvodičový nebo také samonosný. Později byl zkonstruován systém, ve kterém ochranný vodič převzal funkci nosného lana. Tento systém byl vyvinut ve Finsku a Francii a dnes je využíván v mnoha dalších zemích.

V roce 1994 na schůzce technických pracovníků rozvodných společností, zabývajících se technologií a provozem sítí nízkého napětí, byl jako nejvhodnější systém pro distribuční sítě provozované v České republice vybrán tzv. čtyřvodičový systém AES, jenž je tvořen čtyřmi slaněnými hliníkovými vodiči - tři fázové a jeden ochranný – jednotného průřezu. Tento systém byl zvolen především s ohledem na používanou ochranu neživých částí před úrazem elektrickým proudem v distribučních sítích TN-C, t.j. ochranu nulováním. U sítí vysokého napětí je používán systém, který je přibližně stejný jako u vedení s holými vodiči, ale s tím rozdílem, že jsou použity izolované vodiče systému PAS. [8]

4.2.1 Vedení nízkého napětí

Pro izolovaná vedení nízkého napětí bylo vyvinuto několik systémů jako je finský systém AMKA, francouzský systém nebo čtyřvodičový systém, který se používá i v České republice.

Výhody venkovního izolovaného vedení nn oproti klasickému holému vedení jsou:

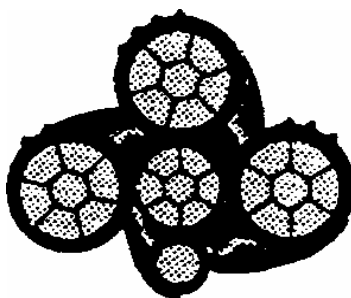
- Zvýšení přenosové schopnosti vedení asi o 70%
- Zvýšená bezpečnost proti úrazu elektrickým proudem - ochrana izolací
- Větší provozní spolehlivost
- Zmenšení bezpečné vzdálenosti od okolí
- Zjednodušená práce pod napětím
- Menší čas na montáž a nižší sortiment materiálu
- Podstatně menší indukční odpor v důsledku malých vzdáleností vodičů - menší úbytek napětí
- Nižší investice při rekonstrukci sítě - částečné použití stávajících podpěrných bodů
- Odpadají zkratby mezi vodiči, vedení neobsahuje žádné izolátory, minimální rozměr konzol, částečně odolné proti pádům stromů aj. [9]

1. Finský AMKA systém

Základní svazek vodičů se v systému AMKA skládá ze tří izolovaných fázových vodičů, které jsou obtočeny kolem jednoho nosného lana. Toto lano je současně ochranným vodičem, které může nebo nemusí být izolováno. Je vyrobeno z hliníkové slitiny Andrey a je navrženo pro přenos všech mechanických zatížení celého svazku vodičů.

Průřez fázových vodičů se pohybuje od 16 do 120 mm². Průřez nosného lana je od 25 do 95 mm². Do základního svazku může být doplněn jeden nebo dva vodiče pro veřejné osvětlení.

Tento systém se používá například ve Finsku, Jižní Americe, Austrálii. [8]

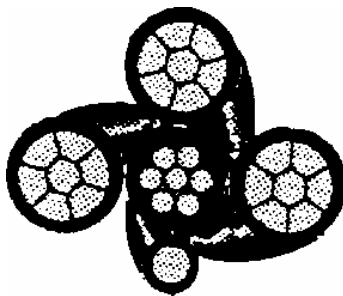


Obrázek 4-2: Finský systém AMKA [8]

2. Francouzský systém

Kabel, specifikovaný společností EdF, má ochranný vodič o průřezu $54,6\text{mm}^2$. Ochranný vodič slouží zároveň jako nosné lano a je tedy svázaný s fázovými vodiči. Je vyroben ze stejné slitiny jako u systému AMKA tj. hliníková slitina Andrey. Průřez fázových vodičů se pohybuje od 35 do 75mm^2 . Izolace nosného lana i fázových vodičů je ze zesíťného polyetylénu.

Tento systém se používá například ve Francii, Belgii, Španělsku, Itálii a Řecku. [8]

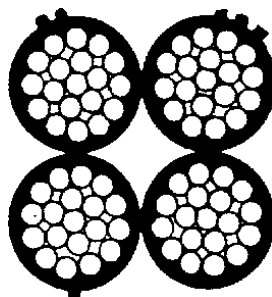


Obrázek 4-3: Francouzský systém [8]

3. Čtyřvodičový systém

U toho systému se svazek vodičů skládá ze čtyř vodičů stejného průřezu. Fázové vodiče i nulový vodič jsou vyrobeny ze stejného materiálu a to z hliníkové slitiny. Zatížení v tahu se rovnoměrně rozděluje na všechny čtyři vodiče, proto je mechanická odolnost toho systému poměrně vysoká. Průřezy vodičů se pohybují v rozmezí 10 až 120mm^2 . Jako izolace se používá zesíťný polyetylén.

Čtyřvodičový systém se používá například ve Skandinávii, Rakousku, Německu, Polsku, Portugalsku, Irsku i v České republice. [8]



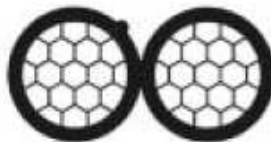
Obrázek 4-4: Čtyřvodičový systém [8]

4.2.1.1 Izolované vedení nn v České republice

V České republice se používá pro izolované vedení čtyřvodičový systém typu AES. Jádru vodiče AES je komprimovaného kruhového profilu a je slané z hliníkových drátů EAL 99,5. Průřez vodičů se pohybuje v rozmezí 16 až 120mm^2 . Pro vedení, kde je třeba, aby rozvod veřejného osvětlení byl přimontován na síti nn, se používají vodiče s přidáním pátým vodičem o průřezu $1 \times 25\text{mm}^2$ ve svazku. Izolace vodiče je z lineárního polyetylénu, odolného proti UV záření. Barva izolace všech žil je černá a jednotlivé fáze jsou rozlišeny podélnými výstupky, na ochranném vodiči potiskem po celé délce izolace. Vodiče AES jsou určeny pro použití pouze v třífázových střídavých sítích do 1kV s účinně uzemněným středem. [9]

Používané konfigurace vodičů AES:

- Dvoužilový svazkový systém vodičů



Obrázek 4-5: Dvoužilový systém AES [9]

Použití: pro napájení veřejného osvětlení

Vyráběné průřezy: 2x16, 2x25mm² [9]

- Čtyřžilový svazkový systém vodičů

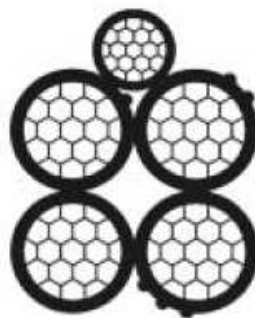


Obrázek 4-6: Čtyřžilový systém AES [9]

Použití: hlavní kmenová vedení, menší průřezy pro třífázové přípojky k odběratelům

Vyráběné průřezy: 4x16, 4x25, 4x35, 4x50, 4x70, 4x95, 4x120 mm² [9]

- Čtyřžilový svazkový systém vodičů s přídatnou žilou menšího průřezu

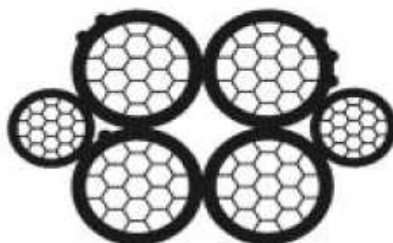


Obrázek 4-7: Čtyřžilový systém AES a přídatnou žilou [9]

Použití: hlavní kmenová vedení spolu s napájením veřejného osvětlení

Vyráběné průřezy: 4x50+25, 4x70+25, 4x95+25, 4x120+25 mm² [9]

- Čtyřžilový svazkový systém vodičů se dvěma přídavnými žilami menšího průřezu



Obrázek 4-8: Čtyřžilový systém AES se dvěma přídavnými žilami [9]

Použití: hlavní kmenová vedení spolu s napájením veřejného osvětlení

Vyráběné průřezy: 4x50 + 2x16, 4x70 + 2x16, 4x95 + 2x16, 4x120 + 2x16 mm² [9]

Základní parametry vodičů AES:

1. Jmenovité napětí: 0,6/1 kV
2. Dovolená provozní teplota:

maximální	+ 70 °C
minimální	- 50 °C
3. Základní teplota okolí: + 30 °C
4. Nejvyšší dovolená teplota jader vodičů při normálním provozu: + 90 °C
5. Nejvyšší teplota jader vodičů za dobu, než jištění vypne zkrat: + 160 °C
6. Minimální teplota kabelu při montáži: - 5 °C
7. Izolace vodiče je z lineárního polyetylénu PE, černé barvy, odolná proti UV záření
8. Označení jednotlivých žil
 1. fáze - jeden podélný výstupek
 2. fáze - dva podélné výstupky
 3. fáze - tři podélné výstupky
 - vodič PEN - značka zemnění
 5. a 6. vodič veřejného osvětlení – bez výstupků a označení
9. Vodiče AES je možno použít pouze v třífázových sítích s účinně uzemněným středem
10. Vodiče AES nesmí být použity v sítích IT dle ČSN 33 2000-4-41 [9]

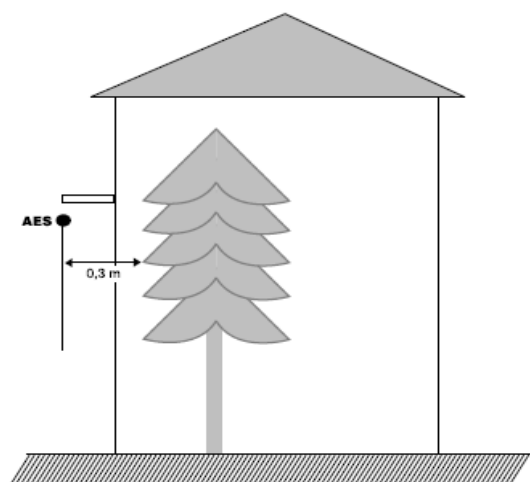
Minimální vzdálenosti vodičů izolovaného vedení nn (AES) od budov, komunikací a prostorů:

Pro izolovaná vedení jsou dány nejmenší dovolené vzdálenosti od země, budov a prostorů. [9]

- Minimální vzdálenost nad silnicí 1. třídy 5,5m
- Minimální vzdálenost nad silnicí 2. třídy 5,5m
- Minimální vzdálenost nad silnicí 3. třídy 5,0m
- Minimální vzdálenost nad chodníkem 4,0m



a)



b)

Obrázek 4-9: Minimální vzdálenosti AES [9]

a) od budov, b) od porostů

Zásady projektování a montáže:

Pro projektování a montáž venkovních vedení nn platí norma PNE 33 3302 „Elektrické venkovní vedení s napětím do 1kV AC“. Pro izolovaná vedení jsou dány nejmenší dovolené vzdálenosti od země, od konstrukce a mezi vodiči. Izolované vodiče a závěsné kabely se upevňují přímo na nosnou konstrukci, ale tak aby se nepoškodila jejich izolace. Za součásti vedení se považují pouze podpěry vedení (stožáry, sloupy, konzoly, střešníky apod.) bez ohledu na čem jsou upevněny. Na základě této podmínky byly navrženy podpěrné, nosné a kotevní prvky izolované sítě. Tyto prvky jsou dováženy například od finského výrobce ENSTO nebo rakouského výrobce MOSDORFER. [8]

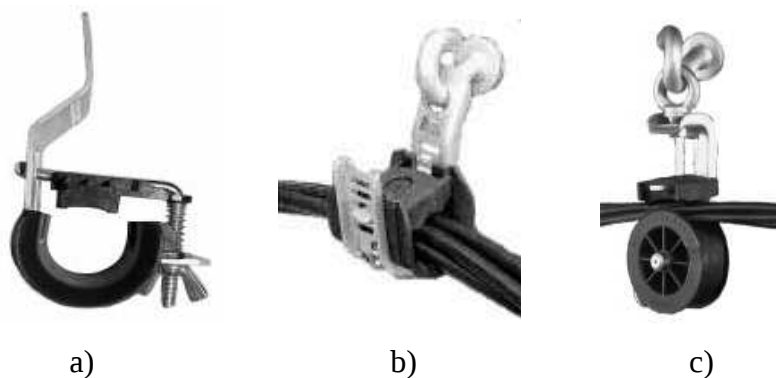
➤ Podpěrné body

Stožáry se navrhují na zatížení vyvolané tahem vodičů a kotevních lan za podmínek podle čl. 4.2.3. normy PNE 33 3302. Vliv větru a mimořádných zatížení se v sítích nn neuvažuje. Pro elektrická rozvodná vedení typu AES se používají různé typy podpěrných bodů podle situace v zástavbě a na základě mechanického zatížení vedení. Nejpoužívanějšími podpěrami jsou stožáry z předpjatého betonu, mohou to být ale i stožáry dřevěné, dřevěné na betonových patkách, ocelové, ocelové trubkové pro střešní konstrukce – síťové a přípojkové střešníky, zední konzoly nebo montáž přímo na fasádu.

Betonové sloupy se navrhují a posuzují podle příslušných technických dokumentů. Pro stožáry z odstředovaného betonu pro elektrická venkovní vedení platí norma PNE 34 8220. Pro stožáry dřevěné a dřevěné na betonových patkách platí norma PNE 34 8210. Stožáry ocelové se navrhují a posuzují podle ČSN 73 1401. Pro ocelové střešnickové trubky platí norma PNE 34 8401 „Součásti venkovních vedení veřejného distribučního rozvodu do 1 kV“. Pro nosné konstrukce a armatury pro samonosné svazkové kabelové vodiče platí rovněž norma PNE 34 8401. [8]

➤ Nosné svorky

Nosné svorky slouží pro zavěšení izolovaného venkovního vedení pomocí háků na nosné i rohové stožáry, střešníky nebo na stěny budov. Svorky jsou vyrobeny ze slitiny hliníku, plastové části jsou z materiálu odolného klimatickým vlivům a UV záření. [8]



Obrázek 4-10: Nosné svorky [8]

a) univerzální, b) závěsná, c) kladková

➤ Kotevní svorky

Kotevní svorky slouží pro kotvení izolovaného venkovního vedení na sloupech nebo na stěnách budov. Kotevní svorky se upevňují na konstrukci pomocí háků nebo na ok. Ocelové díly svorek jsou zároveň pozinkované, plastové části jsou vyrobeny z materiálu odolného proti klimatickým vlivům a UV záření. [8]



a)

b)

Obrázek 4-11: Kotevní svorky [8]

a) univerzální, b) klínová

➤ Proudové spoje

U izolovaného vedení se používají izolované propichovací svorky, které při instalaci nevyžadují odizolování vodiče. Svorky typu SL je nutno dotahovat předepsaným utahovacím momentem pomocí momentového klíče. Při použití izolovaného montážního nářadí lze pomocí všech svorek provádět spoje pod napětím. [8]



a)

b)

c)

Obrázek 4-12: Propichovací svorky [8]

a) jednostranná, b) oboustranná, c) vodotěsná

➤ Distanční příchytka

Jsou určeny k uchycování vodičů na dřevěné, zděné či betonové povrchy. Skládají se z perforovaného pásu a podstavce, zajišťujícího odpovídající vzdálenost vodičů od stěny. [8]



Obrázek 4-13: Distanční příchytka SO 72.1 [8]

➤ Závěsné háky

Používají se pro zavěšení kotevních a závěsných svorek svazkového izolovaného vedení. Podle účelu použití lze tyto háky rozdělit na:

Lehké háky - jsou určeny pro lehká přímá vedení s max. průřezem $4 \times 25 \text{ mm}^2$.

Střední háky - jsou určeny pro běžné instalace u vedení s max. průřezem $4 \times 70 \text{ mm}^2$.

Těžké háky - jsou určeny pro nejtěžší vedení a úhly lomu nad 90° .

Závěsných háků existuje celá řada např. závěsné háky do děr, maticové háky, maticové háky pro vnitřní úhly, deskové háky, háky s uchycovací páskou a další. [8]



a)

b)

c)

Obrázek 4-14: Závěsné háky [8]

a) průchozí, b) maticové, c) do dřeva

4.2.2 Vedení vysokého napětí

Pro izolovaná vedení vysokého napětí bylo také vyvinuto několik systémů. Nejjednodušším systémem jsou jednoduché izolované vodiče, které se svým provedením nejvíce blíží vedení s holými vodiči. Tyto vodiče jsou běžně používány pro venkovní vedení, ale jsou oproti holým vodičům potaženy jednou pracovní vrstvou izolace.

Dalším typem jsou vodiče se zesílenou izolací, která je navíc opatřena vnitřní a venkovní polovodivou vrstvou. Tloušťka izolace umožňuje trvalý styk fázových vodičů a proto se slaňují do jednoho svazku. Nosné i kotevní svorky nesoucí vodič musí být od konstrukčních částí stožáru odděleny izolátorem.

Posledním typem izolovaných vodičů používaných pro vysoké napětí jsou vodiče, které jsou opatřeny jak pracovní, tak i ochranou izolací. Navíc jsou ještě opatřeny stínící vrstvou. Vnější vrstvu pak tvoří zesílený plastový plášť chránící vnitřní vrstvy proti mechanickému poškození. Fázové vodiče se slaňují spolu s nosným ocelovým lanem. Jsou zavěšeny přímo na nosné armatury stožárů pomocí nosných a kotevních svorek. [8]

Výhody venkovního izolovaného vedení vn oproti klasickému holému vedení jsou:

- Snížení poruchovosti na 20%
- Při vzájemném dotyku vodičů nedochází ke zkratu
- Izolace vodičů omezuje jejich korozi v extrémních podmínkách venkovního prostředí
- Náhodný dotyk osob není smrtelný
- Snížení ochranného pásma na 2m, popřípadě 1m od krajního vodiče vedení
- Zmenšení fázové vzdálenosti vodičů umožňuje výstavbu vícenásobných vedení na společných podpěrách
- Zmenšení průchozího koridoru je ekologicky příznivější v lesních porostech
- Vedení není nebezpečné pro přisedající ptactvo [8]

1. Jednoduché izolované vodiče

Jedná se o holý slaněný vodič ze slitiny Al-allay potažený izolační vrstvou, která je buď z PVC nebo častěji ze zesíťného polyetylénu XLPE černé barvy, odolnou klimatickým podmínkám a UV záření. Tloušťka izolace je volena podle výše provozního napětí tak, aby při dotycích nebo trvalejším styku vodičů nedošlo ke zkratu. Izolace není dimenzována na trvalé spojení vodičů, proto nelze vodiče s jednoduchou izolací slaňovat.

Ovšem nejpodstatnější je, že izolace vodičů dovoluje zkrácení vzdáleností mezi fázemi zhruba na 1/3 oproti vzdálenostem obvyklým u vodičů holých. Vodiče se upevňují na podpěrné nebo tyčové izolátory stejně jako holé vodiče. Mezi výrobce těchto vodičů patří například firma ENSTO s typovým označením vodičů SAX-W pro vedení 22kV u systému PAS. [8]



Obrázek 4-15: Jednoduchý izolovaný vodič SAX-W [8]

2. Izolované vodiče s třívrstvou izolací

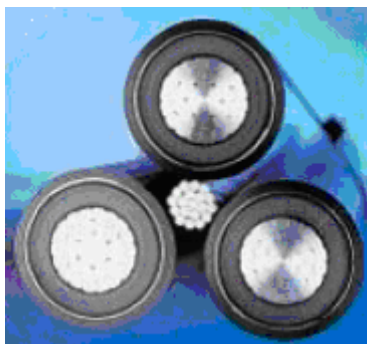
Jedná se o holý slaněný vodič ze slitiny Al-allay, který je potažen třemi vrstvami izolace. Tato třívrstvá izolace je složena ze stínění z polovodivé pásky z XLPE, z hlavní izolace tvořené z voděodpudivé XLPE sloučeniny a z pláště, který tvoří černá XLPE izolace odolná klimatickým podmínkám a UV záření. Tento typ vodiče je označován jako HV SAX s nízkým elektromagnetickým polem (LMF), který se používá u systému PAS 110kV. Ve srovnání s vedením z neizolovaných vodičů může být systém PAS 110 kV se svým elektro-magnetickým polem instalován v blízkosti budov a telekomunikačních sítí. HV SAX vodiče zabírají méně prostoru, jejich mezifázová vzdálenost je až jedna třetina mezifázové vzdálenosti u běžných holých vodičů VVN 110 kV. [8]



Obrázek 4-16: Vodič se třemi vrstvami izolace HV SAX [8]

3. Závěsné kabely

Jedná se o tři jednofázové izolované kabely, které jsou ovinuty kolem ocelového nosného lana jenž nevede elektrický proud a nese celou hmotnost a zátěž kabelů. Tento systém je označován jako systém SAXKA pro napětí 22-35kV, jejíž dodavatel je opět firma ENSTO. Tento vzdušný kabel zabírá velmi málo prostoru a může být instalován nejkratší trasou přes chráněná lesní i krajinná území. Dochází k minimálnímu odstranění stromů či otvírání kabelových tras, vede mezi větvemi a ovlivňuje fyzikální vlastnosti okolní scenérie velmi málo nebo vůbec. Je prakticky nemožné a nepřípustně nákladné položit zemní kabel ve skalnatém a zalesněném terénu. SAXKA systém je rychlý a jednoduchý pro instalaci a bezpečný v těchto podmínkách. Kabel SAXKA se může bezpečně instalovat na stejných stožárech, jako nízkonapěťové a telekomunikační systémy. Kabel SAXKA má schopnost samočinného tlumení, což odstraňuje nebezpečí větrem způsobených vibrací a poškození. S uzemněným systémem SAXKA je riziko poškození způsobeného zásahem blesku menší než u neizolovaných vedení. [8]



Obrázek 4-17: Kabel SAXKA [8]

4.2.2.1 Izolované vedení vn v České republice

V české republice se pro izolovaná vedení 22kV používá systém PAS s vodiči typu SAX-W. Jádru vodiče SAX-W je vyrobeno z hliníkové slitiny komprimované do kruhového průřezu a potaženo černou izolační hmotou XLPE, která je odolná povětrnostním vlivům, UV záření a vůči průrazu napětím, které vzniká při dotyku vodičů mezi sebou. Průřez vodičů se pohybuje v rozmezí 35 - 240 mm². Vodiče jsou upevněny na konzoly s mezifázovou roztečí 500 mm pomocí izolátorů podle příslušného napětí.

Izolovaná vedení systému PAS je vhodné budovat především v lesních průsecích a v blízkosti vzrostlé zeleně. Slabší stránkou je větší náklonnost na poškození izolace a žil vodičů v důsledku přímých nebo indukovaných bleskových přepětí. [8]

Zásady projektování a montáže:

Pro projektování a montáž venkovních vedení vn platí norma PNE 33 3301 „Elektrické venkovní vedení s napětím nad 1kV do 45kV AC včetně.“. Izolovaná vedení s vodiči s jednoduchou (pracovní) izolací mají pro projektování, i přes některé odlišnosti a nesporné výhody, téměř shodné zásady jako u vedení s vodiči holými. Na vedení typu PAS jsou však kladeny některé další přísnější požadavky, zejména při jejich montáži:

- snížené ochranné pásmo na 2 m od krajního vodiče, vyplývající z energetického zákona č.458/2000 Sb.
- minimální vzdálenost od země pro volně přístupná místa 5m (oproti 6m pro holé vodiče)
- pro souběhy vícenásobných vedení na společných podpěrách je vzdálenost 0,5m
- vzdálenost jednoduchých izolovaných vodičů od větví lesních porostů je oproti holým vodičům snížena na 0,5m.
- s izolovanými vodiči musí být zacházeno opatrně, nesmí se při roztahování dotýkat země, aby nebyla porušena jejich izolace
- používané příslušenství (spojky, nosné a kotevní svorky, proudové spoje atd.), musí být ověřeno atestem a musí být příslušenstvím, které doporučuje výrobce pro vodič SAX v systému PAS aj. [8]

➤ Podpěrné body

Pro vedení typu PAS se používají různé typy stožárů podle potřeby na základě místních poměrů v trase, na základě mechanického zatížení vedení, podle požadavků provozu, úřadu památkové péče, ochránců přírody apod. Mohou být navrženy stožáry dřevěné, dřevěné na betonových patkách, betonové z předpjatého betonu, ocelové příhradové nebo ocelové hraněné stožáry, aj. Osazení hlavy stožáru konzolami závisí na volbě konfigurace vodičů vedení a na mechanickém namáhání (typu zatížení) stožáru ve vedení. Pro stožáry z odstředovaného betonu pro elektrická venkovní vedení platí norma PNE 34 8220, pro stožáry dřevěné a dřevěné na betonových patkách platí norma PNE 34 8210 a stožáry ocelové příhradové se vyrábí dle normy ČSN 34 8240. [8]

➤ Konzoly

Volba konzol se provádí na základě navrženého typu vedení. Většinou se v České republice používají konzoly pro vzdálenost fází 500 mm, s otvory pro šrouby M20 pro neprůrazné podpěrné izolátory u nosných konzol, dále pak konzoly rohové a koncové. Konzoly jsou konstruovány pro vedení s vodiči vedle sebe nebo s vodiči pod sebou, v systému s jedním, dvěma, nebo až třemi potahy. Konzoly jsou různého konstrukčního provedení podle návrhu jednotlivých výrobců. O jejich výběru a umístění rozhoduje projektant vedení. Pro konzoly platí norma PNE 34 8601 „Součásti venkovních vedení veřejného distribučního vedení vn do 45 kV“. Jednotliví výrobci vydávají své technické podmínky a typové podklady. [8]

➤ Podpěrné izolátory

Pro vedení s izolovanými vodiči jsou jako podpěrné izolátory vhodné izolátory s vrcholovou drážkou v hlavě, doplněnou plastovým pouzdem. Je to např. izolátor typu SDI 37, roubíkový, vhodný pro montáž na dřevěné stožáry, dále podpěrný neprůrazný izolátor typu LWP 8-24S (s pevností v ohybu 8 kN), nebo typu LWP 12,5-24SL (s pevností v ohybu 12,5 kN). V rozích se doporučuje úvaz na krček izolátoru. Podle normy PNE 33 3301 „Elektrické venkovní vedení s napětím nad 1kV do 45kV AC včetně“, čl. 5.3, nesmí být u podpěrných izolátorů překročena mechanická (typ A - neprůrazné) nebo elektromechanická (typ B - průrazné) únosnost při zatížení

dvojnásobkem tahové síly vodiče. Dále podle normy PNE 33 3301, čl.3.3.2 „Zvýšená bezpečnost vedení vn“ ad.B. – pro vedení s izolovanými vodiči platí, že u podpěrných izolátorů se nesmí překročit zaručená mechanická pevnost (typ A) nebo elektromechanická pevnost (typ B) při zatížení trojnásobkem tahové síly vodiče. [8]



Obrázek 4-18: Podpěrný izolátor [8]

➤ Vazy

Na podpěrné izolátory se vodič upíná nejlépe pomocí předformovaného spirálového vazy. Uvazování vodičů k izolátoru se může provádět jak při umístění vodiče ve žlábků hlavy, tak i na krčku izolátoru. Vazy řady SO 115 se montují vždy dva na jeden izolátor (z každé strany izolátoru jeden vaz). [8]



Obrázek 4-19: Spirálové vazy [8]

➤ Tahové izolátory

Jako tahové izolátory (pro kotevní nebo nosné řetězce) jsou vhodné izolátory typu SDI 80, doporučuje se v kombinaci s jiskřištěm s opalovacími růžky SDI 10.2. Tyto izolátory mohou být na koncích opatřeny oky, vidlicemi, paličkou, nebo jejich kombinací, dle požadavku odběratele. Dle normy PNE 33 3301, čl. 5.3., nesmí být u závěsných izolátorů překročena zaručená mechanická (typ A) nebo elektromechanická (typ B) únosnost při zatížení trojnásobkem tahové síly vyvozené vodičem za podmínek podle čl.5.2.3. Pro zvýšenou bezpečnost vedení vn s izolovanými vodiči dle čl. 3.3.2 ad B. platí, že u izolátorů v jednoduchých závěsech se nesmí překročit zaručená mechanická pevnost (typ A) nebo elektromechanická pevnost (typ B) čtyřnásobkem tahové síly vodiče podle čl.5.2.3. [8]



Obrázek 4-20: Tahové izolátory [8]

➤ Svorky a proudové spoje

V nosném závěsu v přímé trase i v rohu mohou být vodiče upevněny v nosné-rohové svorce typu SO 181.5, nebo se použije svorka nosná typu SO 241. Nosná svorka SO 181.5 je doplněna propichovacím utahovacím zařízením pro zamezení radiového rušení. U svorky SO 241 je potřeba vždy použít sadu SDP 4.1. V místech, kde dochází k propojení kotevních závěsů, se přeponky spojují propichovacími svorkami SL 25.2. Svorky je vhodné opatřit izolačním krytem SP 16. Na propojení každé fáze se použijí 2 svorky. Odbočování z hlavního vodiče SAX na odbočný rovněž SAX se provede pomocí svorky prorážející izolaci typu SL 25.2. Izolaci vodiče není potřeba odstranit. V případě odizolování vodiče je možné též použít svorky SL 4.25 a SL 8.21. Pro zachování stavu celozizolovaného vedení lze všechny svorky opatřit izolačním krytem SP 15 nebo SP 16. Odbočení z hlavního vodiče SAX na odbočný holý vodič se provede pomocí svorky SE 20, která je jednostranně opatřena zuby k proražení izolace, druhá strana je drážkovaná. [8]



a)

b)

c)

Obrázek 4-21: Svorky pro systém PAS [8]

a) Nosná svorka SO 181, b) Kotevní svorka SO 85, c) propichovací svorka

4.3 Kabelová vedení

Kabelová síť je síť provedená kabely pro uložení do země. Pro ukládání kabelů se provádí výkopy v nichž jsou kabely uloženy v pískovém loži, a označeny výstražnou folií. Pokud hrozí nebezpečí mechanického poškození, jsou kabely uloženy v ochranných rourách nebo žlabech. Těchto sítí se používá především v husté zástavbě měst a obcí, tedy tam, kde nelze realizovat venkovní vedení nebo je to ekonomicky nevýhodné.

4.3.1 Kabelová vedení nízkého napětí

Kabelová síť nn začíná vývodem z transformační stanice a končí v přípojkové skříni odběratele nebo na podpěře venkovního vedení nn ukončením v rozpojovací skříni nebo připojením přímo na vedení.

Nové kabelové sítě nn se budují

- ve všech městech a obcích s hustou zástavbou (tam, kde nelze realizovat venkovní vedení nn)
- u sítí nn, kde je ekonomicky výhodnější kabelové vedení nad venkovním vedením
- přiložení nn kabelů k vn kabelům nebo jejich současná pokládka

Kabelové sítě nn se realizují kombinací smyčkování v kabelových skříních a odbočování v „T“ spojkách (téčkování). Téčkování se používá tam, kde tato technologie umožňuje a kde je smyčkování ekonomicky nevýhodné. Hlavní kabelová vedení se navrhují a provozují převážně jako okružní vedení, rozpojené na jednotlivé paprsky. Ve velkých městech a aglomeracích nelze vedení provozovat jednotlivými paprsky a z okružních vedení se stávají mřížové sítě (více než dvě transformační stanice). [10]

Rozdělení kabelových vedení:

- Podle materiálu izolace žil a pláště:
 - kabelové sítě s kabely s izolací a pláštěm z PVC – přednostně pro smyčkování a „T“ spojky s propichovacími spojovací
 - kabelové sítě s kabely s plným jádrem a s izolací a pláštěm ze zesíleného polyethylenu (XLPE) nebo lineárního PE (HDPE) pro „T“ spojky s frézovacími hlavami šroubovacích spojovačů
- Podle materiálu a provedení jádra žíly:
 - kabelové sítě s kabely s jádrem z Al v odůvodnitelných případech Cu (např. domovní přívody, atd.)
 - kabelové sítě s kabely v provedení sektorový laněný, kruhový laněný, sektorový plný a kruhový plný

Volba typu kabelové sítě závisí na ekonomické výhodnosti provedeného typu kabelu a vhodnosti použití. [10]



Obrázek 4-22: Kabel NYCWY [10]

4.3.2 Kabelová vedení vysokého napětí

Kabelovou sítí vn se rozumí rozvody provedené vysokonapětovými kabely uloženými v zemi. Kabelová síť začíná vývodem z rozvodny vn nebo svodem z venkovního vedení vn a končí v koncové transformační stanici či vývodem na venkovní vedení.

Dělení vysokonapětových kabelů s izolací ze zesíťného polyetylénu:

- z hlediska opláštění kabelu na:
 - jednoplášťový kabel
 - dvouplášťový kabel
- z hlediska bariéry proti vniku vody:
 - standardní bariéra pod pláštěm – je vždy obsažena v každém provedení kabelu
 - přídatná bariéra v jádře kabelu – zvýšená ochrana proti podélnému vniknutí vody
 - vodotěsné provedení kabelu – zvýšená ochrana proti vniknutí tlakové vody [10]

Standardně používaný vn kabel je kabel s jedním pláštěm z lineárního polyetylénu s bariérou proti podélnému vniknutí vody pod pláštěm. Tento kabel se bude používat v těchto případech:

- pro uložení do země a netlakové spodní vody (hladina vodního sloupce je níže než 2m, zjistí se geologickým průzkumem)
- pro přívod do první DTS od místa napojení na dvouplášťový kabel jdoucí z rozvodny vn
- pro propojovací distribuční vedení mezi jednotlivými DTS (smyčkování bez protipožárního opatření v DTS)
- pro opravy poruch klasických kabelů (vývody na přechodové stožáry či sloupce, v trasách kabelových vedení)

Dvouplášťový kabel se základní bariérou proti vniku vody má přídatný plášť z PVC, který mu zajišťuje odolnost proti šíření plamene. Proto se bude v tomto provedení používat jen tam, kde hrozí nebezpečí šíření plamene v případě zahoření kabelu.

Tyto případy jsou:

- v kolektorech
- na propojení mezi TR 110/22, 35kV a kobkami
- vývody z kobek rozvodny vn k přechodovým stožárům
- vývody z kobek rozvodny vn po první spojky kabelového vedení (napojení na jednoplášťový kabel) [10]



Obrázek 4-23: Kabel HXLMK [10]

5 VÝPOČET USTÁLENÉHO CHODU SÍTĚ

Pro řízení provozu elektrizační soustavy a pro navrhování jejího dalšího rozvoje je nutná znalost napěťových poměrů, činných a jalových výkonů a ztrát v jednotlivých prvcích a uzlech sítě. Vypočítané hodnoty při ustáleném chodu se také dále používají jako výchozí údaje při řešení přechodných dějů (zkrat, statická a dynamická stabilita) nebo pro hospodárné rozdělení výroby činných a jalových výkonů. Výpočet ustáleného chodu sítě se zpravidla provádí pro maximální a minimální zatížení sítě. V praxi se odběry a dodávky do uzlů zadávají činnými a jalovými výkony, což má za následek, že chod sítě nelze popsat soustavou lineárních rovnic. Pro výpočet musíme tedy sestavit soustavu nelineárních rovnic, kterou řešíme některou z iteračních metod, pomocí kterých bývá výpočet relativně časově dlouhý, často dosti špatně konvergující nebo nekonvergující vůbec.

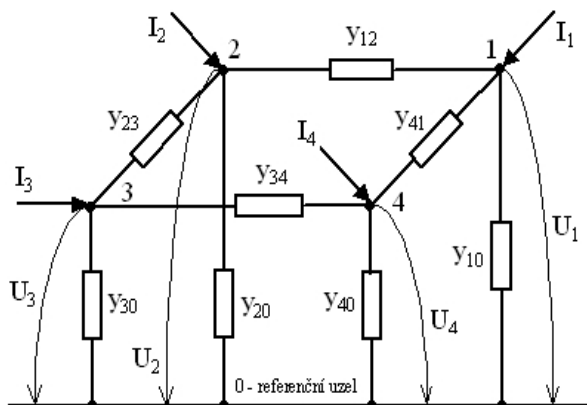
Pro sestavení základních rovnic ustáleného chodu používáme některou z metod řešení lineárních obvodů jako je metoda smyčkových proudů nebo uzlových napětí. V praxi se však nejčastěji používá metoda uzlových napětí pro její jednoduchý algoritmus výpočtu vlastních a vzájemných admitancí a snadné zaznamenání konfigurace celé sítě. [2]

Pro takovéto výpočty je však nutno učinit několik zjednodušujících předpokladů:

- 1) symetrii prvků v parametrech a u odběrů a zdrojů v prouděch a napětích
- 2) parametry vedení případně transformátorů a ostatních prvků jsou konstanty nezávislé na proudu nebo napětí
- 3) napětí zdrojů a proudy odběrů jsou harmonickými funkcemi času s frekvencí 50 Hz
- 4) proudy spotřebičů považujeme za nezávislé na napětí [2]

5.1 Výpočet ustáleného chodu jako lineární úloha

Při výpočtu ustáleného chodu jako lineární úlohy předpokládáme, že jsou zadány odebírané a dodávané proudy do uzlů sítě. Jednotlivé prvky jsou zadány jejich podélnými a příčnými admitancemi. Pro výpočet nahrazujeme transformátory „ Γ “ nebo „ π “ články, přenosová a rozvodná vedení nahrazujeme nejčastěji π články. Příčné admitance jsou spojeny mezi příslušným uzlem sítě a uzlem referenčním. Dále předpokládáme, že parametry všech prvků jsou přepočítány na jedno společné vztažné napětí a můžeme tedy síť nahradit galvanickým spojením prvků například podle obrázku 5-1. [2]



Obrázek 5-1: Schéma sítě pro výpočet ustáleného chodu [2]

Síť můžeme popsat pomocí metody uzlových napětí soustavou rovnic, jejíž obecný tvar je:

$$\begin{bmatrix} \bar{I}_1 \\ \vdots \\ \bar{I}_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \bar{Y}_{11} & \cdots & \bar{Y}_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \bar{Y}_{n1} & \cdots & \bar{Y}_{nn} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \bar{U}_1 \\ \vdots \\ \bar{U}_n \end{bmatrix} \quad (5.1)$$

kde $\bar{U}_1, \dots, \bar{U}_n$ jsou neznámá uzlová napětí

$\bar{I}_1, \dots, \bar{I}_n$ jsou zadané uzlové proudy se znaménkem + dodávky a – odběry

n je počet uzlů sítě, mimo uzel referenční, který má číslo 0

Předchozí soustavu rovnic můžeme zkráceně napsat v maticovém tvaru:

$$[\bar{I}] = [\bar{Y}] \cdot [\bar{U}] \quad (5.2)$$

kde $[\bar{Y}]$ jsou prvky admitanční uzlové matice sestavené podle algoritmu vyplývajícího z druhého Krichhoffova zákona takto:

- i-tý diagonální prvek $\bar{Y}_{ii}$ je tvořen součtem admitancí všech větví incidenčních s i-tým uzlem
- mimodiagonální prvek $\bar{Y}_{ij}$ ($i \neq j$) je tvořen záporně vzatým součtem admitancí všech větví spojujících i-tý uzel s j-tým uzlem

Předpokládáme přitom, že větve nemají vzájemné induktivní vazby.

Pro prvky admitanční matice dle schématu na obrázku 5-1 tedy platí:

$$\bar{Y}_{33} = \bar{y}_{23} + \bar{y}_{34} + \bar{y}_{30} \quad (5.3)$$

$$\bar{Y}_{23} = \bar{Y}_{32} = -\bar{y}_{23} \quad (5.4)$$

Prvky admitanční uzlové matice $[\bar{Y}]$ jsou označeny velkými písmeny, zatímco malými písmeny jsou označeny admitance jednotlivých větví.

Soustavu rovnic (5.2) lze zapsat také ve tvaru:

$$\bar{I}_i = \sum_{j=1}^n \bar{Y}_{ij} \cdot \bar{U}_j \quad \text{pro } i = 1, 2, \dots, n \quad (5.5)$$

V případě, že příčné admitance neznáme nebo je zanedbáváme, pak matice uzlových admitancí $[\bar{Y}]$ je singulární a soustava rovnic (5.2) nebo (5.3) je závislá. Chceme-li řešit chod, kde příčné admitance nejsou známy, nebo je zanedbáváme, je nutno závislost odstranit pomocí eliminace bilančního uzlu, což bude ukázáno v další kapitole. [2]

5.2 Eliminace bilančního uzlu

Jeden z uzlů sítě si zvolíme jako bilanční. Tento bilanční uzel je uzel, který bude hradit neznámé proudy tekoucí v příčných větvích a vyrovnávat tak bilanci mezi dodávkami a odběry. Aby rovnice (5.1) až (5.3) bylo možné řešit (stejný počet neznámých jako rovnic), je nutné v bilančním uzlu zadat známé napětí. Bilanční uzel označíme číslem 1. [2]

Soustavu rovnic (5.1) můžeme přepsat do tvaru:

$$\begin{bmatrix} \bar{I}_2 \\ \bar{I}_3 \\ \bar{I}_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \bar{Y}_{21} \cdot \bar{U}_1 \\ \bar{Y}_{31} \cdot \bar{U}_1 \\ \bar{Y}_{41} \cdot \bar{U}_1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \bar{Y}_{22} & \bar{Y}_{23} & \bar{Y}_{24} \\ \bar{Y}_{32} & \bar{Y}_{33} & \bar{Y}_{34} \\ \bar{Y}_{42} & \bar{Y}_{43} & \bar{Y}_{44} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \bar{U}_2 \\ \bar{U}_3 \\ \bar{U}_4 \end{bmatrix} \quad (5.6)$$

nebo také pomocí analogické rovnice:

$$\bar{I}_i = \bar{Y}_{i1} \cdot \bar{U}_1 + \sum_{j=2}^n \bar{Y}_{ij} \bar{U}_j = \sum_{j=1}^n \bar{Y}_{ij} \bar{U}_j \quad \text{pro } i = 2, 3, \dots, n \quad (5.7)$$

Po vypočítání neznámých napětí, neznámý proud v bilančním uzlu dopočítáme při určení proudu v jednotlivých větvích sítě. Vypuštěním rovnice pro bilanční uzel ve vztazích (5.4) a (5.5) nazýváme eliminace bilančního uzlu a soustavu rovnic (5.2) řešíme například eliminační metodou, nebo iteračními metodami či přímou inverzí admitanční uzlové matice řádu (n-1). Po výpočtu neznámých uzlových napětí určíme rozdělení proudu ve větvích náhradního schématu podle vztahu:

$$\bar{i}_{pq} = \bar{y}_{pq} (\bar{U}_p - \bar{U}_q) \quad (5.8)$$

kde $\bar{i}_{pq}$ je proud tekoucí větví o admitanci $\bar{y}_{pq}$ z uzlu p do uzlu q [2]

5.3 Výpočet ustáleného chodu jako nelineární úloha

V praxi bývají odběry a dodávky do jednotlivých uzlů zadávány pomocí známých činných a jalových výkonů dodávaných popř. odebíraných z uzlů. Soustavu rovnic potom musíme řešit jako nelineární úlohu některou z iteračních metod. [2]

Pro i-tý uzel tedy platí:

$$\bar{S}_i = P_i + jQ_i = \bar{U}_i \bar{I}_i^* \quad (5.9)$$

kde $\bar{I}_i^*$ je komplexně sdružený proud k proudu $\bar{I}_i$.

Znaménka u činného a jalového výkonu jsou dle následujícího schématu:

dodávka výkonu	$P > 0, Q > 0$	pro induktivní charakter proudu ($\varphi > 0$)
	$Q < 0$	pro kapacitní charakter proudu ($\varphi < 0$)
odběr výkonu	$P < 0, Q < 0$	pro induktivní charakter proudu ($\varphi > 0$)
	$Q > 0$	pro kapacitní charakter proudu ($\varphi < 0$)

Je však nutno připomenout, že trojfázová síť je v našich úvahách nahrazena jednofázovým ekvivalentem a tudíž všechny rovnice platí pro fázové hodnoty napětí a výkon přenášený jednou fází.

Vyjádříme-li z rovnice (5.9) proud:

$$\bar{I}_i = \frac{\bar{S}_i^*}{\bar{U}_i^*} = \frac{P_i - jQ_i}{\bar{U}_i^*} \quad (5.10)$$

pak po dosazení do vztahu (5.7) dostáváme:

$$\bar{I}_i = \frac{\bar{S}_i^*}{\bar{U}_i^*} = \frac{P_i - jQ_i}{\bar{U}_i^*} = \sum_{j=1}^n \bar{Y}_{ij} \bar{U}_j \quad \text{pro } i = 2, 3, \dots, n \quad (5.11)$$

Z rovnic (5.7) a (5.11) je zřejmé, že byla provedena eliminace bilančního uzlu a tudíž volba U_1 . Bilanční uzel v našem případě, kdy jsou zadány uzlové výkony, hradí rozdíl mezi dodávkami a oděry a navíc ztráty činného a jalového výkonu v síti.

Vzhledem k tomu, že máme zadány dodávky a odběry výkonů v uzlech sítě, admitance a napětí bilančního uzlu vede výpočet neznámých napětí k řešení soustavy nelineárních kvadratických rovnic (5.11). Po jejich vyřešení dostaneme hledaná uzlová napětí. Z nich potom můžeme určit proudové rozdělení, toky výkonů a výkonové ztráty v síti. [2]

Nahradíme-li jednotlivé prvky sítě π články Obr. 5-2, potom proud tekoucí do uzlu i je určen rovnicí:

$$\bar{I}_i = (\bar{U}_i - \bar{U}_j) \bar{Y}_{ij} + \bar{U}_i \bar{Y}_{i0} \quad (5.12)$$

a výkon:

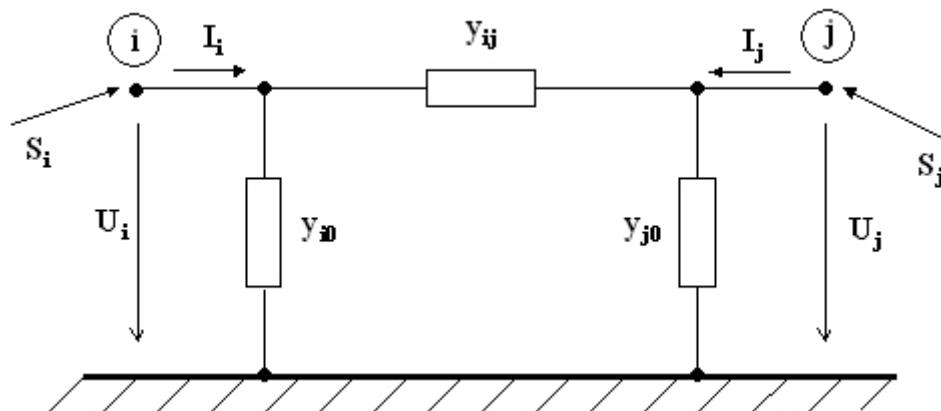
$$\bar{S}_i = P_i + jQ_i = \bar{U}_i \bar{I}_i^* \quad (5.13)$$

Je-li $P_i > 0$, pak dle výše uvedeného schématu činný výkon vtéká do uzlu a znaménko u jalového výkonu udává jde-li o jalový výkon induktivní či kapacitní.

Analogicky proud a výkon tekoucí do uzlu j :

$$\bar{I}_j = (\bar{U}_j - \bar{U}_i) \bar{Y}_{ij} + \bar{U}_j \bar{Y}_{j0} \quad (5.14)$$

$$\bar{S}_j = P_j + jQ_j = \bar{U}_j \bar{I}_j^* \quad (5.15)$$

Obrázek 5-2: Schéma π -článku [2]

Algebraickým součtem výkonů tekoucích do uzlů i, j dostáváme činné a jalové ztráty výkonu v tomto náhradním článku [2]:

$$\Delta P_{ij} = P_i + P_j \quad (5.16)$$

$$\Delta Q_{ij} = Q_i + Q_j \quad (5.17)$$

5.4 Iterační metody pro řešení ustáleného chodu sítě

Přesný výpočet nezávisle proměnných veličin chodu sítě je obtížný. Řeší se proto přibližně, pomocí iteračních metod, kterých je několik. Jednotlivé metody se liší množstvím početních operací nutných k dosažení téže přesnosti výsledku a dále veličinou, která je v průběhu výpočtu testována požadovanou přesností.

Volba iterační metody závisí na tom, která z veličin chodu se má nejvíce blížit přesnému výsledku. Jsou-li vyšší nároky na přesnost výpočtu napětí, jsou vhodné metody Gaussova nebo Gauss - Seidlova. Mají-li být v požadované přesnosti výkony, je vhodnější použít metodu relaxační či Newtonovu. [2]

5.4.1 Gauss – Seidlova metoda

Gauss - Seidlova metoda se vyznačuje jednoduchým algoritmem výpočtu a potřebuje oproti jiným iteračním metodám poměrně krátkou dobu výpočtu na jeden iterační krok. Nevýhodou je však její pomalá konvergence (zvláště u málo zauzlených sítí). Dále je třeba volit vysokou přesnost výpočtu, jinak se může stát, že nepřesně vypočítaná napětí způsobují značnou chybu v tocích výkonů. Tyto nevýhody odstraňuje do jisté míry Newtonova iterační metoda. [2]

Naším úkolem je řešit soustavu nelineárních rovnic ve tvaru:

$$\begin{aligned} f_1(x_1, x_2, \dots, x_n) &= y_1 \\ f_2(x_1, x_2, \dots, x_n) &= y_2 \\ &\vdots \\ f_n(x_1, x_2, \dots, x_n) &= y_n \end{aligned} \quad (5.18)$$

Tuto soustavu upravíme do tvaru vhodného pro iteraci:

$$\begin{aligned} x_1 &= y_1 + \Phi_1(x_1, x_2, \dots, x_n) \\ x_2 &= y_2 + \Phi_2(x_1, x_2, \dots, x_n) \\ &\vdots \\ x_n &= y_n + \Phi_n(x_1, x_2, \dots, x_n) \end{aligned} \quad (5.19)$$

Iterační předpis pak zapíšeme následovně:

$$\begin{aligned} x_1^{(k+1)} &= y_1 + \Phi_1(x_1^{(k)}, x_2^{(k)}, \dots, x_n^{(k)}) \\ x_2^{(k+1)} &= y_2 + \Phi_2(x_1^{(k+1)}, x_2^{(k)}, \dots, x_n^{(k)}) \\ &\vdots \\ x_n^{(k+1)} &= y_n + \Phi_n(x_1^{(k+1)}, x_2^{(k+1)}, \dots, x_n^{(k)}) \end{aligned} \quad (5.20)$$

kde horní index označuje 1., 2., ... iteraci, přičemž při první iteraci ($k=0$) vycházíme z odhadu kořenů $x_1^{(0)}, x_2^{(0)}, \dots, x_n^{(0)}$.

Iterační výpočet končí tehdy, platí-li podmínka:

$$|x_i^{(k+1)} - x_i^{(k)}| \leq \varepsilon \quad \text{pro všechna } i = 1, 2, \dots, n \quad (5.21)$$

kde ε je požadovaná přesnost výpočtu.

Nyní budeme aplikovat tuto iterační metodu na řešení soustavy nelineárních rovnic (5.11), kterou nejprve upravíme do tvaru vhodného pro iteraci podle (5.19).

Postupujeme následovně:

Výraz $\sum_{j=1}^n \bar{Y}_{ij} \bar{U}_j$ z pravé strany rovnice (5.11) rozepíšeme takto:

$$\sum_{j=1}^n \bar{Y}_{ij} \bar{U}_j = \sum_{j=1}^{i-1} \bar{Y}_{ij} \bar{U}_j + \bar{Y}_{ii} \bar{U}_i + \sum_{j=i+1}^n \bar{Y}_{ij} \bar{U}_j = \frac{P_i - jQ_i}{\bar{U}_i^*} \quad (5.22)$$

a odtud vypočteme napětí U_i . Tím získáme tvar rovnic, který je již vhodný pro iterační výpočet:

$$\bar{U}_i = \frac{1}{\bar{Y}_{ii}} \left(\frac{P_i - jQ_i}{(\bar{U}_i^*)^*} - \sum_{j=1}^{i-1} \bar{Y}_{ij} \bar{U}_j - \sum_{j=i+1}^n \bar{Y}_{ij} \bar{U}_j \right) \quad \text{pro } i = 2, 3, \dots, n \quad (5.23)$$

Převedením rovnice (5.23) do iteračního tvaru podle (5.20) získáme iterační předpis, který již můžeme využít např. pro samočinný výpočet rovnice ustáleného chodu na PC:

$$\bar{U}_i^{(k+1)} = \frac{1}{\bar{Y}_{ii}} \left(\frac{P_i - jQ_i}{(\bar{U}_i^{(k)})^*} - \sum_{j=1}^{i-1} \bar{Y}_{ij} \bar{U}_j^{(k+1)} - \sum_{j=i+1}^n \bar{Y}_{ij} \bar{U}_j^{(k)} \right) \quad (5.24)$$

kde $i = 2, 3, \dots, n$.

Výpočet je ukončen tehdy, je-li splněna podmínka přesnosti:

$$| \bar{U}_i^{(k+1)} - \bar{U}_i^{(k)} | \leq \varepsilon \quad \text{pro všechna } i \quad (5.25)$$

kde ε je požadovaná přesnost výpočtu napětí. [2]

5.5 Další způsoby výpočtu ustáleného chodu sítě

K výpočtu sítí jsou použitelné všechny metody řešení lineárních obvodů, tj. metoda smyčkových proudů, uzlových napětí, superpozice, Théveninův princip, metoda stejnosměrného modelu, ekvivalentního odporu, řezová metoda a transfigurace. Vhodnost některé z těchto metod se posuzuje podle počtu neznámých, které je v daném obvodu třeba vyčíslit a podle způsobu zadání zdrojů a spotřebičů.

5.5.1 Řešení ustáleného chodu sítě pomocí stejnosměrného modelu

Proudy v uzlech a napětí na úsecích stejnosměrného modelu sítě se sčítají algebraicky. Střídavou síť lze proto modelovat stejnosměrným modelem jen v případě, že komplexní sčítání proudů a úbytků napětí u těchto rozvodných zařízení se zjednoduší na algebraické.

Tento stav nastane předpokládáme-li:

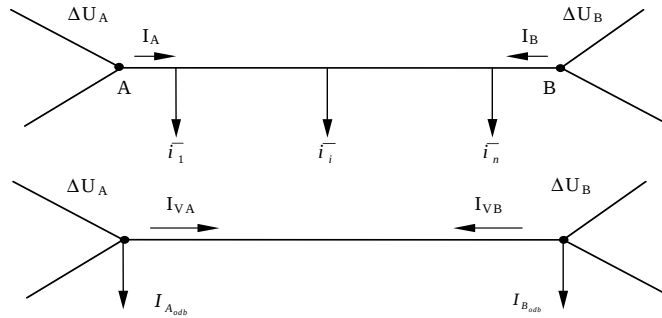
- zanedbání příčné admitance všech prvků soustavy
- parametry vedení případně transformátorů a ostatních prvků za konstantní nezávislé na proudu nebo napětí
- napětí zdrojů a proudy odběrů harmonickými funkcemi času s frekvencí 50 Hz
- symetrii prvků v parametrech a u odběrů a zdrojů v proudech a napětích
- stejné úhly všech prvků sítě a stejné účinnky odběrů a zdrojů

Tyto předpoklady bývají splněny v sítích jednoho napětíového stupně, u kterých se uvažují jenom vedení jednoho typu a odběry stejného charakteru.

5.5.2 Redukce odběrových uzlů

Tato metoda slouží ke zjednodušení schématu uzlových sítí, ve kterých se většinou nachází velký počet odběrů, což vede k velkému počtu uzlových napětí a tedy i dlouhým časům výpočtu chodu sítě. Zjednodušení řešení dosáhneme přemístěním jednotlivých odběrů do nejbližších uzlů,

ve kterých dochází k větvení vedení. Podmínkou přemístění je zachování úbytku napětí v těchto uzlech. Počet uzlů sítě je tak zmenšen na počet uzlů větvení. Uvažujme nyní vedení sítě mezi uzly A a B Obr. 5-3, na kterém se nachází n odběrů. Úkolem je stanovit proudy v uzlech A a B, které z těchto uzlů musíme odebírat tak, aby zůstaly v těchto uzlech zachovány úbytky napětí jako při odběrech rozptýlených na vedení AB. [3]



Obrázek 5-3: Princip redukce odběrových uzlů [3]

Proud tekoucí z okolní sítě do vedení AB má dvě složky - vyrovnávací a k zásobení odběrů:

$$\bar{I}_A = \bar{I}_{VA} + \bar{I}_{A_{odb}} = \frac{\Delta \bar{U}_B - \Delta \bar{U}_A}{\bar{Z}_{AB}} + \frac{\sum_{i=1}^n \bar{i}_i \bar{Z}_{iB}}{\bar{Z}_{AB}} \quad (5.26)$$

$$\bar{I}_B = \bar{I}_{VB} + \bar{I}_{B_{odb}} = \frac{\Delta \bar{U}_A - \Delta \bar{U}_B}{\bar{Z}_{AB}} + \frac{\sum_{i=1}^n \bar{i}_i \bar{Z}_{iA}}{\bar{Z}_{AB}} \quad (5.27)$$

kde $\bar{Z}_{iA}, \bar{Z}_{iB}$ - jsou impedance mezi i -tým odběrem a příslušným koncem vedení

$\bar{Z}_{AB}$ - je impedance vedení mezi uzly A a B

Pro zachování stejných úbytků napětí v uzlech A a B po odstranění odběrů podél vedení AB, je nutno uzly A, B zatížit odpovídajícími odběry $\bar{I}_{A_{odb}}$ a $\bar{I}_{B_{odb}}$. Pro tyto odběry platí:

$$\bar{I}_{A_{odb}} = \frac{\sum_{i=1}^n \bar{i}_i \bar{Z}_{iB}}{\bar{Z}_{AB}} \quad \text{a} \quad \bar{I}_{B_{odb}} = \frac{\sum_{i=1}^n \bar{i}_i \bar{Z}_{iA}}{\bar{Z}_{AB}} \quad \text{přičemž} \quad \bar{I}_{A_{odb}} + \bar{I}_{B_{odb}} = \sum_{i=1}^n \bar{i}_i \quad (5.28, 5.29)$$

Je-li měrná impedance celého vedení stejná, můžeme impedance nahradit délkami vedení. Sít s redukovanými odběrovými uzly je ekvivalentní s původní sítí pouze v hodnotách fázorů úbytků napětí v uzlech větvení, nikoli však v rozdělení proudů a fázorů úbytků napětí na větvích vedení. Taktéž jsou rozdílné ztráty ve skutečné a zjednodušené síti. Proto je třeba po výpočtu redukované sítě provést výpočet správného rozdělení proudů a ztrát na vedení. [3]

6 VÝPOČETNÍ PROGRAM KASI

Výpočetní program KASI slouží pro technické a ekonomické hodnocení sítí nn a vn, tj. pro výpočet základních elektrických parametrů (napětí, proudových zatížení a ztrát) a ekonomickému hodnocení variant etapového rozvoje sítí na bázi hodnotových toků (cash flow) z hlediska projektu a z hlediska investora na základě ziskového kritéria a to sítě zadané její konfigurací, parametry prvků a lokalizací a velikostí jednotlivých odběrů umístěných v síti. Zadávání zatížení v řešené síti je možné různými způsoby podle potřeby a vybavení programu, které vyplývají z konkrétních popisů jednotlivých odběrových prvků (jednotkové odběry, velké odběry, přípojky, odběrové transformátory).

Komunikace počítače s uživatelem při zadávání vstupních dat a při vyhodnocování výsledků probíhá v grafickém režimu, což výrazně zvyšuje komfort při práci a snižuje možnost vzniku chyb při zadávání a vyhodnocování. [5]

Omezení velikosti počítané sítě je dáno deklaracemi v programu takto:

1000	topografických uzlů
1500	vedení
100	transformačních stanic
1200	elektrických uzlů (je to součet el. uzlů v topografických uzlech a v trafostanicích)
1800	elektrických větví
3000	bodů připojení jednotkových odběrů
1000	velkých odběrů
200	orientačních. objektů
200	textů

Program pracuje po většinu své činnosti v grafickém módu obrazovky. Pouze v některých svých částech, kde je to výhodnější (např. tisku tabulkových výsledků), přechází obrazovka do textového módu. V základním stavu programu je v horním řádku obrazovky hlavní menu, v dolním řádku obrazovky je tzv. stavový řádek, ve kterém jsou uvedeny nejdůležitější informace o stavu a činnosti programu a celá zbývajících střední část obrazovky je vyhrazena pro otevření oken, ve kterých jsou znázorněny vybrané sítě. Po celé ploše obrazovky se pohybuje grafický kurzor (ve třech možných volitelných formách), jehož polohu lze ovládat klávesami nebo myší. Program umožňuje, aby v paměti počítače bylo současně uloženo maximálně 5 sítí. [5]

6.1 Vstupní data

Před započítáním editace dané sítě je třeba zadat globální data sítě. V dialogovém poli (funkce Glo.data) se otevře editor globálních síťových dat, která jsou zobrazena v aktuálním okně pro možnost jejich oprav a prohlížení. Jde především o následující údaje:

- okres, obec
- měřítko
- jmenovité napětí sítě
- maximální a minimální hodnota napětí
- příkon jednotkového odběru příslušné kategorie
- roční procentní nárůst jednotkového odběru
- účinník (platí pro všechny odběry v síti)
- doba užívání maxima sítě
- doba plných ztrát sítě a další

Stávající síť můžeme do programu KASI zadávat pomocí tabletu popř. exportem z programu LIDS ve formátu TGS. V případě zadávání tabletem nejprve zadáváme trafostanice a topografické uzly vedení. U každé trafostanice můžeme zadávat její název, typ transformátoru, počet transformačních jednotek umístěných ve stanici a další. Každý z topografických uzlů má čtyři uzly elektrické (jakési vnitřní přípojnice), na které můžeme libovolně připojovat přicházející vedení podle požadované konfigurace sítě. Uzly mají svá čísla a mohou být libovolně pojmenovány.

Zadané uzly poté spojujeme vedením u kterého volíme použitý vodič, počet potahů vedení, dále můžeme volit název vedení, délky úseků a další. Na takto zadanou síť připojujeme v místech připojení jednotkové a velké odběry. Velké odběry mohou být zadány formou instalovaného výkonu popř. odebranou energií za jeden rok.

Chceme-li výše uvedené prvky zadávat stiskneme klávesu Z, opravovat O, rušit R. Chceme-li pracovat s transformátory stiskneme T, uzly U, vedení D, jednotkové odběry J, velké odběry V apod. Program umožňuje pracovat ještě s dalšími druhy odběrů a umožňuje i jiné způsoby editace sítě. [5]

6.2 Výpočet chodu sítě

Tento program provádí souběžný dvojnásobný výpočet chodu sítě pro dva různé stavy zatížení a to pro zatížení na začátku a na konci hodnoceného období, jejichž roky se zadají v síťových vstupních datech, přičemž tato výpočtová zatížení se stanoví ze zadaných současných zatížení (na začátku prvního roku, tedy v čase nula) a příslušných trendů růstu jednotlivých odběrů.

Před vlastním výpočtem chodu sítě se provádí kontrola správnosti zadaných typů transformátorů a vedení a kontrola propojenosti všech uzlů na sekundární strany transformátorů. Jestliže program zjistí, že v síti jsou izolované uzly nebo zjistí-li nějakou chybu v zadaných datech, která znemožní provést výpočet chodu, tuto chybu oznámí a výpočet neprovede. Odporů a indukční reaktance transformátorů se vypočítávají z jmenovitého výkonu, ztrát a napětí nakrátko.

Výpočet se provádí tzv. metodou stejnosměrného modelu, tzn. že probíhá v oboru reálných čísel. K výpočtu je použita metoda uzlových napětí a při řešení soustavy nelineárních rovnic se využívá Gauss - Seidlovovy iterační metody. Kontrola dosažené přesnosti se provádí po cyklech o pěti iteračních krocích tím, že se vyhodnotí maximální chyba uzlové bilance pro dosud vypočítaný stav napětí a ta se porovnává se zadanou dovolenou proudovou chybou.

Program umožňuje počítat i síť s odběry umístěnými na větvích, aniž by musel být každý odběrový bod uvažován jako uzel sítě. Výpočet napětí v jednotlivých uzlech sítě se provádí tak, že v bilančním uzlu se předpokládá zadané maximální napětí. Není-li tedy u transformátoru zadáno sekundární napětí, vypočítá se toto (sekundární) napětí jako rozdíl mezi zadaným maximálním napětím sítě a úbytkem napětí na transformátoru, je-li sekundární napětí transformátoru zadáno, vypočítá se zatížení transformátoru z bilanční rovnice uzlu sekundární strany. [5]

Ztráty na vedeních se vypočítávají podle vztahu:

$$\Delta P = 3 \cdot R \cdot I^2 \cdot 10^{-3} \quad [\text{kW}; \Omega, \text{A}] \quad (6.1)$$

pro každý úsek každého potahu vedení, kde se mění jeho proud z důvodu umístění jednotkových nebo velkých odběrů.

Výpočet ztrát v transformátorech se provádí podle vzorce:

$$\Delta P = \Delta P_0 + \beta^2 \cdot \Delta P_K \quad [\text{kW}; \text{kW}, \text{kW}] \quad (6.2)$$

kde:

$$\beta = \frac{S}{S_N} \quad (6.3)$$

ΔP	- celkové ztráty na vedení nebo v transformátoru
ΔP_0	- ztráty naprázdno (v železe)
ΔP_K	- ztráty nakrátko (v mědi)
β	- koeficient zatížení
S	- zdánlivý provozní příkon
S_N	- zdánlivý jmenovitý příkon

Pomocí tohoto programu lze dále provést např. výpočet nedodané energie, kdy se předpokládá, že k výpadku dodávky dojde v případě poruchy prvku sítě, který „paprskově“, tedy jako jediný napájí určitou část sítě, a to po dobu poruchy tohoto prvku a velikost výpadku je rovna celkovému odběru v této určité oblasti sítě. Tento předpoklad tedy znamená, že pokud je určitý odběr napájen dvěma nebo více napájecími cestami, je zajištěna 100%-ní rezerva pro výpadek jedné z těchto cest. Pokud se jedná o větev, která není „paprsková“ je uvažovaný výpadek dodávky nulový. Celková nedodaná energie v celé síti je pak dána součtem nedodávek způsobených poruchami všech jednotlivých prvků sítě. Současný výpadek dvou a více prvků v síti se zanedbává. [5]

Tento zjednodušený výpočet je vzhledem k přesnosti dodávaných vstupních dat (roční výpadky prvků, ocenění nedodané energie) dostačující a k tomuto účelu vyhoví. Vypočítaná

průměrná zabezpečenost dodávky je pak jedničkovým doplňkem k měrné nedodané energii, což je poměr nedodané energie k celkové požadované (dodané) energii.

Dále lze programem KASI provést také návrh jištění sítě. Tuto funkci je v této verzi programu možné aplikovat na paprskových sítích. Návrh spočívá v tom, že na základě předběžně zadaných lokalit umístění jistících prvků na vedeních v síti s možností zadání jejich jmenovitých hodnot provede program nejdříve určení, resp. zvýšení hodnot pojistek podle proudů v místě jejich umístění a poté provede kontrolu následujících podmínek:

- zda jištění splňuje podmínku danou ČSN 33 2010 (že všechny body vedení sítě musí mít předřazen jistící prvek, který vypne zkratový proud při spojení fázového vodiče na chráněný spotřebič v uvažovaném bodě, v čase rovném nebo kratším, než je zadaný vypínací čas daný výše uvedenou normou)
- zda pro každý bod sítě platí, že je mu předřazena pojistka, jejíž jmenovitá hodnota je vyšší než dovolené zatížení vedení v tomto uvažovaném bodě
- zda v síti, kde je použita ochrana před nebezpečným dotykovým napětím nulováním, je splněna podmínka, že každý bod sítě musí mít předřazen jistící prvek, jehož jmenovitý proud je nižší než je zkratový proud při spojení mezi krajním (fázovým) a nulovým vodičem sítě v tomto bodě
- zda jištění splňuje podmínku selektivity [5]

6.3 Prezentace výsledků

Program KASI umožňuje dvojí výstup výsledků. První z nich umožňuje zobrazit vypočítané hodnoty přímo do dané sítě (funkce Zobraz.) s možností výstupu na plotr. Tato funkce umožňuje zvolit si hodnoty, které budou ve schématu sítě zobrazeny. Výběr se provádí zaškrtnutím v dialogovém poli, kde jsou všechny možnosti uvedeny. Jde např. o proudy jednotlivých transformátorů, jejich činné a jalové zatížení, procentní zatížení, dále minimální napětí ze všech uzlů trafostanice, či jejich průměrné napětí popř. napětí ve všech uzlech trafostanice. Dále je možno zobrazit minimální nebo průměrné napětí ve všech uzlech sítě, procentní zatížení jednotlivých větví, proudy větvemi, ztráty, místa s nedovoleným napětím (barevně), úseky vedení s nedovoleným zatížením (barevně), celkové ztráty, slabé vazby, použité vodiče, typy transformátorů a mnoho dalších hodnot a údajů.

Další způsob výstupu výsledků lze provést volbou výsledky - Tisky výp. etapy. Po této volbě přechází obrazovka do textového módu a program umožňuje tabulkové tisky výsledků vypočítané sítě. Zde lze volit tisk údajů o uzlech, větvích, statistiku prvků. Tyto tabulky lze zobrazit na obrazovce, vytisknout na tiskárně popř. do souboru. [5]

7 STÁVAJÍCÍ STAV SÍTĚ V OBCI KOVALOVICE

Stávající stav sítě nízkého napětí v obci Kovalovice je na výkrese v příloze F, kde jsou vyznačeny názvy jednotlivých uzlů, transformátorů a vedení včetně jejich typů. Na výkrese v příloze G je vyznačeno rozmístění a počet jednotkových odběrů v síti a dále také rozmístění a velikosti velkých odběrů.

Pro výpočet stávajícího stavu sítě byly použity podklady od firmy E.ON Česká republika, s.r.o. a to:

- Účelová mapa obce s vyznačenými inženýrskými sítěmi včetně stávajícího vedení nízkého napětí (1:1000)
- Rozmístění jednotkových a velkých odběrů
- Rozmístění transformačních stanic
- Směrnice č.13/98: Výkonové podklady pro navrhování distribučních sítí

I když je obec plně plynofikována, jsou některé domácnosti, které používají akumulaci elektrické vytápění. Příkon všech jednotkových odběrů je 610,4kW a všech velkých odběrů 182kW. Celkový příkon odběrů v síti tedy činí 792,4kW.

7.1 Prvky stávající sítě nízkého napětí

Síť je napájena ze třech trafostanic 22/0,42kV:

- TS - Potočiny (typ BTS 160 s transformátorem 160kVA)
- TS - U mostu (typ BTS 160 s transformátorem 160kVA)
- TS - U sadu (typ BTS 160 s transformátorem 160kVA)

Transformátory v trafostanicích pracují samostatně, každý do oddělené paprskové sítě. Stávající síť je tvořena holým venkovním vedením typu AlFe o různých průřezích a také z části kabelovým zemním vedením. Jednotlivé typy použitých vedení včetně jejich celkových délek jsou uvedeny v tabulce 7-1. Vedení je v převážné většině upevněno na železobetonových podpěrách, z menší části pak na konzolách, střešnicích a dřevěných sloupech. Domovní přípojky jsou realizovány z velké části závěsnými kabely AYKYz, dále pak zemními kabely. V obci je celkem devět nebytových (velkých) odběratelů s příkonem v rozsahu 8 až 30kW, jenž jsou podrobněji uvedeny v tabulce 7-2.

Tabulka 7-1: Použité typy vedení u stávající sítě

Typ vedení	Počet úseků	Počet vedení	Délka úseků	Délka vedení
	[-]	[-]	[m]	[m]
1x16a	9	9	449	449
1x25a	25	25	2431	2431
1x35a	7	7	784	784
2x35a	1	2	90	180
2x120k	3	6	215	430
1x35kz	1	1	18	18
2x35kz	1	2	30	60
Celkem	47	52	4017	4352

Poznámka: 1x16a - hliníkové holé vedení AlFe o průřezu 16mm²
 2x120k – dvojité hliníkové kabelové vedení AYKY o průřezu 120mm²
 1x35kz - závěsný hliníkový kabel AYKYz o průřezu 35mm²

Tabulka 7-2: Velké nebytové odběry

Firma	Příkon
	[kW]
TJ Sokol	28
Potraviny	15
Kostel	8
Mateřská škola	27
Restaurace	26
Obecní úřad, knihovna	12
Hasiči	25
Dílna Kopeček	18
Zemědělské družstvo(ZD)	23
Celkem	182

7.2 Výpočet a zhodnocení stávajícího stavu sítě

Výpočet stávajícího stavu sítě v obci Kovalovice byl proveden pomocí již popsaného programu KASI.

Při výpočtu bylo uvažováno následující zatížení:

- Množství stávajících bytových jednotek: 241bj
- Stávající příkon bytové jednotky: $P_{b1}=2,4\text{kW/bj}$
 $P_{b2}=6,4\text{kW/bj}$
- Stávající příkon nebytových odběru: viz tabulka 7-2
- Účinník u všech odběrů: $\cos\varphi=0,95$

Velikosti stávajících příkonů bytových jednotek byly určeny podle směrnice č. 13/98 pro venkovské obce.

Dále se uvažuje jmenovité napětí sítě, které je dle normy ČSN 33 0121 stanoveno pro distribuční síť nízkého napětí a jednofázové spotřebiče na $U_n=230\text{V}$. Tolerance napětí je stanovena v rozpětí $\pm 10\%$ (207V až 253V).

Výpočtem ustáleného chodu stávající sítě bylo zjištěno následující:

Zatížení transformátorů:

- TS - Potočiny: transformátor zatěžován na 139,3%
- TS - U mostu: transformátor zatěžován na 204,6%
- TS - U sadu: transformátor zatěžován na 203,5%

Ztráty v prvcích sítě:

- Ztráty v transformátorech $\Delta P_{Fe}=1,3\text{kW}$
 $\Delta P_{Cu}=25,2\text{kW}$
- Ztráty ve vedení $\Delta P=90,3\text{kW}$

Celkové ztráty v síti činí 116,8kW, což je 14,74% celkového příkonu odběrů.

Napětí v jednotlivých uzlech sítě a procentuální zatížení jednotlivých vedení a transformátorů je přehledně uvedeno v příloze A a na výkrese v příloze F. Z výpočtu bylo zjištěno podpětí pod normou stanovenou tolerancí v uzlech, které jsou uvedeny v tabulce 7-3. Dále bylo také zjištěno, že některá vedení jsou přetěžována, tyto přetížená vedení jsou uvedena v tabulce 7-4.

Tabulka 7-3: Uzly s napětím mimo toleranci

Název uzlu	Číslo vnitřního uzlu	Napětí	Odchylka
		[V]	[%]
U1	1	198,3	-13,77
U2	1	201,3	-12,46
U8	1	205,9	-10,48
U9	1	205,9	-10,48
U22	1	206,8	-10,08
U23	1	206,8	-10,08
U24	1	206,3	-10,29
U25	1	205,3	-10,76
U27	1	206,9	-10,06
U28	1	202,8	-11,81
U29	2	202,4	-11,99
U30	1	202,0	-12,16
U31	1	198,1	-13,89
U36	1	204,0	-11,32
U39	1	197,4	-14,20
U40	1	196,8	-14,43

Tabulka 7-4: Vedení zatížená nad povolenou mez

Název vedení	Spojuje body		Typ vedení	Délka vedení	Zatížení vedení
				[m]	[%]
V6a	U18/1	U19/1	25a	10	141,3
V9	U3/1	U4/1	25a	85	119,1
V12	U4/2	U7/1	25a	85	118,1
V24	U18/1	U20/1	25a	77	135,5
V26	U20/1	U22/1	16a	60	102,6
V34	U29/1	U30/1	16a	49	104,9
V36	TR-Umost/1	U32/1	25a	40	116,9
V39	TR-Umost/1	U34/1	35a	92	106,4

Podpětí v uzlech sítě je důsledkem nedostatečných průřezů vodičů a také vysokým zatížením především dvou distribučních transformátorů. Je ovšem zřejmé, že tyto transformátory nemůžou být ve skutečnosti takto výrazně přetěžovány. Z toho plyne, že při výpočtu vznikla chyba, která byla způsobena nepřesným zadáním příkonů odběrů. Skutečný příkon odběrů v obci bude tedy o něco nižší, ale i přes tuto chybu lze předpokládat podpětí v uvedených uzlech sítě a přetížení některých vedení. Tyto zadané odběry nám mohou reprezentovat zatížení, které není v současné době skutečné, ale vlivem rozšiřující se bytové zástavby obce mohou být časem skutečné.

Z výše uvedených vypočtených údajů je zřejmé, že stávající síť nízkého napětí v obci Kovalovice je ve velmi špatném stavu a její rekonstrukce je vzhledem k nově se stavějícím rodinným domům a jejímu celkovému technickému stavu nutná.

8 NÁVRH VARIANT ÚPRAVY SÍTĚ V OBCI KOVALOVICE

V kapitole 7 bylo zjištěno, že stávající síť nízkého napětí v obci Kovalovice je již nevyhovující. V síti jsou velké úbytky napětí, které způsobují, že napětí v uzlech sítě, jenž jsou uvedeny v tabulce 7-3, jsou mimo rozsah tolerance stanovené normou ČSN 33 0121. Také některá vedení uvedená v tabulce 7-4 a transformátory jsou přetěžovány nad dovolenou mez. Proto je nutné tuto síť rekonstruovat tak, aby napětí v uzlech sítě bylo v dovolené toleranci a vedení nebyla přetížena.

Návrh rekonstrukce sítě obsahuje několik variant řešení:

- Rekonstrukce nevyhovujících částí sítě holými vodiči typu AlFe
- Rekonstrukce sítě izolovanými vodiči typu AES
- Rekonstrukce sítě zemními kabely typu AYKY

Při výpočtu bylo uvažováno následující zatížení:

- Množství stávajících bytových jednotek: 241bj.
- Příkon bytové jednotky: $P_{b1}=2,4\text{kW/bj.}$
 $P_{b2}=6,4\text{kW/bj.}$
- Příkony nebytových odběrů: viz tabulka 7-2
- Účinník u všech odběrů: $\cos\varphi=0,95$

Velikosti příkonů bytových jednotek byly určeny podle směrnice č. 13/98 pro venkovské obce. Celkový příkon všech odběrů v síti tedy činí 792,4kW.

Dále se uvažuje jmenovité napětí sítě, které je podle normy ČSN 33 0121 stanoveno pro distribuční síť nízkého napětí a jednofázové spotřebiče na $U_n=230\text{V}$. Tolerance napětí je stanovena v rozpětí $\pm 10\%$ (207V až 253V).

8.1 Rekonstrukce nevyhovujících částí sítě holými vodiči typu AlFe

Tato varianta rekonstrukce spočívá ve výměně pouze nevyhovujících částí sítě tak, aby všechna napětí v uzlech sítě vyhověla normě ČSN 33 0121 a přitom žádný prvek sítě nebyl přetížen, tzn. ponechat stávající nepřetížené prvky a vyměnit jen nutné prvky sítě za nové.

V příloze H je výkres navržené úpravy sítě s vyznačenými typy použitých vedení, transformátorů a názvy uzlů.

Výpočtem ustáleného chodu navržené úpravy sítě programem KASI bylo zjištěno následující:

Zatížení transformátorů:

- TS - Potočiny: transformátor zatěžován na 55,7%
- TS - U mostu: transformátor zatěžován na 81,8%
- TS - U sadu: transformátor zatěžován na 81,4%

Ztráty v prvcích sítě:

- Ztráty v transformátorech $\Delta P_{Fe}=2,5kW$
 $\Delta P_{Cu}=7,9kW$
- Ztráty ve vedení $\Delta P=58,0kW$

Celkové ztráty v síti činí 68,5kW, což je 8,64% celkového příkonu odběrů.

Napětí v jednotlivých uzlech sítě, procentuální zatížení všech vedení a transformátorů v síti je uvedeno v příloze B a na výkrese v příloze H. Z vypočítaných hodnot, které jsou uvedeny ve zmíněných přílohách bylo zjištěno, že všechna napětí v uzlech sítě jsou v povolené toleranci (207 až 253V) a žádný prvek sítě není přetížen nad dovolenou mez (100%). Pro tuto variantu rekonstrukce sítě byla navržena vedení, která jsou jednotlivě uvedena v tabulce 8-1 a celkově shrnuta v tabulce 8-2. Rekonstruované trafostanice včetně navýšených transformátorů jsou uvedeny v tabulce 8-3.

Tabulka 8-1: Rekonstruovaná vedení u varianty s vodiči typu AlFe

Název vedení	Spojuje body		Typ vedení před rekonstrukcí	Typ vedení po rekonstrukci	Délka vedení	Zatížení vedení
					[m]	[%]
V1	TR-Potoc/1	U4/2	35a	70/11a	90	51,7
V1	TR-Potoc/1	U4/1	35a	70/11a	90	50,9
V6a	U18/1	U19/1	25a	70/11a	10	58,9
V8	U2/1	U3/1	25a	35a	211	57,2
V9	U3/1	U4/1	25a	70/11a	85	49,6
V12	U4/2	U7/1	25a	70/11a	85	49,2
V23	TR-Umost/1	U14/2	35a	70/11a	146	43,9
V24	U18/1	U20/1	25a	70/11a	77	56,4
V26	U20/1	U22/1	16a	35a	60	51,3
V27	U22/1	U23/1	16a	35a	52	0
V34	U29/1	U30/1	16a	35a	49	52,4
V35	U30/1	U31/1	16a	35a	34	38,7
V36	TR-Umost/1	U32/1	25a	70/11a	40	48,7
V37	U32/1	U33/1	25a	70/11a	90	40,2
V39	TR-Umost/1	U34/1	35a	70/11a	92	56,7

Tabulka 8-2: Použité typy vedení na rekonstrukci sítě u varianty s vodiči typu AlFe

Typ vedení	Počet úseků	Počet vedení	Délka úseků	Délka vedení
	[-]	[-]	[m]	[m]
2x70/11a	1	2	90	180
1x70/11a	8	8	625	625
1x35a	5	5	406	406
Celkem	14	15	1121	1211

Poznámka: 1x35a - hliníkové holé vedení AlFe o průřezu 35mm²
 2x70/11a - dvojité hliníkové holé vedení AlFe o průřezu 70 mm²

Tabulka 8-3: Rekonstruované trafostanice u varianty s vodiči typu AlFe

Název	Trafostanice před rekonstrukcí			Trafostanice po rekonstrukci		
	Typ	Transformátor	Zatížení	Typ	Transformátor	Zatížení
		[kVA]	[%]		[kVA]	[%]
Potočiny	BTS160	160	139,3	TSB 24/400	400	55,7
U mostu	BTS160	160	204,6	TSB 24/400	400	81,8
U sadu	BTS160	160	203,5	TSB 24/400	400	81,4

Srovnáním tabulky 7-4 a tabulky 8-2 je patrné, že nestačí vyměnit pouze přetížená vedení, která byla zjištěna z výpočtu ustáleného chodu stávajícího stavu sítě, ale bude nutné vyměnit celkem 14 vedení o celkové délce 1211m, aby kromě dovoleného zatížení vedení vyhověla síť i na normou dovolené hodnoty napětí v uzlech sítě. Z tabulky 8-3 vidíme, že bude muset dojít k rekonstrukci všech tří trafostanic včetně navýšení jednotlivých transformátorů. Poté už budou transformátory zatíženy v dovolených mezích a síť je tedy po rekonstrukci v provozuschopném stavu.

8.1.1 Investiční náklady varianty s vodiči typu AlFe

Pro výpočet investičních nákladů na rekonstrukci nevyhovujících částí sítě holým vedením typu AlFe je nutné znát měrné náklady na daný typ vedení a při výměně nebo budování nových trafostanic náklady na jejich vybudování a náklady na nové transformátory. Tyto potřebné údaje jsou uvedeny v tabulce 8-4. Předpokládané investiční náklady této varianty jsou uvedeny v tabulce 8-9, kde jsou kromě celkových investičních nákladů na rekonstrukci sítě, uvedeny také celkové náklady jednotlivých typů vedení z tabulky 8-2, trafostanic a transformátorů z tabulky 8-3.

Tabulka 8-4: Měrné náklady na vedení a transformátory u varianty s vodiči typu AlFe

Zařízení	Typ	Cena
Vedení AlFe	4x35	354 000 Kč/km
Vedení AlFe	4x70/11	482 000 Kč/km
Vedení AlFe	2x4x70/11	641 000 Kč/km
Trafostanice (bez TR)	TSB 24/400	295 000 Kč/ks
Transformátor	22/0,42kV; 400kVA	145 000 Kč/ks

Tabulka 8-5: Předpokládané investiční náklady u varianty s vodiči typu AlFe

Zařízení	Množství; Délka	Cena
	[ks;m]	[Kč]
Trafo stanice TSB 24/400	3	885 000
Transformátor 22/0,42kV; 400kVA	3	435 000
Vedení AlFe 4x35	406	144 150
Vedení AlFe 4x70/11	625	301 300
Vedení AlFe 2x4x70/11	90	57 700
Demontáž nevyhovujících zařízení v síti		182 350
Celkem		2 005 500
Rezerva 10%		200 500
Celkové náklady varianty		2 206 000

8.2 Rekonstrukce sítě izolovanými vodiči typu AES

Při této variantě rekonstrukce sítě jsou všechna stávající vedení typu AlFe a AYKYz nahrazena izolovaným samonosným hliníkovým vedením typu AES. Opět musí být při rekonstrukci sítě izolovanými vodiči typu AES dodržena norma ČSN 33 0121, týkající se dovolených napětí v uzlech sítě a žádný prvek sítě nesmí být přetížen nad dovolenou mez.

V příloze I je výkres navržené úpravy sítě s vyznačenými typy použitých vedení, transformátorů a názvy uzlů.

Výpočtem ustáleného chodu navržené úpravy sítě programem KASI bylo zjištěno následující:

Zatížení transformátorů:

- TS - Potočiny: transformátor zatěžován na 55,7%
- TS - U mostu: transformátor zatěžován na 81,8%
- TS - U sadu: transformátor zatěžován na 81,4%

Ztráty v prvcích sítě:

- Ztráty v transformátorech $\Delta P_{Fe}=2,5kW$
 $\Delta P_{Cu}=7,9kW$
- Ztráty ve vedení $\Delta P=25,5kW$

Celkové ztráty v síti činí 39,5kW, což je 4,53% celkového příkonu odběrů.

Napětí v jednotlivých uzlech sítě, procentuální zatížení všech vedení a transformátorů v síti je uvedeno v příloze C a na výkrese v příloze I. Z vypočítaných hodnot, které jsou uvedeny ve zmíněných přílohách bylo zjištěno, že všechna napětí v uzlech sítě jsou po rekonstrukci vedením typu AES v povolené toleranci (207 až 253V) a žádný prvek sítě není přetížen nad dovolenou mez (100%). Také bude nutné vyměnit některá kabelová vedení s ohledem na jejich zatížení

a jištění, za kabelová vedení větších průřezů. Pro tuto variantu rekonstrukce sítě byla použita nová vedení, která jsou uvedena v tabulce 8-6. Vyměněné trafostanice včetně transformátorů jsou uvedeny v tabulce 8-7.

Tabulka 8-6: Použité typy vedení na rekonstrukci u varianty s vodiči typu AES

Typ vedení	Počet úseků	Počet vedení	Délka úseků	Délka vedení
	[-]	[-]	[m]	[m]
1x50AES	2	2	115	115
1x70AES	2	2	86	86
1x95AES	26	26	2304	2304
1x120AES	13	13	1207	1207
2x120AES	1	2	90	180
2x240k	2	4	155	310
Celkem	46	49	3957	4202

Poznámka: 1x50AES - hliníkové izolované vedení AES o průřezu 50mm²
 2x240k - dvojité hliníkové kabelové vedení AYKY o průřezu 240 mm²

Tabulka 8-7: Rekonstruované trafostanice u varianty s vodiči typu AES

Název	Trafostanice před rekonstrukcí			Trafostanice po rekonstrukci		
	Typ	Transformátor	Zatížení	Typ	Transformátor	Zatížení
		[kVA]	[%]		[kVA]	[%]
Potočiny	BTS160	160	139,3	TSB 24/400	400	55,7
U mostu	BTS160	160	204,6	TSB 24/400	400	81,8
U sadu	BTS160	160	203,5	TSB 24/400	400	81,4

Použití samonosných izolovaných hliníkových vedení typu AES při rekonstrukci sítě dovoluje montáž těchto vedení na stávající podpěrné body (železobetonové sloupy, střešníky, konzoly), nejsou-li podpěrné body ve špatném stavu a není-li potřeba je vyměnit, protože použitím těchto vodičů se snižují nároky na mechanické namáhání v podpěrných bodech.

Napětí je ve všech uzlech sítě po rekonstrukci izolovaným vedením typu AES v povolené toleranci, ovšem nad jmenovitou hodnotou, což je výhodné při případném budoucím zvětšování zatížení sítě, neboť při větším zatížení vznikají větší ztráty způsobující pokles napětí v uzlech, který při této variantě rekonstrukce sítě může být větší. Zvětšování zatížení je ale také omezeno dovoleným zatížením vedení.

8.2.1 Investiční náklady varianty s vodiči typu AES

Výpočet investičních nákladů při rekonstrukci sítě samonosným izolovaným hliníkovým vedením typu AES vyžaduje znalost měrných nákladů daného typu vedení a při výměně nebo budování nových trafostanic také náklady na jejich vybudování a náklady na nové transformátory. Tyto údaje jsou uvedeny v tabulce 8-8. Předpokládané investiční náklady této varianty jsou uvedeny v tabulce 8-9, kde jsou kromě celkových investičních nákladů na rekonstrukci sítě, uvedeny také celkové náklady jednotlivých typů vedení z tabulky 8-6, trafostanic a transformátorů z tabulky 8-7.

Tabulka 8-8: Měrné náklady na vedení a transformátory u varianty s vodiči typu AES

Zařízení	Typ	Cena
Vedení AES	4x50	560 000 Kč/km
Vedení AES	4x70	620 000 Kč/km
Vedení AES	4x95	720 000 Kč/km
Vedení AES	4x120	780 000 Kč/km
Vedení AES	2x4x120	1 050 000 Kč/km
Vedení AYKY	2x240	2 050 000 Kč/km
Trafostanice (bez TR)	TSB 24/400	295 000 Kč/ks
Transformátor	22/0,42kV; 400kVA	145 000 Kč/ks

Tabulka 8-9: Předpokládané investiční náklady u varianty s vodiči typu AES

Zařízení	Množství; Délka	Cena
	[ks;m]	[Kč]
Trafostanice TSB 24/400	3	885 000
Transformátor 22/0,42kV; 400kVA	3	435 000
Vedení AES 4x50	115	64 400
Vedení AES 4x70	86	53 300
Vedení AES 4x95	2304	1 658 900
Vedení AES 4x120	1207	941 500
Vedení AES 2x4x120	90	94 500
Vedení AYKY 2x240	155	317 800
Demontáž nevyhovujících zařízení		445 000
Celkem		4 895 400
Rezerva 10%		489 500
Celkové náklady varianty		5 384 900

8.3 Rekonstrukce sítě zemními kabely typu AYKY

Tato varianta řešení rekonstrukce stávající sítě spočívá v kompletní demontáži stávajícího nadzemního vedení tvořeného vodiči typu AlFe a AYKYz. Celá tato nadzemní síť bude nahrazena zemními kabely typu AYKY. I při této variantě řešení rekonstrukce sítě musí být dodržena norma ČSN 33 0121, týkající se dovolených napětí v uzlech sítě a přitom žádný prvek sítě nesmí být přetížen nad dovolenou mez.

V příloze J je výkres navržené úpravy sítě s vyznačenými typy použitých vedení, transformátorů a názvy uzlů.

Výpočtem ustáleného chodu navržené úpravy sítě programem KASI bylo zjištěno následující:

Zatížení transformátorů:

- TS - Potočiny: transformátor zatěžován na 55,7%
- TS - U mostu: transformátor zatěžován na 81,8%
- TS - U sadu: transformátor zatěžován na 81,4%

Ztráty v prvcích sítě:

- Ztráty v transformátorech $\Delta P_{Fe}=2,5kW$
 $\Delta P_{Cu}=7,9kW$
- Ztráty ve vedení $\Delta P=19,9kW$

Celkové ztráty v síti činí 30,4kW, což je 3,83% celkového příkonu odběrů.

Vypočítaná napětí v jednotlivých uzlech rekonstruované sítě, procentuální zatížení všech vedení a transformátorů v síti je uvedeno v příloze D a na výkrese v příloze J. Z vypočítaných hodnot, které jsou uvedeny ve zmíněných přílohách bylo zjištěno, že všechna napětí v uzlech sítě jsou po rekonstrukci vedení zemními kabely typu AYKY v povolené toleranci (207 až 253V) a žádný prvek sítě není přetížen nad dovolenou mez (100%).

Napětí je ve všech uzlech sítě po rekonstrukci zemními kabely v povolené toleranci nad jmenovitou hodnotou, což je výhodné při případném budoucím zvětšování zatížení sítě, neboť při větším zatížení vznikají větší ztráty na vedení a tím i větší úbytek napětí způsobující pokles napětí v uzlech, který při této variantě rekonstrukce sítě může být větší. Zvětšování zatížení je ale také omezeno dovoleným zatížením kabelového vedení. Pro tuto variantu rekonstrukce sítě byla použita kabelová vedení, která jsou uvedena v tabulce 8-10. Vyměňené trafostanice včetně transformátorů jsou uvedeny v tabulce 8-11.

Tabulka 8-10: Použité typy vedení na rekonstrukci sítě u varianty se zemními kabely AYKY

Typ vedení	Počet úseků	Počet vedení	Délka úseků	Délka vedení
	[-]	[-]	[m]	[m]
1x50k	4	4	201	201
1x95k	8	8	474	474
1x120k	25	25	2580	2580
1x240k	6	6	457	457
2x240k	3	6	245	490
Celkem	46	49	3957	4202

Poznámka: 1x120k - hliníkové kabelové vedení AYKY o průřezu 120 mm²

Tabulka 8-11: Rekonstruované trafostanice u varianty se zemními kabely AYKY

Název	Trafostanice před rekonstrukcí			Trafostanice po rekonstrukci		
	Typ	Transformátor	Zatížení	Typ	Transformátor	Zatížení
		[kVA]	[%]		[kVA]	[%]
Potočiny	BTS160	160	139,3	TSB 24/400	400	55,7
U mostu	BTS160	160	204,6	TSB 24/400	400	81,8
U sadu	BTS160	160	203,5	TSB 24/400	400	81,4

Použitím zemního kabelového vedení se zlepšily napěťové poměry v síti a také se snížily celkové ztráty v síti. Jak již bylo řečeno, v případě rekonstrukce zemními kabely by se musela odstranit celá nadzemní část sítě tzn. venkovní vedení, železobetonové sloupky, konzoly a střešníky. Dále by bylo nutné provést rozsáhlé zemní práce související s instalací zemních kabelů a provedení definitivní zádlažby. Také by se muselo změnit připojení odběratelů k síti, neboť připojení by se muselo provést také zemními kabely, kdežto předtím to bylo většinou závěsnými kabely, pro které jsou stanovena jiná umístění přípojkových skříní. Velkou výhodou provedení rekonstrukce zemními kabely je celkové zlepšení estetického vzhledu obce.

8.3.1 Investiční náklady varianty se zemními kabely typu AYKY

Pokud chceme určit investiční náklady na rekonstrukci sítě pomocí hliníkových zemních kabelů typu AYKY musíme znát měrné náklady použitých typů vedení a při výměně nebo budování nových trafostanic také náklady na jejich vybudování a náklady na nové transformátory. Tyto údaje jsou uvedeny v tabulce 8-12. Předpokládané investiční náklady této varianty jsou uvedeny v tabulce 8-13, kde jsou kromě celkových investičních nákladů na rekonstrukci sítě, uvedeny také celkové náklady jednotlivých typů použitých vedení z tabulky 8-10, trafostanic a transformátorů z tabulky 8-11.

Tabulka 8-12: Měrné náklady na vedení a transformátory u varianty se zemními kabely AYKY

Zařízení	Typ	Cena
Kabel AYKY	1x50k	720 000 Kč/km
Kabel AYKY	1x95k	1 110 000 Kč/km
Kabel AYKY	1x120k	1 240 000 Kč/km
Kabel AYKY	1x240k	1 580 000 Kč/km
Kabel AYKY	2x240k	2 050 000 Kč/km
Trafo stanice (bez TR)	TSB 24/400	295 000 Kč/ks
Transformátor	22/0,42kV; 400kVA	145 000 Kč/ks

Tabulka 8-13: Předpokládané investiční náklady u varianty se zemními kabely AYKY

Zařízení	Množství; Délka	Cena
	[ks;m]	[Kč]
Trafo stanice TSB 24/400	3	885 000
Transformátor 22/0,4kV; 400kVA	3	435 000
Kabel AYKY 50	201	144 750
Kabel AYKY 95	474	526 200
Kabel AYKY 120	2580	3 199 200
Kabel AYKY 240	457	722 100
Kabel AYKY 2x240	245	502 250
Demontáž nevyhovujících zařízení		641 450
Celkem		7 055 950
Rezerva 10%		705 595
Celkové náklady varianty		7 615 600

9 TECHNICKÉ A EKONOMICKÉ VYHODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH VARIANT REKONSTRUKCE SÍTĚ

V kapitole 8 byly navrženy tři varianty rekonstrukce sítě v obci Kovalovice. První varianta představuje výměnu pouze nevyhovující části sítě novým hliníkovým holým vedením typu AlFe. Další dva návrhy spočívají ve výměně celé sítě buď samonosným izolovaným vedením typu AES, nebo zemním kabelem typu AYKY. Pro volbu nejvhodnější varianty je nutné tyto návrhy posoudit technicky i ekonomicky a zvolit neoptimálnější variantu rekonstrukce sítě nízkého napětí v obci.

U všech tří variant návrhu bude nutné vyměnit všechny tři transformátory napájející síť nízkého napětí (ze 160kVA na 400kVA), což spočívá i ve výměně celé trafostanice (TS-Potočiny, TS-U mostu, TS-U sadu). Tím se zvýší celkový instalovaný výkon z původních 480kVA na 1200kVA. Při uvažování účinnosti všech odběrů (bytových i nebytových) $\cos\varphi=0,95$ je celkový odebíraný zdánlivý výkon v síti $S=834\text{kVA}$. Výkonová rezerva potom tedy činí 366kVA (348kW).

Jelikož je předpoklad rozšiřování bytové zástavby v obci, slouží tato výkonová rezerva ke krytí budoucího zvyšování počtu odběratelů elektrické energie. Všechny návrhy byly provedeny s ohledem na normu ČSN 33 0121, týkající se dovolených napětí v uzlech sítě a s ohledem na dovolené zatížení vedení a transformátorů.

Technické porovnání jednotlivých navržených variant řešení rekonstrukce sítě v obci Kovalovice je v tabulce 9-1.

Tabulka 9-1: Technické porovnání variant rekonstrukce sítě

Varianta rekonstrukce	Ztráty v síti		Nejnižší napětí v síti		Celková délka rekonstruovaného vedení
			Uzel	Napětí	
	[kW]	[%]		[V]	[m]
Vedení typu AlFe	68,5	8,64	U29/2	215,5	1121
Vedení typu AES	35,9	4,53	U29/2	236,8	3957
Zemní kabely AYKY	30,4	3,83	U29/2	236,8	3957

Z tabulky 9-1 plyne, že z technického hlediska je nejvýhodnější varianta rekonstrukce sítě provedená pomocí zemních kabelů AYKY, neboť má nejmenší ztráty v síti a tím pádem i nejmenší úbytky napětí.

Nejhůře je na tom varianta, při které se vymění pouze nevyhovující části sítě vedením typu AlFe. Zde jsou ztráty nejvyšší a také nejvyšší úbytky napětí ze všech navržených variant. Celková délka rekonstruovaného vedení je ovšem u této varianty rekonstrukce sítě nejkratší, což z největší pravděpodobnosti vede k nejmenším investičním nákladům z navržených variant.

Ekonomické porovnání jednotlivých variant řešení rekonstrukce sítě v obci Kovalovice je v tabulce 9-2.

Tabulka 9-2: Ekonomické porovnání variant rekonstrukce sítě

Varianta rekonstrukce	Celkové investiční náklady	Průměrná cena na 1m délky vedení
	[Kč]	[Kč]
Vedení typu AlFe	2 206 000	1968
Vedení typu AES	5 384 900	1361
Zemní kabely AYKY	7 615 600	1925

Z Tabulky 9-2 plyne, že z ekonomického hlediska je nejvýhodnější varianta, která z technického hlediska dopadla nejhůře, a to varianta při které se zrekonstruuje pouze nevyhovující části sítě vedením typu AlFe, neboť u této varianty jsou předpokládané investiční náklady nejnižší. Nejhůře je na tom varianta, které z technického hlediska dopadla nejlépe, tedy varianta rekonstrukce sítě zemními kabely AYKY, zde jsou celkové náklady na rekonstrukci sítě nejvyšší. Pokud se ovšem podíváme na poslední sloupec tabulky 9-2, kde jsou celkové investiční náklady dané varianty poděleny celkovou délkou rekonstruovaného vedení, vychází nejhůře varianta, která z pohledu celkových investičních nákladů byla nejlevnější.

Při výběru optimální varianty je nutno posoudit mnoho faktorů. Varianta, při které se vymění pouze nevyhovující části sítě vedením AlFe je sice nejlevnější, z technického hlediska v současné době přijatelná, ale s předpokládaným budoucím rozvojem obce a tím pádem zvyšováním spotřeby by bylo nutné za několik let tuto síť opět rekonstruovat, neboť některá vedení by byla s největší pravděpodobností opět zatížena nad dovolenou mez. Varianta rekonstrukce celé sítě pomocí zemních kabelů typu AYKY je z technického hlediska nejvýhodnější, ale z ekonomického hlediska nejdražší. Musela by se odstranit celá nadzemní síť a provést rozsáhlé zemní práce na instalaci zemních kabelů včetně definitivní zádlažby. Ovšem při této variantě rekonstrukce sítě by se zlepšil celkový vzhled obce, neboť by celá síť byla skryta v zemi.

Nejoptimálnější varianta rekonstrukce sítě je tedy pomocí samonosných izolovaných hliníkových vedení typu AES. Z technického hlediska je srovnatelná s variantou se zemními kabely, neboť nejnižší napětí v uzlu sítě a celková délka rekonstruovaného vedení je stejná, i když ztráty u varianty AES jsou o něco větší. I u této varianty se počítá s budoucím rozšiřováním obce, neboť má dostatečné rezervy v zatížitelnosti prvků sítě. Při rekonstrukci je možno využít podpěrných bodů stávající sítě, pokud to dovoluje jejich technický stav. Vodiče AES mají také mnoho výhod, které byly popsány v kapitole 4.2, jako je například snížená poruchovost a zvýšená životnost vedení. Z ekonomického hlediska jsou celkové investiční náklady přijatelné a průměrná cena na 1m délky rekonstrukce nejnižší.

Pro tuto nejoptimálnější variantu rekonstrukce sítě pomocí vedení typu AES je také navrženo jištění, které bylo provedeno pomocí programu SICHR 7. Při návrhu bylo kontrolováno dovolené oteplení vedení při zkratu, velikost jednotlivých impedančních smyček s vypínacím časem 30s dle PNE 33 0000-1 a selektivita jištění. Vzhledem k rozsáhlosti návrhu jsou podrobné výsledky navrženého jištění uvedeny v příloze E.

10 ZÁVĚR

Diplomová práce se zabývá rozdělením distribučních sítí vysokého a nízkého napětí podle různých hledisek. Rozděluje distribuční sítě podle uložení vodičů vedení, podle použitých napěťových hladin na vedení a také podle způsobu zapojení sítě.

Dále se zabývá typy vodičů používaných v distribučních sítích jak pro venkovní tak pro kabelová vedení. V této části je diplomová práce více zaměřena na izolované vodiče pro venkovní vedení, které v dnešní době nacházejí stále větší uplatnění při budování nové nebo rekonstrukci stávající sítě vzhledem k jejich výhodám, pro které jsou i přes jejich vyšší cenu upřednostňovány před vodiči holými. V České republice se pro sítě nízkého napětí používá čtyřvodičový systém izolovaných vedení s označením AES. Pro vedení vysokého napětí se u nás používá systém samostatných izolovaných vodičů označován jako systém PAS a pro vedení 110kV systém PAS 110kV.

Další část diplomové práce je věnována metodám výpočtu ustáleného chodu sítě. Metoda výpočtu především závisí na tom, jak jsou zadány odběry a dodávky do uzlů sítě. Pokud jsou dodávky a odběry zadány pomocí proudů do uzlů řeší se výpočet sítě jako lineární úloha. Ovšem pokud zanedbáme příčné admitance vedení musíme eliminovat bilanční uzel. V praxi jsou ovšem odběry a dodávky do uzlů zadávány pomocí činných a jalových výkonů což vede na soustavu nelineárních rovnic. Proto pro výpočet takové sítě musíme použít některou z iteračních metod z nichž nejvíce používanou je Gauss-Seidlova iterační metoda. Dále se podle složitosti sítě mohou použít další iterační metody jako je Newton- Raphsonova metoda nebo kombinace obou metod. Z dalších metod výpočtu ustáleného chodu sítě můžeme zmínit například výpočet pomocí stejnosměrného modelu nebo redukci odběrových uzlů.

Hlavním úkolem diplomové práce bylo zjistit stávající stav sítě nízkého napětí v obci Kovalovice a v případě zjištění nevyhovujícího stavu navrhnout varianty její rekonstrukce. Zhodnocení stávajícího stavu sítě bylo provedeno pomocí programu KASI, kterým bylo zjištěno, že stávající stav sítě nízkého napětí v obci Kovalovice je již nevyhovující a je nutné provést rekonstrukci sítě. V síti jsou přetíženy všechny distribuční transformátory 22/0,42kV; 160kVA napájející danou síť. Některá vedení jsou přetížena nad dovolenou mez a napětí v uzlech sítě jsou mimo dovolené hodnoty, které určuje norma ČSN 33 0121. Byly navrženy celkem tři návrhy na rekonstrukci sítě nízkého napětí v obci. U každé varianty byly vyměněny všechny distribuční transformátory ze 160kVA na 400kVA, což vedlo i k výměně celé trafostanice. Varianty se liší pouze použitým vedením na rekonstrukci. Navržené varianty bylo nutné vzájemně porovnat jak technicky tak i ekonomicky a zvolit nejoptimálnější variantu rekonstrukce sítě.

První varianta spočívá pouze ve výměně nevyhovujících částí sítě stejným vedením a to holým hliníkovým vedením typu AlFe s vhodným průřezem. Tato varianta je z pohledu celkových investičních nákladů nejvýhodnější, jelikož je nejlevnější. Z technického pohledu je tato varianta ovšem nevyhovující, neboť v síti jsou velké ztráty výkonů, které způsobují velké úbytky napětí i když jsou hodnoty napětí v uzlech sítě v dovolených mezích. Není to ovšem jediný důvod proč by jsme tuto variantu rekonstrukce nezvolili. Hlavním důvodem je, že je plánováno rozšiřování obce, což povede ke zvyšování zatížení sítě. V případě zvolení této varianty by bylo s největší pravděpodobností nutné tuto síť časem opět rekonstruovat, jelikož se zvětšením zatížení by se zvýšili celkové ztráty v síti, tím i úbytky napětí a napětí v uzlech sítě by

již nemusela vyhovět normě. Také se zvýšením zatížení by tím pádem mohlo dojít i k přetížení některých vedení, která zatím nebyla rekonstruována.

Další variantou návrhu rekonstrukce sítě je rekonstrukce celé sítě pomocí zemních kabelů AYKY. Tato varianta je z ekonomického hlediska nejdražší, ale z technického hlediska nejvýhodnější, jelikož v síti s použitím zemních kabelů AYKY jsou nejmenší ztráty výkonu a tím i nejmenší úbytky napětí a napětí ve všech uzlech sítě jsou nad jmenovitou hodnotou, která je dána normou na 230V. Zatížení kabelů již počítá s budoucím rozšiřováním obce a tím i zvyšování celkového zatížení sítě. Nevýhodou této varianty jsou velmi vysoké investiční náklady na rekonstrukci, které jsou způsobeny tím, že musí dojít k demontáži celé nadzemní sítě včetně podpěrných bodů. Musí být také provedeny rozsáhlé zemní práce související s pokládkou zemních kabelů do země a jejich definitivní základy. Výhodou je, že při použití této varianty se zlepší estetický vzhled obce z důvodu toho, že celá síť je pod zemí.

Z technického hlediska je s variantou rekonstrukce sítě pomocí zemních kabelů AYKY srovnatelná varianta rekonstrukce sítě pomocí samonosných izolovaných hliníkových vedení typu AES. Z ekonomického hlediska je tato varianta rekonstrukce sítě také přijatelná. Tato varianta, tak jako varianta se zemními kabely počítá s budoucím zvyšováním zatížení, neboť napětí v uzlech sítě jsou nad jmenovitou hodnotou tzn., že v síti jsou malé úbytky napětí a vedení jsou nyní zatížena maximálně do 70% jmenovitého zatížení. Výhodou této varianty je, že je možné ponechat podpěrné body ze stávající sítě, pokud to ovšem dovoluje jejich stav. Tím může ještě dojít ke snížení celkových investičních nákladů. Použití vedení typu AES má také svoje výhody jako je menší poruchovost, delší životnost a snížení dovolených bezpečných vzdáleností od vedení.

Vzhledem k výše popsaným skutečnostem doporučuji provést celkovou rekonstrukci sítě v obci Kovalovice pomocí samonosných izolovaných hliníkových vedení typu AES. Oblasti, které napájí jednotlivé distribuční transformátory zůstanou stejné jako před rekonstrukcí tj. provozované odděleně (každý transformátor napájí určenou oblast). Pro tuto variantu rekonstrukce sítě, tedy pomocí vedení typu AES, bylo také navrženo jištění pomocí programu SICHR 7. Při návrhu jištění bylo kontrolováno dovolené oteplení vedení při zkratu, velikosti jednotlivých impedančních smyček pro vypínací čas, který je dle PNE 33 0000-1 stanoven na 30s a selektivita jištění.

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] Pavlovský, B. *Elektrické sítě v městech a sídlištích*, SNTL 1975
- [2] Haluzík, E. *Řízení provozu elektrizačních soustav*, Brno VUT 1987
- [3] Blažek, V. *Distribuce elektrické energie*, Brno VUT 2005
- [4] JME a.s., *Zásady pro rozvoj a výstavbu systému vn ve městech*, Brno 1997
- [5] Karpiss, J. *Popis výpočetního programu KASI*, Brno 1997
- [6] ing. Blažek, *Výkonové podklady pro navrhování distribučních sítí*, směrnice č.13/98
- [7] EO.N s.r.o., *Měrné náklady doporučené pro rok 2004*, Brno 2004
- [8] Podkladové materiály, *Izolovaná venkovní vedení nízkého a vysokého napětí*, ENSTO; <http://www.ensto.com>
- [9] Podkladové materiály, *Izolované venkovní vedení nízkého napětí*, ESTA Ivančice; <http://www.esta.cz>
- [10] Podkladové materiály, *Koncepce kabelových a venkovních vedení nízkého a vysokého napětí*, ČEZ Distribuce; [http:// www.cezdistribuce.cz](http://www.cezdistribuce.cz)

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha A: Stávající stav sítě nízkého napětí v obci Kovalovice - veškeré parametry a vypočítané hodnoty programem KASI

Příloha B: Rekonstrukce nevyhovujících částí sítě v obci Kovalovice holými vodiči typu AlFe - veškeré parametry a vypočítané hodnoty programem KASI

Příloha C: Rekonstrukce sítě v obci Kovalovice izolovanými vodiči typu AES - veškeré parametry a vypočítané hodnoty programem KASI

Příloha D: Rekonstrukce sítě v obci Kovalovice zemními kabely typu AYKY - veškeré parametry a vypočítané hodnoty programem KASI

Příloha E: Návrh jištění pro rekonstrukci sítě v obci Kovalovice izolovanými vodiči typu AES výpočetním programem SICHR 7 - veškeré parametry a vypočítané hodnoty

Příloha F: Schéma sítě nn - stávající stav sítě s vyznačeným napětím v uzlech sítě, typy vedení a transformátorů včetně jejich zatížení

Příloha G: Schéma sítě nn - stávající stav sítě s udáním jednotkových a velkých (nebytových) odběrů

Příloha H: Schéma sítě nn - rekonstrukce sítě holým vedením typu AlFe s vyznačeným napětím v uzlech sítě, zatížením a použitými typy transformátorů a vedení

Příloha I: Schéma sítě nn - rekonstrukce sítě izolovaným vedením typu AES s vyznačeným napětím v uzlech sítě, zatížením a použitými typy transformátorů a vedení

Příloha J: Schéma sítě nn - rekonstrukce sítě zemními kabely typu AYKY s vyznačeným napětím v uzlech sítě, zatížením a použitými typy transformátorů a vedení

Příloha K: Legenda ke schématům sítě

Příloha A Stávající stav sítě nízkého napětí v obci Kovalovice – veškeré parametry a vypočítané hodnoty

ZADANA GLOB. SITOVA DATA:

```
=====
Nazev dat: KOVALOV2 Okres: 200 Obec: 0
Komentar: Stavajici sit nn
Odb.jed.: 2.4kW Ucinik: 0.95 Trend: 0.0% Poc.rok: 1 Kon.rok: 5
Unom: 230V Chyba: 0.10A Nakl.ot.st.: 0t.Kc Km: 1.00 Hod.vyp.: 1
```

BILANCE V SITI: KOVALOV2; s obec.daty: NO_DAT; poc.zatiz.

```
=====
Souct. odbery v siti: primo zadane: J0:1.kat.: 853.1 A( 233.00j.) 559.2 kW
                                     2.kat.: 78.1 A( 8.00j.) 51.2 kW
                                     3.kat.: 0.0 A( 0.00j.) 0.0 kW
                                     4.kat.: 0.0 A( 0.00j.) 0.0 kW
                                     celk.J0: 931.2 A( 241.00j.) 610.4 kW
                                     V0: 277.7 A( 9 ks.) 182.0 kW
                                     Celkem: 1208.8 A 792.4 kW
                                     zatiz.prip. a DS: 0.0 A 0.0 kW
-----
Celkem: 1208.8 A 792.4 kW
```

Ztraty v transform.: Fe: 1.3 kW; Cu: 25.2 kW; celkem: 26.5 kW;
Ztraty ve ved.: 90.3 kW; Ztraty celk.: 116.8 kW; tj.14.74 % celk.odb.;

Roc.nedod.energ.: 0.00 MWh/rok; Prum.zabezpecenost: 1.000000;

STATISTIKA POUZ. PRVKU V SITI: KOVALOV2

```
=====
Typ prvku      Poc.tr.stan. Poc.transf. Del.trasy Del.potahu
               - tras ved. - pot.ved. [m] [m]
-----
1x16a          9          9          449          449
1x25a         25         25         2431         2431
1x35a          7          7          784          784
2x35a          1          2           90          180
2x120k         3          6          215          430
1x35kz         1          1           18           18
2x35kz         1          2           30           60
1x.160t        3          3           -           -

vse x35a       8          9          874          964
vse x35kz      2          3           48           78

Tr.st.celkem   3          3           -           -
Vedeni celk.  47         52         4017         4352
```

UZLOVE HODN. VYP. SITE : KOVALOV2 - pocatec.zatiz.

Komentar:Stavajici sit nn

Nazev bodu	Cislo vnitr.uz.	Red.odn. [A]	Ubytek nap. [V]	Odchylka [%]	Napeti [V]
TR-Potoc	1		8.02	3.49	245.0
TR-Usadu	1		11.72	5.10	241.3
TR-Umost	1		11.79	5.12	241.2
U1	1		54.67	23.77	198.3
U2	1		51.65	22.46	201.3
U3	1		34.47	14.99	218.5
U4	1		19.40	8.43	233.6
	2		19.49	8.47	233.5
U5	1		35.61	15.48	217.4
U6	1		37.70	16.39	215.3
U7	1		33.45	14.55	219.5
U8	1		47.09	20.48	205.9
U9	1		47.09	20.48	205.9
U10	1		37.58	16.34	215.4
	2		35.31	15.35	217.7
	3		21.15	9.19	231.9
U11	1		17.21	7.48	235.8
	2		17.07	7.42	235.9
U12	1		16.82	7.31	236.2
U13	1		22.25	9.67	230.8
U14	1		24.77	10.77	228.2
	2		26.91	11.70	226.1
U15	1		37.16	16.16	215.8
U16	1		30.91	13.44	222.1
U17	1		30.91	13.44	222.1
U18	1		22.02	9.57	231.0
	2		21.08	9.17	231.9
U19	1		19.80	8.61	233.2
U20	1		38.19	16.61	214.8
U21	1		20.13	8.75	232.9
U22	1		46.18	20.08	206.8
U23	1		46.18	20.08	206.8
U24	1		46.67	20.29	206.3
U25	1		47.74	20.76	205.3
	2		32.05	13.93	221.0
U26	1		45.04	19.58	208.0
U27	1		46.15	20.06	206.9
U28	1		50.17	21.81	202.8
U29	1		43.79	19.04	209.2
	2		50.59	21.99	202.4
U30	1		50.96	22.16	202.0
U31	1		54.94	23.89	198.1
U32	1		19.11	8.31	233.9
U33	1		31.77	13.82	221.2
U34	1		24.02	10.44	229.0
U35	1		42.22	18.36	210.8
U36	1		49.03	21.32	204.0
U37	1		26.51	11.53	226.5
U38	1		28.25	12.28	224.8
U39	1		55.65	24.20	197.4
U40	1		56.19	24.43	196.8

VETVOVE HOD. VYP. SITE : KOVALOV2 - pocatec.zatiz.

Komentar:Stavajici sit nn

Nazev ved, tr.	Spojuje body		Typ vedeni	Del. [m]	Vn. cis.	I-zac [A]	I-kon [A]	I/Id [%]	P-ztr [kW]
TR-Potoc (0)	TR-Potoc/1.160t		- -	1	307.6	307.6	139.3	5.19	
TR-Usadu (0)	TR-Usadu/1.160t		- -	1	449.4	449.4	203.5	10.59	
TR-Umost (0)	TR-Umost/1.160t		- -	1	451.9	451.9	204.6	10.70	
V1	TR-Potoc/1U4/2	35a	90	1	155.0	151.3	96.9	4.90	
	TR-Potoc/1U4/1	- " -	- -	2	152.6	148.9	95.3	4.82	
V2	TR-Usadu/1U12/1	120k	85	1	224.7	224.7	89.9	3.32	
	TR-Usadu/1U12/1	- " -	- -	2	224.7	224.7	89.9	3.32	
V3a	U12/1	U11/1	35a	6	1	78.1	78.1	48.8	0.09
V3b	U12/1	U11/2	35a	6	1	51.3	51.3	32.0	0.04
V4	U12/1	U19/1	120k	70	1	160.0	160.0	64.0	1.39
	U12/1	U19/1	- " -	- -	2	160.0	160.0	64.0	1.39
V5	U19/1	U21/1	120k	60	1	20.6	20.6	8.2	0.02
	U19/1	U21/1	- " -	- -	2	20.6	20.6	8.2	0.02
V6a	U19/1	U18/1	25a	10	1	176.7	176.7	141.3	1.14
V6b	U19/1	U18/2	25a	10	1	102.2	102.2	81.8	0.38
V7	U1/1	U2/1	25a	132	1	-7.3	-33.0	26.4	0.21
V8	U2/1	U3/1	25a	211	1	-40.3	-91.5	73.2	3.46
V9	U3/1	U4/1	25a	85	1	-137.9	-148.9	119.1	6.21
V10	U3/1	U5/1	16a	17	1	35.4	35.4	44.2	0.12
V11	U5/1	U6/1	16a	69	1	20.7	9.8	25.9	0.11
V12	U4/2	U7/1	25a	85	1	147.7	118.4	118.1	5.38
V13	U7/1	U8/1	25a	159	1	81.8	50.0	65.4	2.76
V14	U8/1	U9/1	25a	89	1	0.0	0.0	0.0	0.00
V15	U7/1	U10/2	25a	108	1	29.3	0.0	23.4	0.14
V16	U10/3	U11/2	35a	216	1	0.0	-43.9	27.5	0.37
V17	U10/1	U15/1	25a	30	1	-11.0	-11.0	8.8	0.01
V18	U15/1	U16/1	25a	118	1	-22.0	-68.0	54.4	0.97
V19	U16/1	U17/1	25a	91	1	-0.0	-0.0	0.0	0.00
V20	U16/1	U18/2	25a	83	1	-87.6	-102.2	81.8	2.71
V21	U11/1	U13/1	35a	111	1	65.9	43.9	41.2	0.79
V22	U13/1	U14/1	35a	207	1	36.6	-0.0	22.9	0.19
V23	U14/2	TR-Umost/135a	146	1	-113.5	-131.8	82.4	5.27	
V24	U18/1	U20/1	25a	77	1	169.3	165.7	135.5	7.89
V25	U20/1	U24/1	25a	148	1	83.6	25.6	66.9	1.34
V26	U20/1	U22/1	16a	60	1	82.1	56.4	102.6	1.73
V27	U22/1	U23/1	16a	52	1	-0.0	-0.0	0.0	0.00
V28	U24/1	U25/1	25a	101	1	18.3	0.0	14.6	0.05
V29	U14/2	U25/2	25a	40	1	102.5	102.5	82.0	1.53
V30	U25/2	U26/1	25a	121	1	95.2	76.9	76.2	3.26
V31	U26/1	U27/1	16a	53	1	14.6	7.3	18.3	0.04
V32	U26/1	U28/1	25a	105	1	47.6	29.3	38.1	0.61
V33	U28/1	U29/2	25a	64	1	11.0	0.0	8.8	0.01
V34	U29/1	U30/1	16a	49	1	83.9	72.9	104.9	1.67
V35	U30/1	U31/1	16a	34	1	61.9	61.9	77.4	0.74
V36	TR-Umost/1U32/1	25a	40	1	146.1	146.1	116.9	3.11	
V37	U32/1	U33/1	25a	90	1	120.5	105.9	96.4	4.15
V38	U33/1	U29/1	25a	101	1	98.6	91.2	78.8	3.32
V39	TR-Umost/1U34/1	35a	92	1	170.3	139.1	106.4	5.51	
V40	U34/1	U37/1	16a	45	1	29.3	29.3	36.6	0.22
V41	U37/1	U38/1	16a	70	1	18.3	7.3	22.9	0.08
V42	U34/1	U35/1	25a	172	1	102.5	69.6	82.0	4.55
V43	U35/1	U36/1	25a	161	1	54.9	14.6	43.9	0.79
V44	U31/1	U39/1	35kz	30	1	27.3	27.3	54.6	0.06
	U31/1	U39/1	- " -	- -	2	27.3	27.3	54.6	0.06
V45	U39/1	U40/1	35kz	18	1	35.1	35.1	70.2	0.06

Příloha B Rekonstrukce nevyhovujících částí sítě v obci Kovalovice holými vodiči typu AlFe – veškeré parametry a vypočítané hodnoty

ZADANA GLOB. SITOVA DATA:

```
=====
Nazev dat:   KOVALF2   Okres: 200   Obec: 0
Komentar: Vymena AlFe
Odb.jed.: 2.4kW   Ucinik: 0.95   Trend: 0.0%   Poc.rok: 1   Kon.rok: 5
Unom: 230V   Chyba: 0.10A   Nakl.ot.st.: 0t.Kc   Km: 1.00   Hod.vyp.: 1
```

BILANCE V SITI: KOVALF2; s obec.daty: NO_DAT; poc.zatiz.

```
=====
Souct. odbery v siti: primo zadane: J0:1.kat.: 853.1 A( 233.00j.) 559.2 kW
                                           2.kat.: 78.1 A( 8.00j.) 51.2 kW
                                           3.kat.: 0.0 A( 0.00j.) 0.0 kW
                                           4.kat.: 0.0 A( 0.00j.) 0.0 kW
                                           celk.J0: 931.2 A( 241.00j.) 610.4 kW
                                           VO: 277.7 A( 9 ks.) 182.0 kW
                                           Celkem: 1208.8 A 792.4 kW
                                           zatiz.prip. a DS: 0.0 A 0.0 kW
-----
Celkem: 1208.8 A 792.4 kW
```

Ztraty v transform.: Fe: 2.5 kW; Cu: 7.9 kW; celkem: 10.4 kW;
Ztraty ve ved.: 58.0 kW; Ztraty celk.: 68.5 kW; tj. 8.64 % celk.odb.;

Roc.nedod.energ.: 0.00 MWh/rok; Prum.zabezpecenost: 1.000000;

STATISTIKA POUZ. PRVKU V SITI: KOVALF2

```
=====
Typ prvku      Poc.tr.stan. Poc.transf. Del.trasy Del.potahu
               - tras ved. - pot.ved.   [m]      [m]
-----
1x16a          5          5          254       254
1x25a          18         18         1833      1833
1x35a          10         10          952       952
1x70/11a       8          8          625       625
2x70/11a       1          2           90       180
2x120k         3          6          215       430
1x35kz         1          1           18        18
2x35kz         1          2           30        60
1x.400t        3          3           -          -

vse x70/11a    9          10         715       805
vse x35kz      2          3          48        78

Tr.st.celkem   3          3           -          -
Vedeni celk.  47         52         4017      4352
```

UZLOVE HODN. VYP. SITE : KOVALF2 - pocatec.zatiz.

Komentar:Vymena AlFe

Nazev bodu	Cislo vnitr.uz.	Red.odb. [A]	Ubytek nap. [V]	Odchylka [%]	Napeti [V]
TR-Potoc	1		3.66	1.59	249.3
TR-Usadu	1		5.35	2.33	247.7
TR-Umost	1		5.38	2.34	247.6
U1	1		30.14	13.10	222.9
U2	1		27.12	11.79	225.9
U3	1		15.68	6.82	237.3
U4	1		10.05	4.37	243.0
	2		10.10	4.39	242.9
U5	1		16.82	7.31	236.2
U6	1		18.91	8.22	234.1
U7	1		15.32	6.66	237.7
U8	1		28.96	12.59	224.0
U9	1		28.96	12.59	224.0
U10	1		31.20	13.57	221.8
	2		17.17	7.47	235.8
	3		14.77	6.42	238.2
U11	1		10.83	4.71	242.2
	2		10.70	4.65	242.3
U12	1		10.44	4.54	242.6
U13	1		15.87	6.90	237.1
U14	1		18.40	8.00	234.6
	2		13.87	6.03	239.1
U15	1		30.79	13.39	222.2
U16	1		24.53	10.67	228.5
U17	1		24.53	10.67	228.5
U18	1		14.26	6.20	238.7
	2		14.71	6.40	238.3
U19	1		13.43	5.84	239.6
U20	1		20.30	8.83	232.7
U21	1		13.76	5.98	239.2
U22	1		23.82	10.36	229.2
U23	1		23.82	10.36	229.2
U24	1		28.77	12.51	224.2
U25	1		29.85	12.98	223.1
	2		19.01	8.26	234.0
U26	1		32.00	13.91	221.0
U27	1		33.10	14.39	219.9
U28	1		37.13	16.14	215.9
U29	1		24.86	10.81	228.1
	2		37.54	16.32	215.5
U30	1		28.02	12.18	225.0
U31	1		29.78	12.95	223.2
U32	1		8.12	3.53	244.9
U33	1		12.85	5.59	240.2
U34	1		12.24	5.32	240.8
U35	1		30.45	13.24	222.6
U36	1		37.25	16.20	215.7
U37	1		14.74	6.41	238.3
U38	1		16.47	7.16	236.5
U39	1		30.49	13.26	222.5
U40	1		31.03	13.49	222.0

VETVOVE HOD. VYP. SITE : KOVALF2 - pocatec.zatiz.

Komentar:Vymena AlFe

Nazev ved, tr.	Spojuje body		Typ vedeni	Del. [m]	Vn. cis.	I-zac [A]	I-kon [A]	I/Id [%]	P-ztr [kW]
TR-Potoc (0)	TR-Potoc/1.400t		- -	1	307.6	307.6	55.7	2.34	
TR-Usadu (0)	TR-Usadu/1.400t		- -	1	449.5	449.5	81.4	4.03	
TR-Umost (0)	TR-Umost/1.400t		- -	1	451.9	451.9	81.8	4.07	
V1	TR-Potoc/1U4/2	70/11a	90	1	155.0	151.3	51.7	2.53	
	TR-Potoc/1U4/1	- " -	- -	2	152.6	148.9	50.9	2.49	
V2	TR-Usadu/1U12/1	120k	85	1	224.7	224.7	89.9	3.32	
	TR-Usadu/1U12/1	- " -	- -	2	224.7	224.7	89.9	3.32	
V3a	U12/1	U11/1	35a	6	1	78.2	78.2	48.9	0.09
V3b	U12/1	U11/2	35a	6	1	51.2	51.2	32.0	0.04
V4	U12/1	U19/1	120k	70	1	160.0	160.0	64.0	1.39
	U12/1	U19/1	- " -	- -	2	160.0	160.0	64.0	1.39
V5	U19/1	U21/1	120k	60	1	20.6	20.6	8.2	0.02
	U19/1	U21/1	- " -	- -	2	20.6	20.6	8.2	0.02
V6a	U19/1	U18/1	70/11a	10	1	176.6	176.6	58.9	0.38
V6b	U19/1	U18/2	25a	10	1	102.2	102.2	81.8	0.38
V7	U1/1	U2/1	25a	132	1	-7.3	-33.0	26.4	0.21
V8	U2/1	U3/1	35a	211	1	-40.3	-91.5	57.2	2.22
V9	U3/1	U4/1	70/11a	85	1	-137.9	-148.9	49.6	2.05
V10	U3/1	U5/1	16a	17	1	35.4	35.4	44.2	0.12
V11	U5/1	U6/1	16a	69	1	20.7	9.8	25.9	0.11
V12	U4/2	U7/1	70/11a	85	1	147.7	118.4	49.2	1.77
V13	U7/1	U8/1	25a	159	1	81.8	50.0	65.4	2.76
V14	U8/1	U9/1	25a	89	1	0.0	0.0	0.0	0.00
V15	U7/1	U10/2	25a	108	1	29.3	0.0	23.4	0.14
V16	U10/3	U11/2	35a	216	1	0.0	-43.9	27.5	0.37
V17	U10/1	U15/1	25a	30	1	-11.0	-11.0	8.8	0.01
V18	U15/1	U16/1	25a	118	1	-22.0	-68.0	54.4	0.97
V19	U16/1	U17/1	25a	91	1	0.0	0.0	0.0	0.00
V20	U16/1	U18/2	25a	83	1	-87.6	-102.2	81.8	2.71
V21	U11/1	U13/1	35a	111	1	65.9	43.9	41.2	0.79
V22	U13/1	U14/1	35a	207	1	36.6	0.0	22.9	0.19
V23	U14/2	TR-Umost/170/11a	146	1	-113.5	-131.8	43.9	2.72	
V24	U18/1	U20/1	70/11a	77	1	169.3	165.7	56.4	2.60
V25	U20/1	U24/1	25a	148	1	83.6	25.6	66.9	1.34
V26	U20/1	U22/1	35a	60	1	82.1	56.4	51.3	0.72
V27	U22/1	U23/1	35a	52	1	0.0	0.0	0.0	0.00
V28	U24/1	U25/1	25a	101	1	18.3	-0.0	14.6	0.05
V29	U14/2	U25/2	25a	40	1	102.5	102.5	82.0	1.53
V30	U25/2	U26/1	25a	121	1	95.2	76.9	76.2	3.26
V31	U26/1	U27/1	16a	53	1	14.6	7.3	18.3	0.04
V32	U26/1	U28/1	25a	105	1	47.6	29.3	38.1	0.61
V33	U28/1	U29/2	25a	64	1	11.0	-0.0	8.8	0.01
V34	U29/1	U30/1	35a	49	1	83.9	72.9	52.4	0.69
V35	U30/1	U31/1	35a	34	1	61.9	61.9	38.7	0.30
V36	TR-Umost/1U32/1	70/11a	40	1	146.2	146.2	48.7	1.03	
V37	U32/1	U33/1	70/11a	90	1	120.5	105.9	40.2	1.37
V38	U33/1	U29/1	25a	101	1	98.5	91.2	78.8	3.32
V39	TR-Umost/1U34/1	70/11a	92	1	170.2	139.1	56.7	2.84	
V40	U34/1	U37/1	16a	45	1	29.3	29.3	36.6	0.22
V41	U37/1	U38/1	16a	70	1	18.3	7.3	22.9	0.08
V42	U34/1	U35/1	25a	172	1	102.5	69.6	82.0	4.55
V43	U35/1	U36/1	25a	161	1	54.9	14.6	43.9	0.79
V44	U31/1	U39/1	35kz	30	1	27.3	27.3	54.6	0.06
	U31/1	U39/1	- " -	- -	2	27.3	27.3	54.6	0.06
V45	U39/1	U40/1	35kz	18	1	35.1	35.1	70.2	0.06

Příloha C Rekonstrukce sítě v obci Kovalovice izolovanými vodiči typu AES

– veškeré parametry a vypočítané hodnoty

ZADANA GLOB. SITOVA DATA:

```
=====
Nazev dat: KOVAES2 Okres: 200 Obec: 0
Komentar: Vymena AES
Odb.jed.: 2.4kW Ucinik: 0.95 Trend: 0.0% Poc.rok: 1 Kon.rok: 5
Unom: 230V Chyba: 0.10A Nakl.ot.st.: 0t.Kc Km: 1.00 Hod.vyp.: 1
```

BILANCE V SITI: KOVAES2; s obec.daty: NO_DAT; poc.zatiz.

```
=====
Souct. odbery v siti: primo zadane: J0:1.kat.: 853.1 A( 233.00j.) 559.2 kW
                                           2.kat.: 78.1 A( 8.00j.) 51.2 kW
                                           3.kat.: 0.0 A( 0.00j.) 0.0 kW
                                           4.kat.: 0.0 A( 0.00j.) 0.0 kW
                                           celk.J0: 931.2 A( 241.00j.) 610.4 kW
                                           VO: 277.7 A( 9 ks.) 182.0 kW
                                           Celkem: 1208.8 A 792.4 kW
                                           zatiz.prip. a DS: 0.0 A 0.0 kW
-----
Celkem: 1208.8 A 792.4 kW
```

Ztraty v transform.: Fe: 2.5 kW; Cu: 7.9 kW; celkem: 10.4 kW;
 Ztraty ve ved.: 25.5 kW; Ztraty celk.: 35.9 kW; tj. 4.53 % celk.odb.;

Roc.nedod.energ.: 0.00 MWh/rok; Prum.zabezpecenost: 1.000000;

STATISTIKA POUZ. PRVKU V SITI: KOVAES2

```
=====
Typ prvku      Poc.tr.stan. Poc.transf. Del.trasy Del.potahu
                 - tras ved. - pot.ved.      [m]      [m]
-----
1x50AES          2          2          115          115
1x70AES          2          2          86          86
1x95AES         26         26         2304         2304
1x120AES        13         13         1207         1207
2x120AES          1          2          90         180
2x120k           1          2          60         120
2x240k           2          4         155         310
1x.400t          3          3          -          -

vse x120AES      14         15         1297         1387

Tr.st.celkem      3          3          -          -
Vedeni celk.     47         51         4017         4322
```

UZLOVE HODN. VYP. SITE : KOVAES2 - pocatec.zatiz.

=====

Komentar:Vymena AES

Nazev bodu	Cislo vnitr.uz.	Red.odb. [A]	Ubytek nap. [V]	Odchylka [%]	Napeti [V]
=====					
TR-Potoc	1		3.66	1.59	249.3
TR-Usadu	1		5.35	2.33	247.7
TR-Umost	1		5.38	2.34	247.6
U1	1		15.86	6.89	237.1
U2	1		15.06	6.55	237.9
U3	1		10.51	4.57	242.5
U4	1		7.30	3.17	245.7
	2		7.33	3.19	245.7
U5	1		10.77	4.68	242.2
U6	1		11.26	4.90	241.7
U7	1		10.30	4.48	242.7
U8	1		13.91	6.05	239.1
U9	1		13.91	6.05	239.1
U10	1		14.41	6.27	238.6
	2		10.69	4.65	242.3
	3		9.82	4.27	243.2
U11	1		8.25	3.59	244.7
	2		8.20	3.56	244.8
U12	1		8.10	3.52	244.9
U13	1		10.26	4.46	242.7
U14	1		11.26	4.90	241.7
	2		10.21	4.44	242.8
U15	1		14.30	6.22	238.7
U16	1		12.65	5.50	240.4
U17	1		12.65	5.50	240.4
U18	1		10.18	4.43	242.8
	2		10.05	4.37	243.0
U19	1		9.71	4.22	243.3
U20	1		13.62	5.92	239.4
U21	1		10.04	4.36	243.0
U22	1		15.02	6.53	238.0
U23	1		15.02	6.53	238.0
U24	1		15.86	6.90	237.1
U25	1		16.15	7.02	236.8
	2		11.31	4.92	241.7
U26	1		14.75	6.41	238.3
U27	1		14.94	6.50	238.1
U28	1		16.11	7.00	236.9
U29	1		12.19	5.30	240.8
	2		16.22	7.05	236.8
U30	1		13.45	5.85	239.6
U31	1		14.15	6.15	238.9
U32	1		6.94	3.02	246.1
U33	1		9.63	4.19	243.4
U34	1		9.29	4.04	243.7
U35	1		13.16	5.72	239.8
U36	1		14.61	6.35	238.4
U37	1		10.09	4.39	242.9
U38	1		10.66	4.63	242.3
U39	1		14.69	6.39	238.3
U40	1		14.90	6.48	238.1

VETVOVE HOD. VYP. SITE : KOVAES2 - pocatec.zatiz.

Komentar:Vymena AES

Nazev ved, tr.	Spojuje body		Typ vedeni	Del. [m]	Vn. cis.	I-zac [A]	I-kon [A]	I/Id [%]	P-ztr [kW]
TR-Potoc (0)	TR-Potoc/1.400t		- -	1	307.6	307.6	55.7	2.34	
TR-Usadu (0)	TR-Usadu/1.400t		- -	1	449.4	449.4	81.4	4.03	
TR-Umost (0)	TR-Umost/1.400t		- -	1	451.9	451.9	81.8	4.07	
V1	TR-Potoc/1U4/2	120AES	90	1	155.0	151.3	62.0	1.63	
	TR-Potoc/1U4/1	- " -	- -	2	152.6	148.9	61.0	1.60	
V2	TR-Usadu/1U12/1	240k	85	1	224.7	224.7	64.2	1.66	
	TR-Usadu/1U12/1	- " -	- -	2	224.7	224.7	64.2	1.66	
V3a	U12/1	U11/1	95AES	6	1	78.1	78.1	34.7	0.04
V3b	U12/1	U11/2	95AES	6	1	51.3	51.3	22.8	0.02
V4	U12/1	U19/1	240k	70	1	160.0	160.0	45.7	0.69
	U12/1	U19/1	- " -	- -	2	160.0	160.0	45.7	0.69
V5	U19/1	U21/1	120k	60	1	20.6	20.6	8.2	0.02
	U19/1	U21/1	- " -	- -	2	20.6	20.6	8.2	0.02
V6a	U19/1	U18/1	120AES	10	1	176.7	176.7	70.7	0.24
V6b	U19/1	U18/2	95AES	10	1	102.2	102.2	45.4	0.10
V7	U1/1	U2/1	95AES	132	1	-7.3	-33.0	14.6	0.06
V8	U2/1	U3/1	95AES	211	1	-40.3	-91.5	40.7	0.93
V9	U3/1	U4/1	120AES	85	1	-137.9	-148.9	59.6	1.32
V10	U3/1	U5/1	70AES	17	1	35.4	35.4	22.1	0.03
V11	U5/1	U6/1	70AES	69	1	20.8	9.8	13.0	0.03
V12	U4/2	U7/1	120AES	85	1	147.7	118.4	59.1	1.14
V13	U7/1	U8/1	95AES	159	1	81.8	50.0	36.3	0.74
V14	U8/1	U9/1	95AES	89	1	0.0	0.0	0.0	0.00
V15	U7/1	U10/2	120AES	108	1	29.3	0.0	11.7	0.03
V16	U10/3	U11/2	95AES	216	1	0.0	-43.9	19.5	0.16
V17	U10/1	U15/1	95AES	30	1	-11.0	-11.0	4.9	0.00
V18	U15/1	U16/1	95AES	118	1	-22.0	-68.0	30.2	0.26
V19	U16/1	U17/1	95AES	91	1	-0.0	-0.0	0.0	0.00
V20	U16/1	U18/2	95AES	83	1	-87.6	-102.2	45.4	0.73
V21	U11/1	U13/1	95AES	111	1	65.9	43.9	29.3	0.33
V22	U13/1	U14/1	95AES	207	1	36.6	-0.0	16.3	0.08
V23	U14/2	TR-Umost/1120AES	146	1	-113.5	-131.8	52.7	1.75	
V24	U18/1	U20/1	120AES	77	1	169.3	165.7	67.7	1.68
V25	U20/1	U24/1	95AES	148	1	83.6	25.6	37.2	0.36
V26	U20/1	U22/1	95AES	60	1	82.1	56.4	36.5	0.30
V27	U22/1	U23/1	95AES	52	1	-0.0	-0.0	0.0	0.00
V28	U24/1	U25/1	95AES	101	1	18.3	-0.0	8.1	0.01
V29	U14/2	U25/2	120AES	40	1	102.5	102.5	41.0	0.33
V30	U25/2	U26/1	95AES	121	1	95.2	76.9	42.3	0.88
V31	U26/1	U27/1	95AES	53	1	14.7	7.3	6.5	0.01
V32	U26/1	U28/1	95AES	105	1	47.6	29.3	21.2	0.16
V33	U28/1	U29/2	95AES	64	1	11.0	-0.0	4.9	0.00
V34	U29/1	U30/1	95AES	49	1	83.9	72.9	37.3	0.29
V35	U30/1	U31/1	95AES	34	1	61.9	61.9	27.5	0.13
V36	TR-Umost/1U32/1	120AES	40	1	146.2	146.2	58.5	0.66	
V37	U32/1	U33/1	120AES	90	1	120.5	105.9	48.2	0.88
V38	U33/1	U29/1	120AES	101	1	98.5	91.2	39.4	0.71
V39	TR-Umost/1U34/1	120AES	92	1	170.3	139.1	68.1	1.83	
V40	U34/1	U37/1	50AES	45	1	29.3	29.3	23.4	0.07
V41	U37/1	U38/1	50AES	70	1	18.3	7.3	14.6	0.03
V42	U34/1	U35/1	120AES	172	1	102.5	69.6	41.0	0.97
V43	U35/1	U36/1	120AES	161	1	54.9	14.6	22.0	0.17
V44	U31/1	U39/1	95AES	30	1	54.6	54.6	24.3	0.09
V45	U39/1	U40/1	95AES	18	1	35.1	35.1	15.6	0.02

Příloha D Rekonstrukce sítě v obci Kovalovice zemními kabe

lky typu AYKY

– veškeré parametry a vypočítané hodnoty

ZADANA GLOB. SITOVA DATA:

Nazev dat: KOVAKAB2 Okres: 200 Obec: 0

Komentar: Vymena Zemni kabel

Odb.jed.: 2.4kW Ucinik: 0.95 Trend: 0.0% Poc.rok: 1 Kon.rok: 5

Unom: 230V Chyba: 0.10A Nakl.ot.st.: 0t.Kc Km: 1.00 Hod.vyp.: 1

BILANCE V SITI: KOVAKAB2; s obec.daty: NO_DAT; poc.zatiz.

Souct. odbery v siti: primo zadane:	J0:1.kat.:	853.1 A(233.00j.)	559.2 kW
	2.kat.:	78.1 A(8.00j.)	51.2 kW
	3.kat.:	0.0 A(0.00j.)	0.0 kW
	4.kat.:	0.0 A(0.00j.)	0.0 kW
	celk.J0:	931.2 A(241.00j.)	610.4 kW
	V0:	277.7 A(9 ks.)	182.0 kW
	Celkem:	1208.8 A	792.4 kW
	zatiz.prip. a DS:	0.0 A	0.0 kW

	Celkem:	1208.8 A	792.4 kW

Ztráty v transform.: Fe: 2.5 kW; Cu: 7.9 kW; celkem: 10.4 kW;
Ztráty ve ved.: 19.9 kW; Ztráty celk.: 30.4 kW; tj. 3.83 % celk.odb.;

Roc.nedod.energ.: 0.00 MWh/rok; Prum.zabezpecenost: 1.000000;

STATISTIKA POUZ. PRVKU V SITI: KOVAKAB2

Typ prvku	Poc.tr.stan. - tras ved.	Poc.transf. - pot.ved.	Del.trasy [m]	Del.potahu [m]
1x50k	4	4	201	201
1x95k	8	8	474	474
1x120k	25	25	2580	2580
2x120k	1	2	60	120
1x240k	6	6	457	457
2x240k	3	6	245	490
1x.400t	3	3	-	-
vse x120k	26	27	2640	2700
vse x240k	9	12	702	947
Tr.st.celkem	3	3	-	-
Vedení celk.	47	51	4017	4322

UZLOVE HODN. VYP. SITE : KOVAKAB2 - pocatec.zatiz.

=====

Komentar:Vymena Zemni kabel

Nazev bodu	Cislo vnitr.uz.	Red.odb. [A]	Ubytek nap. [V]	Odchylka [%]	Napeti [V]
=====					
TR-Potoc	1		3.66	1.59	249.3
TR-Usadu	1		5.35	2.33	247.7
TR-Umost	1		5.38	2.34	247.6
U1	1		11.65	5.07	241.3
U2	1		11.01	4.79	242.0
U3	1		7.35	3.20	245.6
U4	1		5.62	2.44	247.4
	2		5.64	2.45	247.4
U5	1		7.72	3.36	245.3
U6	1		8.40	3.65	244.6
U7	1		7.24	3.15	245.8
U8	1		10.14	4.41	242.9
U9	1		10.14	4.41	242.9
U10	1		13.49	5.86	239.5
	2		7.45	3.24	245.5
	3		9.48	4.12	243.5
U11	1		8.22	3.57	244.8
	2		8.18	3.56	244.8
U12	1		8.10	3.52	244.9
U13	1		9.83	4.27	243.2
U14	1		10.64	4.63	242.4
	2		10.21	4.44	242.8
U15	1		13.40	5.83	239.6
U16	1		12.07	5.25	240.9
U17	1		12.07	5.25	240.9
U18	1		9.96	4.33	243.0
	2		9.98	4.34	243.0
U19	1		9.71	4.22	243.3
U20	1		11.82	5.14	241.2
U21	1		10.04	4.36	243.0
U22	1		12.94	5.63	240.1
U23	1		12.94	5.63	240.1
U24	1		13.62	5.92	239.4
U25	1		13.85	6.02	239.2
	2		11.31	4.92	241.7
U26	1		14.75	6.41	238.3
U27	1		14.94	6.50	238.1
U28	1		16.11	7.00	236.9
U29	1		12.19	5.30	240.8
	2		16.22	7.05	236.8
U30	1		13.45	5.85	239.6
U31	1		14.15	6.15	238.9
U32	1		6.94	3.02	246.1
U33	1		9.63	4.19	243.4
U34	1		7.49	3.26	245.5
U35	1		11.36	4.94	241.6
U36	1		12.81	5.57	240.2
U37	1		8.29	3.61	244.7
U38	1		8.85	3.85	244.1
U39	1		14.69	6.39	238.3
U40	1		14.90	6.48	238.1

VETVOVE HOD. VYP. SITE : KOVAKAB2 - pocatec.zatiz.

Komentar:Vymena Zemni kabel

Nazev ved, tr.	Spojuje body		Typ vedeni	Del. [m]	Vn. cis.	I-zac [A]	I-kon [A]	I/Id [%]	P-ztr [kW]
TR-Potoc (0)		TR-Potoc/1.400t		- -	1	307.5	307.5	55.7	2.34
TR-Usadu (0)		TR-Usadu/1.400t		- -	1	449.4	449.4	81.4	4.03
TR-Umost (0)		TR-Umost/1.400t		- -	1	451.9	451.9	81.8	4.07
V1	TR-Potoc/1U4/2	240k		90	1	155.0	151.3	44.3	0.81
	TR-Potoc/1U4/1	- " -		- -	2	152.5	148.9	43.6	0.80
V2	TR-Usadu/1U12/1	240k		85	1	224.7	224.7	64.2	1.66
	TR-Usadu/1U12/1	- " -		- -	2	224.7	224.7	64.2	1.66
V3a	U12/1	U11/1	120k	6	1	78.1	78.1	31.2	0.03
V3b	U12/1	U11/2	120k	6	1	51.3	51.3	20.5	0.01
V4	U12/1	U19/1	240k	70	1	160.0	160.0	45.7	0.69
	U12/1	U19/1	- " -	- -	2	160.0	160.0	45.7	0.69
V5	U19/1	U21/1	120k	60	1	20.6	20.6	8.2	0.02
	U19/1	U21/1	- " -	- -	2	20.6	20.6	8.2	0.02
V6a	U19/1	U18/1	240k	10	1	176.6	176.6	50.5	0.12
V6b	U19/1	U18/2	120k	10	1	102.2	102.2	40.9	0.08
V7	U1/1	U2/1	120k	132	1	-7.3	-33.0	13.2	0.04
V8	U2/1	U3/1	120k	211	1	-40.3	-91.5	36.6	0.73
V9	U3/1	U4/1	240k	85	1	-137.9	-148.9	42.5	0.66
V10	U3/1	U5/1	50k	17	1	35.4	35.4	28.3	0.04
V11	U5/1	U6/1	50k	69	1	20.7	9.8	16.6	0.04
V12	U4/2	U7/1	240k	85	1	147.7	118.4	42.2	0.57
V13	U7/1	U8/1	120k	159	1	81.8	50.0	32.7	0.59
V14	U8/1	U9/1	120k	89	1	0.0	0.0	0.0	0.00
V15	U7/1	U10/2	240k	108	1	29.3	0.0	8.4	0.01
V16	U10/3	U11/2	120k	216	1	0.0	-43.9	17.6	0.12
V17	U10/1	U15/1	120k	30	1	-11.0	-11.0	4.4	0.00
V18	U15/1	U16/1	120k	118	1	-22.0	-68.0	27.2	0.21
V19	U16/1	U17/1	120k	91	1	0.0	0.0	0.0	0.00
V20	U16/1	U18/2	120k	83	1	-87.6	-102.2	40.9	0.58
V21	U11/1	U13/1	120k	111	1	65.9	43.9	26.4	0.26
V22	U13/1	U14/1	120k	207	1	36.6	-0.0	14.6	0.06
V23	U14/2	TR-Umost/1120k		146	1	-113.5	-131.8	52.7	1.75
V24	U18/1	U20/1	240k	77	1	169.3	165.7	48.4	0.84
V25	U20/1	U24/1	120k	148	1	83.6	25.6	33.4	0.28
V26	U20/1	U22/1	120k	60	1	82.1	56.4	32.8	0.24
V27	U22/1	U23/1	120k	52	1	0.0	0.0	0.0	0.00
V28	U24/1	U25/1	120k	101	1	18.3	0.0	7.3	0.01
V29	U14/2	U25/2	120k	40	1	102.5	102.5	41.0	0.33
V30	U25/2	U26/1	95k	121	1	95.2	76.9	47.6	0.88
V31	U26/1	U27/1	95k	53	1	14.7	7.3	7.3	0.01
V32	U26/1	U28/1	95k	105	1	47.6	29.3	23.8	0.16
V33	U28/1	U29/2	95k	64	1	11.0	0.0	5.5	0.00
V34	U29/1	U30/1	95k	49	1	83.9	72.9	41.9	0.29
V35	U30/1	U31/1	95k	34	1	61.9	61.9	31.0	0.13
V36	TR-Umost/1U32/1	120k		40	1	146.2	146.2	58.5	0.66
V37	U32/1	U33/1	120k	90	1	120.5	105.9	48.2	0.88
V38	U33/1	U29/1	120k	101	1	98.5	91.2	39.4	0.71
V39	TR-Umost/1U34/1	240k		92	1	170.3	139.1	48.6	0.91
V40	U34/1	U37/1	50k	45	1	29.3	29.3	23.4	0.07
V41	U37/1	U38/1	50k	70	1	18.3	7.3	14.6	0.03
V42	U34/1	U35/1	120k	172	1	102.5	69.6	41.0	0.97
V43	U35/1	U36/1	120k	161	1	54.9	14.6	22.0	0.17
V44	U31/1	U39/1	95k	30	1	54.6	54.6	27.3	0.09
V45	U39/1	U40/1	95k	18	1	35.1	35.1	17.5	0.02

Příloha E **Návrh jištění pro rekonstrukci sítě v obci Kovalovice
izolovanými vodiči typu AES výpočetním
programem SICHR 7
– veškeré parametry a vypočítané hodnoty**



Všeobecné informace:

Sít TN, jmenovité napětí AC 230 / 400 V.

K ověření selektivity byly použity údaje výrobce.

K výpočtu byly použity následující normy : ČSN 33 2000-4-41, PNE 33 0000-1, ČSN 33 2000-4-43 a ČSN 33 2000-5-523.

K zobrazení vypínacích charakteristik byly použity údaje výrobce.

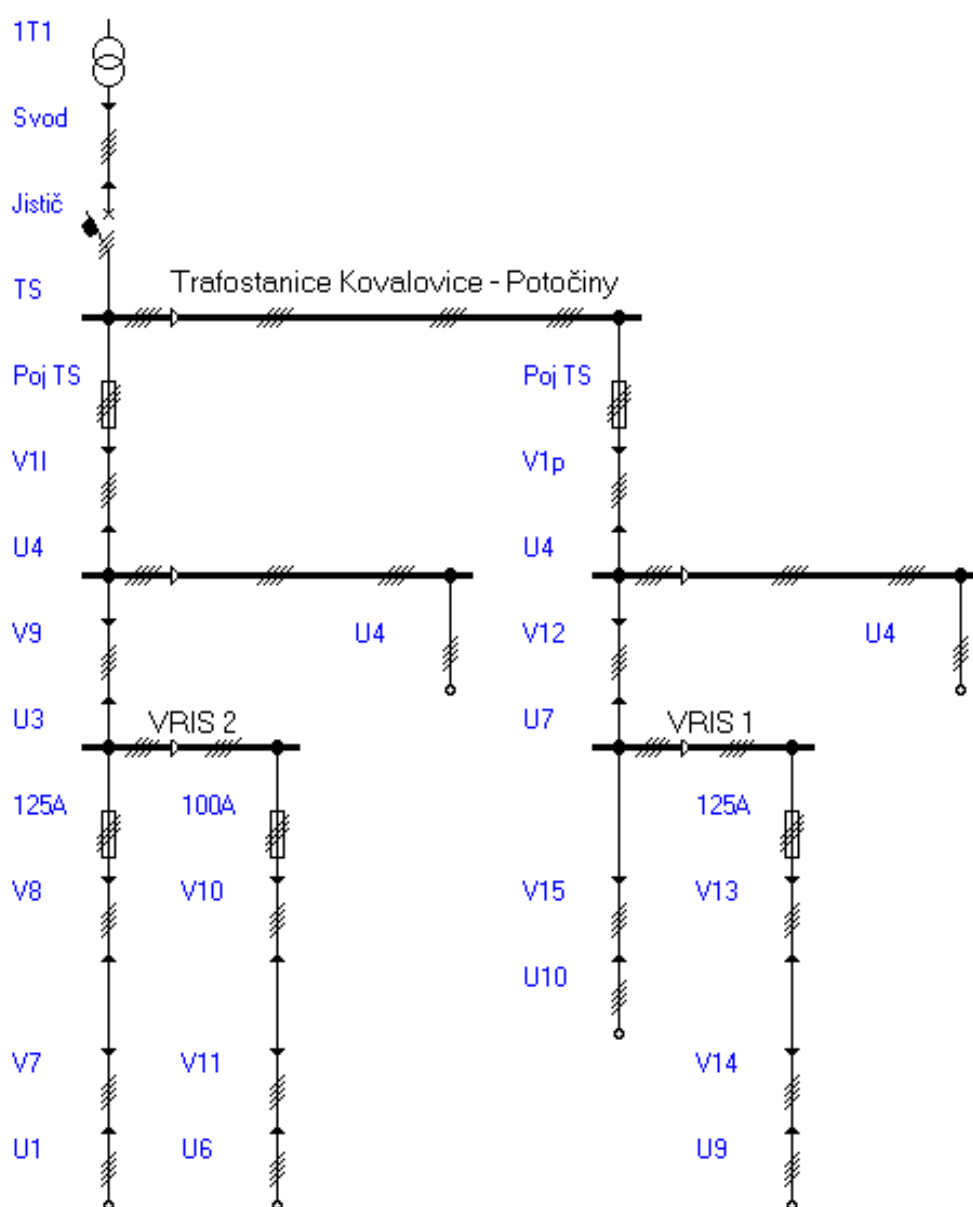
Charakteristiky jsou vedeny v 75% proudového rozptylového pásma podle čl. 433.2N2.2 ČSN 33 2000-4-43.

Pro výpočty zkratů byly použity ČSN EN 60909.

Projekt : KOVALOVICE - TS Potočiny
 Autor : Miroslav Richter, VUT Brno, FEKT



Celkové schéma



Náhled jedné větve:

Projekt : KOVALOVICE - TS Potočiny

Selektivita jištění

Datum : 10.4.2008

KOVALOVICE - Potočiny

Síť TN, $U_n = 230 / 400 \text{ V}$

Zapojení	Přístroj	Poznámka
1T1	aT0354 22/0.42 $I_n = 550 \text{ A}$ $S_r = 400 \text{ kVA}$ $I_k'' = 2.69 \text{ kA}$ $U_2 = 242/420 \text{ V}$ $dU = 0.0 \%$ $u_k = 6 \%$ $i_p = 6.41 \text{ kA}$	$R = 11.6 \text{ m}\Omega$, $X = 89.3 \text{ m}\Omega$ TS Potočiny 400kVA
Svod	3II1-CYKY3x150+70 $I_z = 669.9 \text{ A}$ $t_m = 73^\circ \text{ C}$ $I_k'' = 2.69 \text{ kA}$ $dU = 0.0 \%$ $i_p = 6.37 \text{ kA}$	7 m ve vzduchu (E,F), $R_{20} = 0.292 \text{ m}\Omega$, $X = 0.189 \text{ m}\Omega$ Svod CYKY
Jistič	BH630S-DTVE $I_n = 630 \text{ A}$ $I_r = 550 \text{ A}$ $I_{cu} = 65 \text{ kA}$ $i_p = 6.37 \text{ kA}$	$I_{rm} = 6875 \text{ A}$ Jistič BH630
TS	Sběrnice $B = 1$ $I_k'' = 2.69 \text{ kA}$ $U = 420 \text{ V (} U_n + 5.0\% \text{)}$ $i_p = 6.37 \text{ kA}$	
Poj TS	PHN2qG $I_n = 160 \text{ A}$ $I_1 = 120 \text{ kA}$ Jistič-Poj zaručena plná selektivita	Připojeno pomocí SPF2; Cd/Pb free Pojistka v TS
V1I	1-AES 4x120 $I_z = 215 \text{ A}$ $t_m = 78^\circ \text{ C}$ $I_k'' = 2.36 \text{ kA}$ $dU = 0.0 \%$ $I^2 t < k^2 S^2$ $i_p = 4.50 \text{ kA}$	90 m ve vzduchu (E,F), $R_{20} = 23.2 \text{ m}\Omega$, $X = 7.29 \text{ m}\Omega$ AES 4x120, 90m
U4	Sběrnice $B = 1$ $I_k'' = 2.36 \text{ kA}$ $U = 420 \text{ V (} U_n + 5.0\% \text{)}$ $i_p = 4.50 \text{ kA}$	
V9	1-AES 4x120+25 $I_z = 215 \text{ A}$ $t_m = 78^\circ \text{ C}$ $I_k'' = 2.05 \text{ kA}$ $dU = 0.0 \%$ $I^2 t < k^2 S^2$ $i_p = 3.50 \text{ kA}$	85 m ve vzduchu (E,F), $R_{20} = 21.9 \text{ m}\Omega$, $X = 6.89 \text{ m}\Omega$ AES 4x120+25mm, 85m
U3	Sběrnice $B = 1$ $I_k'' = 2.05 \text{ kA}$ $U = 420 \text{ V (} U_n + 5.0\% \text{)}$ $i_p = 3.50 \text{ kA}$	
125A	PHN2qG $I_n = 125 \text{ A}$ $I_1 = 120 \text{ kA}$ Poj zaručena plná selektivita	Připojeno pomocí SPF2; Cd/Pb free Pojistka VRIS2
V8	1-AES 4x95+25 $I_z = 186 \text{ A}$ $t_m = 67^\circ \text{ C}$ $I_k'' = 1.39 \text{ kA}$ $dU = 0.0 \%$ $I^2 t < k^2 S^2$ $i_p = 2.09 \text{ kA}$	211 m ve vzduchu (E,F), $R_{20} = 68.8 \text{ m}\Omega$, $X = 17.3 \text{ m}\Omega$ AES 4x95+25mm, 211m
V7	1-AES 4x95+25 $I_z = 186 \text{ A}$ $t_m = 67^\circ \text{ C}$ $I_k'' = 1.13 \text{ kA}$ $dU = 0.0 \%$ $I^2 t < k^2 S^2$ $i_p = 1.67 \text{ kA}$	132 m ve vzduchu (E,F), $R_{20} = 43.0 \text{ m}\Omega$, $X = 10.8 \text{ m}\Omega$ AES 4x95+25mm, 132m
U1	Vývod $I = 0 \text{ A}$ $x_B = 0 \text{ A}$ $\cos \phi_i = 0.95$ $I_k'' = 1.13 \text{ kA}$ $R = 169 \text{ m}\Omega$, $X = 132 \text{ m}\Omega$ $I = 0 \text{ A}$ $U = 420 \text{ V (} U_n + 5.0\% \text{)}$ $B = 1$ $i_p = 1.67 \text{ kA}$	

Plná selektivita celého řetězce je zaručena.

Náhled jedné větve:



Projekt : KOVALOVICE - TS Potočiny

Impedanční smyčky

Datum : 10.4.2008

KOVALOVICE - Potočiny

Síť TN, $U_n = 230 / 400 \text{ V}$

Zapojení	Přístroj	Poznámka
1T1	aTO354 22/0.42 $I_n = 550 \text{ A}$ $S_r = 400 \text{ kVA}$ $I_k'' = 2.69 \text{ kA}$ $U_2 = 242/420 \text{ V}$ $i_p = 6.41 \text{ kA}$	$R = 11.6 \text{ m}\Omega$, $X = 89.3 \text{ m}\Omega$ TS Potočiny 400kVA
Svod	3II1-CYKY3x150+70 $I_z = 669.9 \text{ A}$ $t_m = 73^\circ \text{ C}$ $I_k'' = 2.69 \text{ kA}$ $dU = 0.0 \%$ $i_p = 6.37 \text{ kA}$	7 m ve vzduchu (E,F), $R_{20} = 0.292 \text{ m}\Omega$, $X = 0.189 \text{ m}\Omega$ Svod CYKY
Jistič	BH630S-DTVE $I_n = 630 \text{ A}$ $I_r = 550 \text{ A}$ $I_{cu} = 65 \text{ kA}$ $I_{lm} = 6875 \text{ A}$ $Z_s(30s) = 137 \text{ m}\Omega$, $I_a = 1.77 \text{ kA}$ $i_p = 6.37 \text{ kA}$	Jistič BH630
TS	Sběrnice $B = 1$ $I_k'' = 2.69 \text{ kA}$ $U = 420 \text{ V (} U_n + 5.0\% \text{)}$ $i_p = 6.37 \text{ kA}$	O.K. $Z_{sv} < Z_s(30s)$ ($90.6 \text{ m}\Omega < 130 \text{ m}\Omega$)
Poj TS	PHN2qG $I_n = 160 \text{ A}$ $I_l = 120 \text{ kA}$ $Z_s(30s) = 505 \text{ m}\Omega$, $I_a = 482 \text{ A}$ $i_o = 5.91 \text{ kA}$	Připojeno pomocí SPF2; Cd/Pb free Pojistka v TS
V1I	1-AES 4x120 $I_z = 215 \text{ A}$ $t_m = 78^\circ \text{ C}$ $I_k'' = 2.36 \text{ kA}$ $dU = 0.0 \%$ $I^2 t < k^2 S^2$ $i_p = 4.50 \text{ kA}$	O.K. $Z_{sv} < Z_s(30s)$ ($123 \text{ m}\Omega < 480 \text{ m}\Omega$) AES 4x120, 90m
U4	Sběrnice $B = 1$ $I_k'' = 2.36 \text{ kA}$ $U = 420 \text{ V (} U_n + 5.0\% \text{)}$ $i_p = 4.50 \text{ kA}$	O.K. $Z_{sv} < Z_s(30s)$ ($123 \text{ m}\Omega < 480 \text{ m}\Omega$)
V9	1-AES 4x120+25 $I_z = 215 \text{ A}$ $t_m = 78^\circ \text{ C}$ $I_k'' = 2.05 \text{ kA}$ $dU = 0.0 \%$ $I^2 t < k^2 S^2$ $i_p = 3.50 \text{ kA}$	O.K. $Z_{sv} < Z_s(30s)$ ($165 \text{ m}\Omega < 480 \text{ m}\Omega$) AES 4x120+25mm, 85m
U3	Sběrnice $B = 1$ $I_k'' = 2.05 \text{ kA}$ $U = 420 \text{ V (} U_n + 5.0\% \text{)}$ $i_p = 3.50 \text{ kA}$	O.K. $Z_{sv} < Z_s(30s)$ ($165 \text{ m}\Omega < 480 \text{ m}\Omega$)
125A	PHN2qG $I_n = 125 \text{ A}$ $I_l = 120 \text{ kA}$ $Z_s(30s) = 746 \text{ m}\Omega$, $I_a = 326 \text{ A}$ $i_p = 3.50 \text{ kA}$	Připojeno pomocí SPF2; Cd/Pb free Pojistka VRIS2
V8	1-AES 4x95+25 $I_z = 186 \text{ A}$ $t_m = 67^\circ \text{ C}$ $I_k'' = 1.39 \text{ kA}$ $dU = 0.0 \%$ $I^2 t < k^2 S^2$ $i_p = 2.09 \text{ kA}$	O.K. $Z_{sv} < Z_s(30s)$ ($308 \text{ m}\Omega < 709 \text{ m}\Omega$) AES 4x95+25mm, 211m
V7	1-AES 4x95+25 $I_z = 186 \text{ A}$ $t_m = 67^\circ \text{ C}$ $I_k'' = 1.13 \text{ kA}$ $dU = 0.0 \%$ $I^2 t < k^2 S^2$ $i_p = 1.67 \text{ kA}$	O.K. $Z_{sv} < Z_s(30s)$ ($402 \text{ m}\Omega < 709 \text{ m}\Omega$) AES 4x95+25mm, 132m
U1	Vývod $I = 0 \text{ A}$ $x_B = 0 \text{ A}$ $\cos \phi_i = 0.95$ $I_k'' = 1.13 \text{ kA}$ $I = 0 \text{ A}$ $U = 420 \text{ V (} U_n + 5.0\% \text{)}$ $B = 1$ $i_p = 1.67 \text{ kA}$	O.K. $Z_{sv} < Z_s(30s)$ ($402 \text{ m}\Omega < 709 \text{ m}\Omega$)

Náhled jedné větve:



Projekt : KOVALOVICE - TS Potočiny

Vypínací charakteristiky a nastavení spouští

Datum : 10.4.2008

KOVALOVICE - Potočiny

Síť TN, $U_n = 230 / 400 \text{ V}$

Zapojení	Přístroj	Poznámka
1T1	aTO354 22/0.42 $I_n = 550 \text{ A}$ $S_r = 400 \text{ kVA}$ $I_k'' = 2.69 \text{ kA}$ $U_2 = 242/420 \text{ V}$ $dU = 0.0 \%$ $u_k = 6 \%$ $i_p = 6.41 \text{ kA}$	$R = 11.6 \text{ m}\Omega$, $X = 89.3 \text{ m}\Omega$ TS Potočiny 400kVA
Svod	3II1-CYKY3x150+70 $I_z = 669.9 \text{ A}$ $t_m = 73^\circ \text{ C}$ $I_k'' = 2.69 \text{ kA}$ $dU = 0.0 \%$ $i_p = 6.37 \text{ kA}$	7 m ve vzduchu (E,F), $R_{20} = 0.292 \text{ m}\Omega$, $X = 0.189 \text{ m}\Omega$ Svod CYKY
Jistič	BH630S-DTVE $I_n = 630 \text{ A}$ $I_r = 550 \text{ A}$ $I_{cu} = 65 \text{ kA}$ $i_p = 6.37 \text{ kA}$	$I_{rm} = 6875 \text{ A}$ Jistič BH630
TS	Sběrnice $B = 1$ $I_k'' = 2.69 \text{ kA}$ $U = 420 \text{ V (} U_n + 5.0\% \text{)}$ $i_p = 6.37 \text{ kA}$	
Poj TS	PHN2aG $I_n = 160 \text{ A}$ $I_l = 120 \text{ kA}$ $i_o = 5.91 \text{ kA}$	Připojeno pomocí SPF2; Cd/Pb free Pojistka v TS
V11	1-AES 4x120 $I_z = 215 \text{ A}$ $t_m = 78^\circ \text{ C}$ $I_k'' = 2.36 \text{ kA}$ $dU = 0.0 \%$ $I^2 t < k^2 S^2$ $i_p = 4.50 \text{ kA}$	90 m ve vzduchu (E,F), $R_{20} = 23.2 \text{ m}\Omega$, $X = 7.29 \text{ m}\Omega$ AES 4x120, 90m
U4	Sběrnice $B = 1$ $I_k'' = 2.36 \text{ kA}$ $U = 420 \text{ V (} U_n + 5.0\% \text{)}$ $i_p = 4.50 \text{ kA}$	
V9	1-AES 4x120+25 $I_z = 215 \text{ A}$ $t_m = 78^\circ \text{ C}$ $I_k'' = 2.05 \text{ kA}$ $dU = 0.0 \%$ $I^2 t < k^2 S^2$ $i_p = 3.50 \text{ kA}$	85 m ve vzduchu (E,F), $R_{20} = 21.9 \text{ m}\Omega$, $X = 6.89 \text{ m}\Omega$ AES 4x120+25mm, 85m
U3	Sběrnice $B = 1$ $I_k'' = 2.05 \text{ kA}$ $U = 420 \text{ V (} U_n + 5.0\% \text{)}$ $i_p = 3.50 \text{ kA}$	
125A	PHN2aG $I_n = 125 \text{ A}$ $I_l = 120 \text{ kA}$ $i_p = 3.50 \text{ kA}$	Připojeno pomocí SPF2; Cd/Pb free Pojistka VRIS2
V8	1-AES 4x95+25 $I_z = 186 \text{ A}$ $t_m = 67^\circ \text{ C}$ $I_k'' = 1.39 \text{ kA}$ $dU = 0.0 \%$ $I^2 t < k^2 S^2$ $i_p = 2.09 \text{ kA}$	211 m ve vzduchu (E,F), $R_{20} = 68.8 \text{ m}\Omega$, $X = 17.3 \text{ m}\Omega$ AES 4x95+25mm, 211m
V7	1-AES 4x95+25 $I_z = 186 \text{ A}$ $t_m = 67^\circ \text{ C}$ $I_k'' = 1.13 \text{ kA}$ $dU = 0.0 \%$ $I^2 t < k^2 S^2$ $i_p = 1.67 \text{ kA}$	132 m ve vzduchu (E,F), $R_{20} = 43.0 \text{ m}\Omega$, $X = 10.8 \text{ m}\Omega$ AES 4x95+25mm, 132m
U1	Vývod $I = 0 \text{ A}$ $x_B = 0 \text{ A}$ $\cos \varphi_i = 0.95$ $I_k'' = 1.13 \text{ kA}$ $R = 169 \text{ m}\Omega$, $X = 132 \text{ m}\Omega$ $I = 0 \text{ A}$ $U = 420 \text{ V (} U_n + 5.0\% \text{)}$ $B = 1$ $i_p = 1.67 \text{ kA}$	



Projekt : KOVALOVICE - TS Potočiny

Autor : Miroslav Richter, VUT Brno, FEKT

Datum : 10.4.2008

Přehled parametrů a výpočtů (TN, Un = 230 / 400 V)

KOVALOVICE - Potočiny

1T1	aT0354 22/0.42 U2 = 242/420 V Sr = 400 kVA Ik'' = 2.69 kA In = 550 A uk = 6 % ip = 6.41 kA dU = 0.0 % Parametry vn sítě : Sk = 2.77 MVA, X/R = 10 R = 11.6 mΩ, X = 89.3 mΩ TS Potočiny 400kVA
Svod	3II1-CYKY3x150+70 Iz = 669.9 A tm = 73 ° C Ik'' = 2.69 kA dU = 0.0 % ip = 6.37 kA 7 m ve vzduchu (E,F), R20 = 0.292 mΩ, X = 0.189 mΩ Teplota okolí [st. C] : 30 Uspořádání seskupených obvodů : Seskupené ve svazku, zapuštěné nebo uzavřené Způsob uložení : Na vodorovných perforovaných lávkách Počet seskupených obvodů : 3 Svod CYKY
Jistič	BH630S-DTVE In = 630 A Ir = 550 A Icu = 65 kA ip = 6.37 kA Irm = 6875 A Zs(30s) = 137 mΩ, Ia = 1.77 kA Jistič BH630
TS	Sběrnice B = 1 Ik'' = 2.69 kA U = 420 V (Un + 5.0%) ip = 6.37 kA O.K. Zsv < Zs(30s) (90.6 mΩ < 130 mΩ)
Poj TS	PHN2qG In = 160 A I1 = 120 kA io = 5.91 kA Připojeno pomocí SPF2; Cd/Pb free Zs(30s) = 505 mΩ, Ia = 482 A Jistič-Poj zaručena plná selektivita Pojistka v TS
V1I	1-AES 4x120 Iz = 215 A tm = 78 ° C Ik'' = 2.36 kA dU = 0.0 % I2t < k2S2 ip = 4.50 kA 90 m ve vzduchu (E,F), R20 = 23.2 mΩ, X = 7.29 mΩ O.K. Zsv < Zs(30s) (123 mΩ < 480 mΩ) Teplota okolí [st. C] : 30 Uspořádání seskupených obvodů : Seskupené ve svazku, zapuštěné nebo uzavřené Způsob uložení : Na vodorovných perforovaných lávkách Počet seskupených obvodů : 1 AES 4x120, 90m
U4	Sběrnice B = 1 Ik'' = 2.36 kA U = 420 V (Un + 5.0%) ip = 4.50 kA O.K. Zsv < Zs(30s) (123 mΩ < 480 mΩ)
V9	1-AES 4x120+25 Iz = 215 A tm = 78 ° C Ik'' = 2.05 kA dU = 0.0 % I2t < k2S2 ip = 3.50 kA 85 m ve vzduchu (E,F), R20 = 21.9 mΩ, X = 6.89 mΩ O.K. Zsv < Zs(30s) (165 mΩ < 480 mΩ) Teplota okolí [st. C] : 30 Uspořádání seskupených obvodů : Seskupené ve svazku, zapuštěné nebo uzavřené Způsob uložení : Na vodorovných perforovaných lávkách Počet seskupených obvodů : 1 AES 4x120+25mm, 85m
U3	Sběrnice B = 1 Ik'' = 2.05 kA U = 420 V (Un + 5.0%) ip = 3.50 kA O.K. Zsv < Zs(30s) (165 mΩ < 480 mΩ)
125A	PHN2qG In = 125 A I1 = 120 kA Poj zaručena plná selektivita ip = 3.50 kA Připojeno pomocí SPF2; Cd/Pb free Zs(30s) = 746 mΩ, Ia = 326 A Pojistka VRIS2
V8	1-AES 4x95+25 Iz = 186 A tm = 67 ° C Ik'' = 1.39 kA dU = 0.0 % I2t < k2S2 ip = 2.09 kA 211 m ve vzduchu (E,F), R20 = 68.8 mΩ, X = 17.3 mΩ O.K. Zsv < Zs(30s) (308 mΩ < 709 mΩ) Teplota okolí [st. C] : 30 Uspořádání seskupených obvodů : Seskupené ve svazku, zapuštěné nebo uzavřené Způsob uložení : Na vodorovných perforovaných lávkách Počet seskupených obvodů : 1

				AES 4x95+25mm, 211m
V7	1-AES 4x95+25 I _z = 186 A t _m = 67 ° C dU = 0.0 % I _{2t} < k2S2	I _k " = 1.13 kA i _p = 1.67 kA	132 m ve vzduchu (E,F), R ₂₀ = 43.0 mΩhm, X = 10.8 mΩhm O.K. Z _{sv} < Z _s (30s) (402 mΩhm < 709 mΩhm) Teplota okolí [st. C] : 30 Uspořádání seskupených obvodů : Seskupené ve svazku, zapuštěné nebo uzavřené Způsob uložení : Na vodorovných perforovaných lávkách Počet seskupených obvodů : 1 AES 4x95+25mm, 132m	
U1	Vývod I = 0 A xB = 0 A cos φ = 0.95 I = 0 A B = 1 U = 420 V (U _n + 5.0%)	I _k " = 1.13 kA i _p = 1.67 kA	R = 169 mΩhm, X = 132 mΩhm O.K. Z _{sv} < Z _s (30s) (402 mΩhm < 709 mΩhm)	
100A	PHN2qG I _n = 100 A Poj zaručena plná selektivita	I _l = 120 kA i _p = 3.50 kA	Připojeno pomocí SPF2; Cd/Pb free Z _s (30s) = 907 mΩhm, I _a = 268 A Pojistka VRIS2	
V10	1-AES 4x70+25 I _z = 150 A t _m = 68 ° C dU = 0.0 % I _{2t} < k2S2	I _k " = 1.97 kA i _p = 3.27 kA	17 m ve vzduchu (E,F), R ₂₀ = 7.52 mΩhm, X = 1.43 mΩhm O.K. Z _{sv} < Z _s (30s) (178 mΩhm < 862 mΩhm) Teplota okolí [st. C] : 30 Uspořádání seskupených obvodů : Seskupené ve svazku, zapuštěné nebo uzavřené Způsob uložení : Na vodorovných perforovaných lávkách Počet seskupených obvodů : 1 AES 4x70+25mm, 17m	
V11	1-AES 4x70+25 I _z = 150 A t _m = 68 ° C dU = 0.0 % I _{2t} < k2S2	I _k " = 1.66 kA i _p = 2.57 kA	69 m ve vzduchu (E,F), R ₂₀ = 30.5 mΩhm, X = 5.80 mΩhm O.K. Z _{sv} < Z _s (30s) (239 mΩhm < 862 mΩhm) Teplota okolí [st. C] : 30 Uspořádání seskupených obvodů : Seskupené ve svazku, zapuštěné nebo uzavřené Způsob uložení : Na vodorovných perforovaných lávkách Počet seskupených obvodů : 1 AES 4x70+25mm, 69m	
U6	Vývod I = 0 A xB = 0 A cos φ = 0.95 I = 0 A B = 1 U = 420 V (U _n + 5.0%)	I _k " = 1.66 kA i _p = 2.57 kA	R = 95.1 mΩhm, X = 111 mΩhm O.K. Z _{sv} < Z _s (30s) (239 mΩhm < 862 mΩhm)	
U4	Vývod I = 0 A xB = 0 A cos φ = 0.95 I = 0 A B = 1 U = 420 V (U _n + 5.0%)	I _k " = 2.36 kA i _p = 4.50 kA	R = 35.1 mΩhm, X = 96.8 mΩhm O.K. Z _{sv} < Z _s (30s) (123 mΩhm < 480 mΩhm)	
Poj TS	PHN2qG I _n = 160 A	I _l = 120 kA i _o = 5.91 kA	Připojeno pomocí SPF2; Cd/Pb free Z _s (30s) = 505 mΩhm, I _a = 482 A Jistič-Poj zaručena plná selektivita Pojistka v TS	
V1p	1-AES 4x120+25 I _z = 215 A t _m = 78 ° C dU = 0.0 % I _{2t} < k2S2	I _k " = 2.36 kA i _p = 4.50 kA	90 m ve vzduchu (E,F), R ₂₀ = 23.2 mΩhm, X = 7.29 mΩhm O.K. Z _{sv} < Z _s (30s) (123 mΩhm < 480 mΩhm) Teplota okolí [st. C] : 30 Uspořádání seskupených obvodů : Seskupené ve svazku, zapuštěné nebo uzavřené Způsob uložení : Na vodorovných perforovaných lávkách Počet seskupených obvodů : 1 AES 4x120+25mm, 90m	
U4	Sběrnice B = 1 U = 420 V (U _n + 5.0%)	I _k " = 2.36 kA i _p = 4.50 kA	O.K. Z _{sv} < Z _s (30s) (123 mΩhm < 480 mΩhm)	
V12	1-AES 4x120+25 I _z = 215 A t _m = 78 ° C dU = 0.0 % I _{2t} < k2S2	I _k " = 2.05 kA i _p = 3.50 kA	85 m ve vzduchu (E,F), R ₂₀ = 21.9 mΩhm, X = 6.89 mΩhm O.K. Z _{sv} < Z _s (30s) (165 mΩhm < 480 mΩhm)	

				Teplota okolí [st. C] : 30 Uspořádání seskupených obvodů : Seskupené ve svazku, zapuštěné nebo uzavřené Způsob uložení : Na vodorovných perforovaných lávkách Počet seskupených obvodů : 1 AES 4x120+25mm, 85m
U7	Sběrnice $B = 1$ $U = 420 \text{ V (} U_n + 5.0\% \text{)}$	$I_k'' = 2.05 \text{ kA}$ $i_p = 3.50 \text{ kA}$		$O.K. Z_{sv} < Z_s(30s) \text{ (} 165 \text{ m}\Omega\text{hm} < 480 \text{ m}\Omega\text{hm) }$
V15	1-AES 4x120+25 $I_z = 215 \text{ A}$ $dU = 0.0 \%$ $t_m = 78^\circ \text{ C}$ $I_{2t} < k2S2$	$I_k'' = 1.72 \text{ kA}$ $i_p = 2.73 \text{ kA}$		108 m ve vzduchu (E,F), $R_{20} = 27.9 \text{ m}\Omega\text{hm}$, $X = 8.75 \text{ m}\Omega\text{hm}$ $O.K. Z_{sv} < Z_s(30s) \text{ (} 224 \text{ m}\Omega\text{hm} < 480 \text{ m}\Omega\text{hm) }$ Teplota okolí [st. C] : 30 Uspořádání seskupených obvodů : Seskupené ve svazku, zapuštěné nebo uzavřené Způsob uložení : Na vodorovných perforovaných lávkách Počet seskupených obvodů : 1 AES 4x120+25mm, 108m
U10	Vývod $I = 0 \text{ A}$ $I = 0 \text{ A}$ $U = 420 \text{ V (} U_n + 5.0\% \text{)}$ $\cos \phi_i = 0.95$ $B = 1$	$I_k'' = 1.72 \text{ kA}$ $i_p = 2.73 \text{ kA}$		$R = 84.9 \text{ m}\Omega\text{hm}$, $X = 112 \text{ m}\Omega\text{hm}$ $O.K. Z_{sv} < Z_s(30s) \text{ (} 224 \text{ m}\Omega\text{hm} < 480 \text{ m}\Omega\text{hm) }$
125A	PHN2qG $I_n = 125 \text{ A}$ Poj zaručena plná selektivita	$I_l = 120 \text{ kA}$ $i_p = 3.50 \text{ kA}$		Připojeno pomocí SPF2: Cd/Pb free $Z_s(30s) = 746 \text{ m}\Omega\text{hm}$, $I_a = 326 \text{ A}$ Pojistka VRIS1
V13	1-AES 4x95+25 $I_z = 186 \text{ A}$ $dU = 0.0 \%$ $t_m = 67^\circ \text{ C}$ $I_{2t} < k2S2$	$I_k'' = 1.52 \text{ kA}$ $i_p = 2.32 \text{ kA}$		159 m ve vzduchu (E,F), $R_{20} = 51.8 \text{ m}\Omega\text{hm}$, $X = 13.0 \text{ m}\Omega\text{hm}$ $O.K. Z_{sv} < Z_s(30s) \text{ (} 271 \text{ m}\Omega\text{hm} < 709 \text{ m}\Omega\text{hm) }$ Teplota okolí [st. C] : 30 Uspořádání seskupených obvodů : Seskupené ve svazku, zapuštěné nebo uzavřené Způsob uložení : Na vodorovných perforovaných lávkách Počet seskupených obvodů : 1 AES 4x95+25mm, 159m
V14	1-AES 4x95+25 $I_z = 186 \text{ A}$ $dU = 0.0 \%$ $t_m = 67^\circ \text{ C}$ $I_{2t} < k2S2$	$I_k'' = 1.31 \text{ kA}$ $i_p = 1.95 \text{ kA}$		89 m ve vzduchu (E,F), $R_{20} = 29.0 \text{ m}\Omega\text{hm}$, $X = 7.30 \text{ m}\Omega\text{hm}$ $O.K. Z_{sv} < Z_s(30s) \text{ (} 334 \text{ m}\Omega\text{hm} < 709 \text{ m}\Omega\text{hm) }$ Teplota okolí [st. C] : 30 Uspořádání seskupených obvodů : Seskupené ve svazku, zapuštěné nebo uzavřené Způsob uložení : Na vodorovných perforovaných lávkách Počet seskupených obvodů : 1 AES 4x95+25mm, 89m
U9	Vývod $I = 0 \text{ A}$ $I = 0 \text{ A}$ $U = 420 \text{ V (} U_n + 5.0\% \text{)}$ $\cos \phi_i = 0.95$ $B = 1$	$I_k'' = 1.31 \text{ kA}$ $i_p = 1.95 \text{ kA}$		$R = 138 \text{ m}\Omega\text{hm}$, $X = 124 \text{ m}\Omega\text{hm}$ $O.K. Z_{sv} < Z_s(30s) \text{ (} 334 \text{ m}\Omega\text{hm} < 709 \text{ m}\Omega\text{hm) }$
U4	Vývod $I = 0 \text{ A}$ $I = 0 \text{ A}$ $U = 420 \text{ V (} U_n + 5.0\% \text{)}$ $\cos \phi_i = 0.95$ $B = 1$	$I_k'' = 2.36 \text{ kA}$ $i_p = 4.50 \text{ kA}$		$R = 35.1 \text{ m}\Omega\text{hm}$, $X = 96.8 \text{ m}\Omega\text{hm}$ $O.K. Z_{sv} < Z_s(30s) \text{ (} 123 \text{ m}\Omega\text{hm} < 480 \text{ m}\Omega\text{hm) }$

Náhled jedné větve:



Projekt : KOVALOVICE - TS U sadu

Selektivita jištění

Datum : 28.3.2008

KOVALOVICE - U Sadu

Síť TN, $U_n = 230 / 400 \text{ V}$

Zapojení	Přístroj	Poznámka
1T1	aTO354 22/0.42 $I_n = 550 \text{ A}$ $S_r = 400 \text{ kVA}$ $I_k'' = 2.69 \text{ kA}$ $U_2 = 242/420 \text{ V}$ $dU = 0.0 \%$ $u_k = 6 \%$ $i_p = 6.41 \text{ kA}$	$R = 11.6 \text{ m}\Omega$, $X = 89.3 \text{ m}\Omega$ TS U sadu 400kVA
Svod	3II1-CYKY3x150+70 $I_z = 669.9 \text{ A}$ $t_m = 73^\circ \text{ C}$ $I_k'' = 2.69 \text{ kA}$ $dU = 0.0 \%$ $i_p = 6.37 \text{ kA}$	7 m ve vzduchu (E,F), $R_{20} = 0.292 \text{ m}\Omega$, $X = 0.189 \text{ m}\Omega$ Svod CYKY
Jistič	BH630S-DTVE $I_n = 630 \text{ A}$ $I_r = 550 \text{ A}$ $I_{cu} = 65 \text{ kA}$ $i_p = 6.37 \text{ kA}$	$I_{rm} = 6875 \text{ A}$ Jistič BH630
TS	Sběrnice $B = 1$ $I_k'' = 2.69 \text{ kA}$ $U = 420 \text{ V (} U_n + 5.0\% \text{)}$ $i_p = 6.37 \text{ kA}$	
Poj.TS	PHN2qG $I_n = 315 \text{ A}$ $I_l = 120 \text{ kA}$ Jistič-Poj.TS zaručena plná selektivita	Připojeno pomocí SPF2; Cd/Pb free Pojistka TS
V2	2II1-AYKY 3x240+120 $I_z = 367.6 \text{ A}$ $t_m = 105^\circ \text{ C}$ $I_k'' = 2.56 \text{ kA}$ $dU = 0.0 \%$ $i_p = 5.73 \text{ kA}$	85 m v zemi (D), $R_{20} = 5.48 \text{ m}\Omega$, $X = 3.44 \text{ m}\Omega$ AYKY 3x240+120mm, 85m
U12	Sběrnice $B = 1$ $I_k'' = 2.56 \text{ kA}$ $U = 420 \text{ V (} U_n + 5.0\% \text{)}$ $i_p = 5.73 \text{ kA}$	
250A	PHN2qG $I_n = 250 \text{ A}$ $I_l = 120 \text{ kA}$ Poj.TS-250A zaručena plná selektivita	Připojeno pomocí SPF2; Cd/Pb free Pojistka SR9-F6
V4	2II1-AYKY 3x240+120 $I_z = 367.6 \text{ A}$ $t_m = 62^\circ \text{ C}$ $I_k'' = 2.47 \text{ kA}$ $dU = 0.0 \%$ $i_p = 5.28 \text{ kA}$	70 m v zemi (D), $R_{20} = 4.51 \text{ m}\Omega$, $X = 2.84 \text{ m}\Omega$ AYKY 3x240+120mm, 70m
U19	Sběrnice $B = 1$ $I_k'' = 2.47 \text{ kA}$ $U = 420 \text{ V (} U_n + 5.0\% \text{)}$ $i_p = 5.28 \text{ kA}$	
160A	PHN2qG $I_n = 160 \text{ A}$ $I_l = 120 \text{ kA}$ 250A-160A zaručena plná selektivita	Připojeno pomocí SPF2; Cd/Pb free Pojistka SR9-F6
V6a	1-AES 4x120+25 $I_z = 215 \text{ A}$ $t_m = 78^\circ \text{ C}$ $I_k'' = 2.43 \text{ kA}$ $dU = 0.0 \%$ $i^2 t < k^2 S^2$ $i_p = 5.09 \text{ kA}$	10 m ve vzduchu (E,F), $R_{20} = 2.58 \text{ m}\Omega$, $X = 0.810 \text{ m}\Omega$ AES 4x120+25mm, 10m
V24	1-AES 4x120+25 $I_z = 215 \text{ A}$ $t_m = 78^\circ \text{ C}$ $I_k'' = 2.17 \text{ kA}$ $dU = 0.0 \%$ $i^2 t < k^2 S^2$ $i_p = 3.95 \text{ kA}$	77 m ve vzduchu (E,F), $R_{20} = 19.9 \text{ m}\Omega$, $X = 6.24 \text{ m}\Omega$ AES 4x120+25mm, 77m
U20	Sběrnice $B = 1$ $I_k'' = 2.17 \text{ kA}$ $U = 420 \text{ V (} U_n + 5.0\% \text{)}$ $i_p = 3.95 \text{ kA}$	
125A	PHN2qG $I_n = 125 \text{ A}$ $I_l = 120 \text{ kA}$ 160A-125A zaručena plná selektivita	Připojeno pomocí SPF2; Cd/Pb free Pojistka VR1S2
V25	1-AES 4x95+25 $I_z = 186 \text{ A}$ $t_m = 67^\circ \text{ C}$ $I_k'' = 1.64 \text{ kA}$ $dU = 0.0 \%$ $i^2 t < k^2 S^2$ $i_p = 2.57 \text{ kA}$	148 m ve vzduchu (E,F), $R_{20} = 48.2 \text{ m}\Omega$, $X = 12.1 \text{ m}\Omega$ AES 4x95+25mm, 148m
V28	1-AES 4x95+25 $I_z = 186 \text{ A}$ $t_m = 67^\circ \text{ C}$ $I_k'' = 1.38 \text{ kA}$ $dU = 0.0 \%$ $i^2 t < k^2 S^2$ $i_p = 2.08 \text{ kA}$	101 m ve vzduchu (E,F), $R_{20} = 32.9 \text{ m}\Omega$, $X = 8.28 \text{ m}\Omega$ AES 4x95+25mm, 101m
U25	Vývod $I = 0 \text{ A}$ $x_B = 0 \text{ A}$ $\cos \varphi_i = 0.95$ $I_k'' = 1.38 \text{ kA}$ $I = 0 \text{ A}$ $U = 420 \text{ V (} U_n + 5.0\% \text{)}$ $B = 1$ $i_p = 2.08 \text{ kA}$	$R = 126 \text{ m}\Omega$, $X = 123 \text{ m}\Omega$

Plná selektivita celého řetězce je zaručena.

Náhled jedné větve:

OEZ

Projekt : KOVALOVICE - TS U sadu
Impedanční smyčky

Datum : 28.3.2008

KOVALOVICE - U Sadu

Síť TN, $U_n = 230 / 400 \text{ V}$

Zapojení	Přístroj	Poznámka
1T1	aT0354 22/0.42 $I_n = 550 \text{ A}$ $S_r = 400 \text{ kVA}$ $I_k'' = 2.69 \text{ kA}$ $U_2 = 242/420 \text{ V}$ $i_p = 6.41 \text{ kA}$	$R = 11.6 \text{ m}\Omega$, $X = 89.3 \text{ m}\Omega$ TS U sadu 400kVA
Svod	3II1-CYKY 3x150+70 $I_z = 669.9 \text{ A}$ $t_m = 73^\circ \text{ C}$ $I_k'' = 2.69 \text{ kA}$ $dU = 0.0 \%$ $i_p = 6.37 \text{ kA}$	7 m ve vzduchu (E,F), $R_{20} = 0.292 \text{ m}\Omega$, $X = 0.189 \text{ m}\Omega$ Svod CYKY
Jistič	BH630S-DTVE $I_n = 630 \text{ A}$ $I_r = 550 \text{ A}$ $I_{cu} = 65 \text{ kA}$ $I_{rm} = 6875 \text{ A}$ $Z_s(30s) = 137 \text{ m}\Omega$, $I_a = 1.77 \text{ kA}$ $i_p = 6.37 \text{ kA}$	Jistič BH630
TS	Sběrnice $B = 1$ $I_k'' = 2.69 \text{ kA}$ $U = 420 \text{ V (} U_n + 5.0\% \text{)}$ $i_p = 6.37 \text{ kA}$	O.K. $Z_{sv} < Z_s(30s)$ ($90.6 \text{ m}\Omega < 130 \text{ m}\Omega$)
Poj.TS	PHN2qG $I_n = 315 \text{ A}$ $I_1 = 120 \text{ kA}$ $Z_s(30s) = 203 \text{ m}\Omega$, $I_a = 1.20 \text{ kA}$ $i_p = 6.37 \text{ kA}$	Připojeno pomocí SPF2; Cd/Pb free Pojistka TS
V2	2II1-AYKY 3x240+120 $I_z = 367.6 \text{ A}$ $t_m = 105^\circ \text{ C}$ $I_k'' = 2.56 \text{ kA}$ $dU = 0.0 \%$ $i_p = 5.73 \text{ kA}$	O.K. $Z_{sv} < Z_s(30s)$ ($102 \text{ m}\Omega < 193 \text{ m}\Omega$) AYKY 3x240+120mm, 85m
U12	Sběrnice $B = 1$ $I_k'' = 2.56 \text{ kA}$ $U = 420 \text{ V (} U_n + 5.0\% \text{)}$ $i_p = 5.73 \text{ kA}$	O.K. $Z_{sv} < Z_s(30s)$ ($102 \text{ m}\Omega < 193 \text{ m}\Omega$)
250A	PHN2qG $I_n = 250 \text{ A}$ $I_1 = 120 \text{ kA}$ $Z_s(30s) = 306 \text{ m}\Omega$, $I_a = 794 \text{ A}$ $i_p = 5.73 \text{ kA}$	Připojeno pomocí SPF2; Cd/Pb free Pojistka SR9-F6
V4	2II1-AYKY 3x240+120 $I_z = 367.6 \text{ A}$ $t_m = 62^\circ \text{ C}$ $I_k'' = 2.47 \text{ kA}$ $dU = 0.0 \%$ $i_p = 5.28 \text{ kA}$	O.K. $Z_{sv} < Z_s(30s)$ ($112 \text{ m}\Omega < 291 \text{ m}\Omega$) AYKY 3x240+120mm, 70m
U19	Sběrnice $B = 1$ $I_k'' = 2.47 \text{ kA}$ $U = 420 \text{ V (} U_n + 5.0\% \text{)}$ $i_p = 5.28 \text{ kA}$	O.K. $Z_{sv} < Z_s(30s)$ ($112 \text{ m}\Omega < 291 \text{ m}\Omega$)
160A	PHN2qG $I_n = 160 \text{ A}$ $I_1 = 120 \text{ kA}$ $Z_s(30s) = 505 \text{ m}\Omega$, $I_a = 482 \text{ A}$ $i_p = 5.28 \text{ kA}$	Připojeno pomocí SPF2; Cd/Pb free Pojistka SR9-F6
V6a	1-AES 4x120+25 $I_z = 215 \text{ A}$ $t_m = 78^\circ \text{ C}$ $I_k'' = 2.43 \text{ kA}$ $dU = 0.0 \%$ $I^2t < k^2S^2$ $i_p = 5.09 \text{ kA}$	O.K. $Z_{sv} < Z_s(30s)$ ($116 \text{ m}\Omega < 480 \text{ m}\Omega$) AES 4x120+25mm, 10m
V24	1-AES 4x120+25 $I_z = 215 \text{ A}$ $t_m = 78^\circ \text{ C}$ $I_k'' = 2.17 \text{ kA}$ $dU = 0.0 \%$ $I^2t < k^2S^2$ $i_p = 3.95 \text{ kA}$	O.K. $Z_{sv} < Z_s(30s)$ ($152 \text{ m}\Omega < 480 \text{ m}\Omega$) AES 4x120+25mm, 77m
U20	Sběrnice $B = 1$ $I_k'' = 2.17 \text{ kA}$ $U = 420 \text{ V (} U_n + 5.0\% \text{)}$ $i_p = 3.95 \text{ kA}$	O.K. $Z_{sv} < Z_s(30s)$ ($152 \text{ m}\Omega < 480 \text{ m}\Omega$)
125A	PHN2qG $I_n = 125 \text{ A}$ $I_1 = 120 \text{ kA}$ $Z_s(30s) = 746 \text{ m}\Omega$, $I_a = 326 \text{ A}$ $i_p = 3.95 \text{ kA}$	Připojeno pomocí SPF2; Cd/Pb free Pojistka VRIS2
V25	1-AES 4x95+25 $I_z = 186 \text{ A}$ $t_m = 67^\circ \text{ C}$ $I_k'' = 1.64 \text{ kA}$ $dU = 0.0 \%$ $I^2t < k^2S^2$ $i_p = 2.57 \text{ kA}$	O.K. $Z_{sv} < Z_s(30s)$ ($247 \text{ m}\Omega < 709 \text{ m}\Omega$) AES 4x95+25mm, 148m
V28	1-AES 4x95+25 $I_z = 186 \text{ A}$ $t_m = 67^\circ \text{ C}$ $I_k'' = 1.38 \text{ kA}$ $dU = 0.0 \%$ $I^2t < k^2S^2$ $i_p = 2.08 \text{ kA}$	O.K. $Z_{sv} < Z_s(30s)$ ($318 \text{ m}\Omega < 709 \text{ m}\Omega$) AES 4x95+25mm, 101m
U25	Vývod $I = 0 \text{ A}$ $x_B = 0 \text{ A}$ $\cos \phi_i = 0.95$ $I_k'' = 1.38 \text{ kA}$ $I = 0 \text{ A}$ $U = 420 \text{ V (} U_n + 5.0\% \text{)}$ $B = 1$ $i_p = 2.08 \text{ kA}$	O.K. $Z_{sv} < Z_s(30s)$ ($318 \text{ m}\Omega < 709 \text{ m}\Omega$)

Náhled jedné větve:



Projekt : KOVALOVICE - TS U sadu

Vypínací charakteristiky a nastavení spouští

Datum : 28.3.2008

KOVALOVICE - U Sadu

Síť TN, $U_n = 230 / 400 \text{ V}$

Zapojení	Přístroj	Poznámka
1T1	aTO354 22/0.42 $I_n = 550 \text{ A}$ $S_r = 400 \text{ kVA}$ $I_k'' = 2.69 \text{ kA}$ $U_2 = 242/420 \text{ V}$ $dU = 0.0 \%$ $u_k = 6 \%$ $i_p = 6.41 \text{ kA}$	$R = 11.6 \text{ m}\Omega$, $X = 89.3 \text{ m}\Omega$ TS U sadu 400kVA
Svod	3II1-CYKY3x150+70 $I_z = 669.9 \text{ A}$ $t_m = 73^\circ \text{ C}$ $I_k'' = 2.69 \text{ kA}$ $dU = 0.0 \%$ $i_p = 6.37 \text{ kA}$	7 m ve vzduchu (E,F), $R_{20} = 0.292 \text{ m}\Omega$, $X = 0.189 \text{ m}\Omega$ Svod CYKY
Jistič	BH630S-DTVE $I_n = 630 \text{ A}$ $I_r = 550 \text{ A}$ $I_{cu} = 65 \text{ kA}$ $I_{rm} = 6875 \text{ A}$ $i_p = 6.37 \text{ kA}$	Jistič BH630
TS	Sběrnice $B = 1$ $I_k'' = 2.69 \text{ kA}$ $U = 420 \text{ V (} U_n + 5.0\% \text{)}$ $i_p = 6.37 \text{ kA}$	
Poj.TS	PHN2qG $I_n = 315 \text{ A}$ $I_l = 120 \text{ kA}$ $i_p = 6.37 \text{ kA}$	Připojeno pomocí SPF2; Cd/Pb free Pojistka TS
V2	2II1-AYKY 3x240+120 $I_z = 367.6 \text{ A}$ $t_m = 105^\circ \text{ C}$ $I_k'' = 2.56 \text{ kA}$ $dU = 0.0 \%$ $i_p = 5.73 \text{ kA}$	85 m v zemi (D), $R_{20} = 5.48 \text{ m}\Omega$, $X = 3.44 \text{ m}\Omega$ AYKY 3x240+120mm, 85m
U12	Sběrnice $B = 1$ $I_k'' = 2.56 \text{ kA}$ $U = 420 \text{ V (} U_n + 5.0\% \text{)}$ $i_p = 5.73 \text{ kA}$	
250A	PHN2qG $I_n = 250 \text{ A}$ $I_l = 120 \text{ kA}$ $i_p = 5.73 \text{ kA}$	Připojeno pomocí SPF2; Cd/Pb free Pojistka SR9-F6
V4	2II1-AYKY 3x240+120 $I_z = 367.6 \text{ A}$ $t_m = 62^\circ \text{ C}$ $I_k'' = 2.47 \text{ kA}$ $dU = 0.0 \%$ $i_p = 5.28 \text{ kA}$	70 m v zemi (D), $R_{20} = 4.51 \text{ m}\Omega$, $X = 2.84 \text{ m}\Omega$ AYKY 3x240+120mm, 70m
U19	Sběrnice $B = 1$ $I_k'' = 2.47 \text{ kA}$ $U = 420 \text{ V (} U_n + 5.0\% \text{)}$ $i_p = 5.28 \text{ kA}$	
160A	PHN2qG $I_n = 160 \text{ A}$ $I_l = 120 \text{ kA}$ $i_p = 5.28 \text{ kA}$	Připojeno pomocí SPF2; Cd/Pb free Pojistka SR9-F6
V6a	1-AES 4x120+25 $I_z = 215 \text{ A}$ $t_m = 78^\circ \text{ C}$ $I_k'' = 2.43 \text{ kA}$ $dU = 0.0 \%$ $I^2 t < k^2 S^2$ $i_p = 5.09 \text{ kA}$	10 m ve vzduchu (E,F), $R_{20} = 2.58 \text{ m}\Omega$, $X = 0.810 \text{ m}\Omega$ AES 4x120+25mm, 10m
V24	1-AES 4x120+25 $I_z = 215 \text{ A}$ $t_m = 78^\circ \text{ C}$ $I_k'' = 2.17 \text{ kA}$ $dU = 0.0 \%$ $I^2 t < k^2 S^2$ $i_p = 3.95 \text{ kA}$	77 m ve vzduchu (E,F), $R_{20} = 19.9 \text{ m}\Omega$, $X = 6.24 \text{ m}\Omega$ AES 4x120+25mm, 77m
U20	Sběrnice $B = 1$ $I_k'' = 2.17 \text{ kA}$ $U = 420 \text{ V (} U_n + 5.0\% \text{)}$ $i_p = 3.95 \text{ kA}$	
125A	PHN2qG $I_n = 125 \text{ A}$ $I_l = 120 \text{ kA}$ $i_p = 3.95 \text{ kA}$	Připojeno pomocí SPF2; Cd/Pb free Pojistka VRIS2
V25	1-AES 4x95+25 $I_z = 186 \text{ A}$ $t_m = 67^\circ \text{ C}$ $I_k'' = 1.64 \text{ kA}$ $dU = 0.0 \%$ $I^2 t < k^2 S^2$ $i_p = 2.57 \text{ kA}$	148 m ve vzduchu (E,F), $R_{20} = 48.2 \text{ m}\Omega$, $X = 12.1 \text{ m}\Omega$ AES 4x95+25mm, 148m
V28	1-AES 4x95+25 $I_z = 186 \text{ A}$ $t_m = 67^\circ \text{ C}$ $I_k'' = 1.38 \text{ kA}$ $dU = 0.0 \%$ $I^2 t < k^2 S^2$ $i_p = 2.08 \text{ kA}$	101 m ve vzduchu (E,F), $R_{20} = 32.9 \text{ m}\Omega$, $X = 8.28 \text{ m}\Omega$ AES 4x95+25mm, 101m
U25	Vývod $I = 0 \text{ A}$ $x_B = 0 \text{ A}$ $\cos \phi_i = 0.95$ $I_k'' = 1.38 \text{ kA}$ $R = 126 \text{ m}\Omega$, $X = 123 \text{ m}\Omega$ $I = 0 \text{ A}$ $U = 420 \text{ V (} U_n + 5.0\% \text{)}$ $B = 1$ $i_p = 2.08 \text{ kA}$	



Projekt : KOVALOVICE - TS U sadu

Autor : Miroslav Richter, VUT Brno, FEKT

Datum : 28.3.2008

Přehled parametrů a výpočtů (TN, Un = 230 / 400 V)

KOVALOVICE - U Sadu

1T1	aT0354 22/0.42 U2 = 242/420 V Sr = 400 kVA In = 550 A uk = 6 % dU = 0.0 %	Ik'' = 2.69 kA ip = 6.41 kA	Parametry vn sítě : Sk = 2.77 MVA, X/R = 10 R = 11.6 mΩhm, X = 89.3 mΩhm TS U sadu 400kVA
Svod	3II1-CYKY3x150+70 Iz = 669.9 A tm = 73 ° C dU = 0.0 %	Ik'' = 2.69 kA ip = 6.37 kA	7 m ve vzduchu (E,F), R20 = 0.292 mΩhm, X = 0.189 mΩhm Teplota okolí [st. C] : 30 Uspořádání seskupených obvodů : Seskupené ve svazku, zapuštěné nebo uzavřené Způsob uložení : Na vodorovných perforovaných lávkách Počet seskupených obvodů : 3 Svod CYKY
Jistič	BH630S-DTVE In = 630 A Ir = 550 A	Icu = 65 kA ip = 6.37 kA	Irm = 6875 A Zs(30s) = 137 mΩhm, Ia = 1.77 kA Jistič BH630
TS	Sběrnice B = 1 U = 420 V (Un + 5.0%)	Ik'' = 2.69 kA ip = 6.37 kA	O.K. Zsv < Zs(30s) (90.6 mΩhm < 130 mΩhm)
Poj.TS	PHN2qG In = 315 A	I1 = 120 kA ip = 6.37 kA	Připojeno pomocí SPF2; Cd/Pb free Zs(30s) = 203 mΩhm, Ia = 1.20 kA Jistič-Poj.TS zaručena plná selektivita Pojistka TS
V2	2II1-AYKY 3x240+120 Iz = 367.6 A tm = 105 ° C dU = 0.0 %	Ik'' = 2.56 kA ip = 5.73 kA	85 m v zemi (D), R20 = 5.48 mΩhm, X = 3.44 mΩhm O.K. Zsv < Zs(30s) (102 mΩhm < 193 mΩhm) Měrný tepelný odpor [K.m/W] : 2.5 = suchá půda, velmi řídké deště Teplota okolí [st. C] : 20 Uspořádání seskupených obvodů : 2 x přímo v zemi Vzdálenost [m] : 1 x d AYKY 3x240+120mm, 85m
U12	Sběrnice B = 1 U = 420 V (Un + 5.0%)	Ik'' = 2.56 kA ip = 5.73 kA	O.K. Zsv < Zs(30s) (102 mΩhm < 193 mΩhm)
125A	PHN2qG In = 125 A	I1 = 120 kA io = 4.86 kA	Připojeno pomocí SPF2; Cd/Pb free Zs(30s) = 746 mΩhm, Ia = 326 A Poj.TS-125A zaručena plná selektivita Pojistka SR9-F6
V3a	1-AES 4x95+25 Iz = 186 A tm = 67 ° C dU = 0.0 % I2t < k2S2	io = 4.84 kA	6 m ve vzduchu (E,F), R20 = 1.96 mΩhm, X = 0.492 mΩhm O.K. Zsv < Zs(30s) (104 mΩhm < 709 mΩhm) Teplota okolí [st. C] : 30 Uspořádání seskupených obvodů : Seskupené ve svazku, zapuštěné nebo uzavřené Způsob uložení : Na vodorovných perforovaných lávkách Počet seskupených obvodů : 1 AES 4x95+25mm, 6m
V16	1-AES 4x95+25 Iz = 186 A tm = 67 ° C dU = 0.0 % I2t < k2S2	Ik'' = 1.70 kA ip = 2.66 kA	216 m ve vzduchu (E,F), R20 = 70.4 mΩhm, X = 17.7 mΩhm O.K. Zsv < Zs(30s) (234 mΩhm < 709 mΩhm) Teplota okolí [st. C] : 30 Uspořádání seskupených obvodů : Seskupené ve svazku, zapuštěné nebo uzavřené Způsob uložení : Na vodorovných perforovaných lávkách Počet seskupených obvodů : 1 AES 4x95+25mm, 216m
U10	Vývod		

	$I = 0 \text{ A}$ $x_B = 0 \text{ A}$ $\cos \varphi_i = 0.95$ $I = 0 \text{ A}$ $B = 1$ $U = 420 \text{ V}$ ($U_n + 5.0\%$)	$I_k'' = 1.70 \text{ kA}$ $i_p = 2.66 \text{ kA}$	$R = 89.8 \text{ m}\Omega$, $X = 111 \text{ m}\Omega$ O.K. $Z_{sv} < Z_s(30s)$ ($234 \text{ m}\Omega < 709 \text{ m}\Omega$)
125A	PHN2qG $I_n = 125 \text{ A}$	$I_l = 120 \text{ kA}$ $i_o = 4.86 \text{ kA}$	Připojeno pomocí SPF2; Cd/Pb free $Z_s(30s) = 746 \text{ m}\Omega$, $I_a = 326 \text{ A}$ Poj.TS-125A zaručena plná selektivita Pojistka SR9-F6
V3b	1-AES 4x95+25 $I_z = 186 \text{ A}$ $t_m = 67^\circ \text{ C}$ $dU = 0.0 \%$ $I_{2t} < k_{2S2}$	$i_o = 4.84 \text{ kA}$	6 m ve vzduchu (E,F), $R_{20} = 1.96 \text{ m}\Omega$, $X = 0.492 \text{ m}\Omega$ O.K. $Z_{sv} < Z_s(30s)$ ($104 \text{ m}\Omega < 709 \text{ m}\Omega$) Teplota okolí [st. C] : 30 Uspořádání seskupených obvodů : Seskupené ve svazku, zapuštěné nebo uzavřené Způsob uložení : Na vodorovných perforovaných lávkách Počet seskupených obvodů : 1 AES 4x95+25mm, 6m
V21	1-AES 4x95+25 $I_z = 186 \text{ A}$ $t_m = 67^\circ \text{ C}$ $dU = 0.0 \%$ $I_{2t} < k_{2S2}$	$I_k'' = 2.08 \text{ kA}$ $i_p = 3.57 \text{ kA}$	111 m ve vzduchu (E,F), $R_{20} = 36.2 \text{ m}\Omega$, $X = 9.10 \text{ m}\Omega$ O.K. $Z_{sv} < Z_s(30s)$ ($164 \text{ m}\Omega < 709 \text{ m}\Omega$) Teplota okolí [st. C] : 30 Uspořádání seskupených obvodů : Seskupené ve svazku, zapuštěné nebo uzavřené Způsob uložení : Na vodorovných perforovaných lávkách Počet seskupených obvodů : 1 AES 4x95+25mm, 111m
V22	1-AES 4x95+25 $I_z = 186 \text{ A}$ $t_m = 67^\circ \text{ C}$ $dU = 0.0 \%$ $I_{2t} < k_{2S2}$	$I_k'' = 1.41 \text{ kA}$ $i_p = 2.13 \text{ kA}$	207 m ve vzduchu (E,F), $R_{20} = 67.5 \text{ m}\Omega$, $X = 17.0 \text{ m}\Omega$ O.K. $Z_{sv} < Z_s(30s)$ ($305 \text{ m}\Omega < 709 \text{ m}\Omega$) Teplota okolí [st. C] : 30 Uspořádání seskupených obvodů : Seskupené ve svazku, zapuštěné nebo uzavřené Způsob uložení : Na vodorovných perforovaných lávkách Počet seskupených obvodů : 1 AES 4x95+25mm, 207m
U14	Vývod $I = 0 \text{ A}$ $x_B = 0 \text{ A}$ $\cos \varphi_i = 0.95$ $I = 0 \text{ A}$ $B = 1$ $U = 420 \text{ V}$ ($U_n + 5.0\%$)	$I_k'' = 1.41 \text{ kA}$ $i_p = 2.13 \text{ kA}$	$R = 123 \text{ m}\Omega$, $X = 119 \text{ m}\Omega$ O.K. $Z_{sv} < Z_s(30s)$ ($305 \text{ m}\Omega < 709 \text{ m}\Omega$)
250A	PHN2qG $I_n = 250 \text{ A}$	$I_l = 120 \text{ kA}$ $i_p = 5.73 \text{ kA}$	Připojeno pomocí SPF2; Cd/Pb free $Z_s(30s) = 306 \text{ m}\Omega$, $I_a = 794 \text{ A}$ Poj.TS-250A zaručena plná selektivita Pojistka SR9-F6
V4	2III-AYKY 3x240+120 $I_z = 367.6 \text{ A}$ $t_m = 62^\circ \text{ C}$ $dU = 0.0 \%$	$I_k'' = 2.47 \text{ kA}$ $i_p = 5.28 \text{ kA}$	70 m v zemi (D), $R_{20} = 4.51 \text{ m}\Omega$, $X = 2.84 \text{ m}\Omega$ O.K. $Z_{sv} < Z_s(30s)$ ($112 \text{ m}\Omega < 291 \text{ m}\Omega$) Měrný tepelný odpor [K.m/W] : 2.5 = suchá půda, velmi řídké deště Teplota okolí [st. C] : 20 Uspořádání seskupených obvodů : 2 x přímo v zemi Vzdálenost [m] : 1 x d AYKY 3x240+120mm, 70m
U19	Sběrnice $B = 1$ $U = 420 \text{ V}$ ($U_n + 5.0\%$)	$I_k'' = 2.47 \text{ kA}$ $i_p = 5.28 \text{ kA}$	O.K. $Z_{sv} < Z_s(30s)$ ($112 \text{ m}\Omega < 291 \text{ m}\Omega$)
160A	PHN2qG $I_n = 160 \text{ A}$	$I_l = 120 \text{ kA}$ $i_p = 5.28 \text{ kA}$	Připojeno pomocí SPF2; Cd/Pb free $Z_s(30s) = 505 \text{ m}\Omega$, $I_a = 482 \text{ A}$ 250A-160A zaručena plná selektivita Pojistka SR9-F6
V6a	1-AES 4x120+25 $I_z = 215 \text{ A}$ $t_m = 78^\circ \text{ C}$ $dU = 0.0 \%$ $I_{2t} < k_{2S2}$	$I_k'' = 2.43 \text{ kA}$ $i_p = 5.09 \text{ kA}$	10 m ve vzduchu (E,F), $R_{20} = 2.58 \text{ m}\Omega$, $X = 0.810 \text{ m}\Omega$ O.K. $Z_{sv} < Z_s(30s)$ ($116 \text{ m}\Omega < 480 \text{ m}\Omega$) Teplota okolí [st. C] : 30

				Uspořádání seskupených obvodů : Seskupené ve svazku, zapuštěné nebo uzavřené Způsob uložení : Na vodorovných perforovaných lávkách Počet seskupených obvodů : 1 AES 4x120+25mm, 10m
V24	1-AES 4x120+25 I _z = 215 A dU = 0.0 %	t _m = 78 ° C I _{2t} < k _{2S2}	I _k ' = 2.17 kA i _p = 3.95 kA	77 m ve vzduchu (E,F), R ₂₀ = 19.9 mΩ, X = 6.24 mΩ O.K. Z _{sv} < Z _s (30s) (152 mΩ < 480 mΩ) Teplota okolí [st. C] : 30 Uspořádání seskupených obvodů : Seskupené ve svazku, zapuštěné nebo uzavřené Způsob uložení : Na vodorovných perforovaných lávkách Počet seskupených obvodů : 1 AES 4x120+25mm, 77m
U20	Sběrnice B = 1 U = 420 V (U _n + 5.0%)		I _k ' = 2.17 kA i _p = 3.95 kA	O.K. Z _{sv} < Z _s (30s) (152 mΩ < 480 mΩ)
125A	PHN2qG I _n = 125 A		I _l = 120 kA i _p = 3.95 kA	Připojeno pomocí SPF2; Cd/Pb free Z _s (30s) = 746 mΩ, I _a = 326 A 160A-125A zaručena plná selektivita Pojistka VRIS2
V25	1-AES 4x95+25 I _z = 186 A dU = 0.0 %	t _m = 67 ° C I _{2t} < k _{2S2}	I _k ' = 1.64 kA i _p = 2.57 kA	148 m ve vzduchu (E,F), R ₂₀ = 48.2 mΩ, X = 12.1 mΩ O.K. Z _{sv} < Z _s (30s) (247 mΩ < 709 mΩ) Teplota okolí [st. C] : 30 Uspořádání seskupených obvodů : Seskupené ve svazku, zapuštěné nebo uzavřené Způsob uložení : Na vodorovných perforovaných lávkách Počet seskupených obvodů : 1 AES 4x95+25mm, 148m
V28	1-AES 4x95+25 I _z = 186 A dU = 0.0 %	t _m = 67 ° C I _{2t} < k _{2S2}	I _k ' = 1.38 kA i _p = 2.08 kA	101 m ve vzduchu (E,F), R ₂₀ = 32.9 mΩ, X = 8.28 mΩ O.K. Z _{sv} < Z _s (30s) (318 mΩ < 709 mΩ) Teplota okolí [st. C] : 30 Uspořádání seskupených obvodů : Seskupené ve svazku, zapuštěné nebo uzavřené Způsob uložení : Na vodorovných perforovaných lávkách Počet seskupených obvodů : 1 AES 4x95+25mm, 101m
U25	Vývod I = 0 A x B = 0 A I = 0 A U = 420 V (U _n + 5.0%)	cos φ _i = 0.95 B = 1	I _k ' = 1.38 kA i _p = 2.08 kA	R = 126 mΩ, X = 123 mΩ O.K. Z _{sv} < Z _s (30s) (318 mΩ < 709 mΩ)
125A	PHN2qG I _n = 125 A		I _l = 120 kA i _p = 3.95 kA	Připojeno pomocí SPF2; Cd/Pb free Z _s (30s) = 746 mΩ, I _a = 326 A 160A-125A zaručena plná selektivita Pojistka VRIS2
V26	1-AES 4x95+25 I _z = 186 A dU = 0.0 %	t _m = 67 ° C I _{2t} < k _{2S2}	I _k ' = 1.94 kA i _p = 3.24 kA	60 m ve vzduchu (E,F), R ₂₀ = 19.6 mΩ, X = 4.92 mΩ O.K. Z _{sv} < Z _s (30s) (188 mΩ < 709 mΩ) Teplota okolí [st. C] : 30 Uspořádání seskupených obvodů : Seskupené ve svazku, zapuštěné nebo uzavřené Způsob uložení : Na vodorovných perforovaných lávkách Počet seskupených obvodů : 1 AES 4x95+25mm, 60m
V27	1-AES 4x95+25 I _z = 186 A dU = 0.0 %	t _m = 67 ° C I _{2t} < k _{2S2}	I _k ' = 1.76 kA i _p = 2.81 kA	52 m ve vzduchu (E,F), R ₂₀ = 16.9 mΩ, X = 4.26 mΩ O.K. Z _{sv} < Z _s (30s) (223 mΩ < 709 mΩ) Teplota okolí [st. C] : 30 Uspořádání seskupených obvodů : Seskupené ve svazku, zapuštěné nebo uzavřené Způsob uložení : Na vodorovných perforovaných lávkách Počet seskupených obvodů : 1 AES 4x95+25mm, 52m
U23	Vývod			

	$I = 0 \text{ A}$ $x_B = 0 \text{ A}$ $\cos \varphi_i = 0.95$ $I = 0 \text{ A}$ $B = 1$ $U = 420 \text{ V (} U_n + 5.0\% \text{)}$	$I_k'' = 1.76 \text{ kA}$ $i_p = 2.81 \text{ kA}$	$R = 80.9 \text{ m}\Omega$, $X = 112 \text{ m}\Omega$ $O.K. Z_{sv} < Z_s(30s) \text{ (} 223 \text{ m}\Omega < 709 \text{ m}\Omega \text{)}$
125A	PHN2qG $I_n = 125 \text{ A}$	$I_l = 120 \text{ kA}$ $i_o = 4.79 \text{ kA}$	Připojeno pomocí SPF2; Cd/Pb free $Z_s(30s) = 746 \text{ m}\Omega$, $I_a = 326 \text{ A}$ 250A-125A zaručena plná selektivita Pojistka SR9-F6
V6b	1-AES 4x95+25 $I_z = 186 \text{ A}$ $t_m = 67^\circ \text{ C}$ $dU = 0.0 \%$ $I_{2t} < k_{2S2}$	$i_o = 4.76 \text{ kA}$	10 m ve vzduchu (E,F), $R_{20} = 3.26 \text{ m}\Omega$, $X = 0.820 \text{ m}\Omega$ $O.K. Z_{sv} < Z_s(30s) \text{ (} 117 \text{ m}\Omega < 709 \text{ m}\Omega \text{)}$ Teplota okolí [st. C]: 30 Uspořádání seskupených obvodů : Seskupené ve svazku, zapuštěné nebo uzavřené Způsob uložení : Na vodorovných perforovaných lávkách Počet seskupených obvodů : 1 AES 4x95+25mm, 10m
V20	1-AES 4x95+25 $I_z = 186 \text{ A}$ $t_m = 67^\circ \text{ C}$ $dU = 0.0 \%$ $I_{2t} < k_{2S2}$	$I_k'' = 2.09 \text{ kA}$ $i_p = 3.66 \text{ kA}$	83 m ve vzduchu (E,F), $R_{20} = 27.0 \text{ m}\Omega$, $X = 6.81 \text{ m}\Omega$ $O.K. Z_{sv} < Z_s(30s) \text{ (} 163 \text{ m}\Omega < 709 \text{ m}\Omega \text{)}$ Teplota okolí [st. C]: 30 Uspořádání seskupených obvodů : Seskupené ve svazku, zapuštěné nebo uzavřené Způsob uložení : Na vodorovných perforovaných lávkách Počet seskupených obvodů : 1 AES 4x95+25mm, 93m
U16	Sběrnice $B = 1$ $U = 420 \text{ V (} U_n + 5.0\% \text{)}$	$I_k'' = 2.09 \text{ kA}$ $i_p = 3.66 \text{ kA}$	$O.K. Z_{sv} < Z_s(30s) \text{ (} 163 \text{ m}\Omega < 709 \text{ m}\Omega \text{)}$
V18	1-AES 4x95+25 $I_z = 186 \text{ A}$ $t_m = 67^\circ \text{ C}$ $dU = 0.0 \%$ $I_{2t} < k_{2S2}$	$I_k'' = 1.67 \text{ kA}$ $i_p = 2.62 \text{ kA}$	118 m ve vzduchu (E,F), $R_{20} = 38.5 \text{ m}\Omega$, $X = 9.68 \text{ m}\Omega$ $O.K. Z_{sv} < Z_s(30s) \text{ (} 241 \text{ m}\Omega < 709 \text{ m}\Omega \text{)}$ Teplota okolí [st. C]: 30 Uspořádání seskupených obvodů : Seskupené ve svazku, zapuštěné nebo uzavřené Způsob uložení : Na vodorovných perforovaných lávkách Počet seskupených obvodů : 1 AES 4x95+25mm, 118m
V17	1-AES 4x95+25 $I_z = 186 \text{ A}$ $t_m = 67^\circ \text{ C}$ $dU = 0.0 \%$ $I_{2t} < k_{2S2}$	$I_k'' = 1.58 \text{ kA}$ $i_p = 2.45 \text{ kA}$	30 m ve vzduchu (E,F), $R_{20} = 9.78 \text{ m}\Omega$, $X = 2.46 \text{ m}\Omega$ $O.K. Z_{sv} < Z_s(30s) \text{ (} 262 \text{ m}\Omega < 709 \text{ m}\Omega \text{)}$ Teplota okolí [st. C]: 30 Uspořádání seskupených obvodů : Seskupené ve svazku, zapuštěné nebo uzavřené Způsob uložení : Na vodorovných perforovaných lávkách Počet seskupených obvodů : 1 AES 4x95+25mm, 30m
U10	Vývod $I = 0 \text{ A}$ $x_B = 0 \text{ A}$ $\cos \varphi_i = 0.95$ $I = 0 \text{ A}$ $B = 1$ $U = 420 \text{ V (} U_n + 5.0\% \text{)}$	$I_k'' = 1.58 \text{ kA}$ $i_p = 2.45 \text{ kA}$	$R = 100 \text{ m}\Omega$, $X = 116 \text{ m}\Omega$ $O.K. Z_{sv} < Z_s(30s) \text{ (} 262 \text{ m}\Omega < 709 \text{ m}\Omega \text{)}$
V19	1-AES 4x95+25 $I_z = 186 \text{ A}$ $t_m = 67^\circ \text{ C}$ $dU = 0.0 \%$ $I_{2t} < k_{2S2}$	$I_k'' = 1.76 \text{ kA}$ $i_p = 2.80 \text{ kA}$	91 m ve vzduchu (E,F), $R_{20} = 29.7 \text{ m}\Omega$, $X = 7.46 \text{ m}\Omega$ $O.K. Z_{sv} < Z_s(30s) \text{ (} 223 \text{ m}\Omega < 709 \text{ m}\Omega \text{)}$ Teplota okolí [st. C]: 30 Uspořádání seskupených obvodů : Seskupené ve svazku, zapuštěné nebo uzavřené Způsob uložení : Na vodorovných perforovaných lávkách Počet seskupených obvodů : 1 AES 4x95+25mm, 91m
U17	Vývod $I = 0 \text{ A}$ $x_B = 0 \text{ A}$ $\cos \varphi_i = 0.95$ $I = 0 \text{ A}$ $B = 1$ $U = 420 \text{ V (} U_n + 5.0\% \text{)}$	$I_k'' = 1.76 \text{ kA}$ $i_p = 2.80 \text{ kA}$	$R = 81.9 \text{ m}\Omega$, $X = 111 \text{ m}\Omega$ $O.K. Z_{sv} < Z_s(30s) \text{ (} 223 \text{ m}\Omega < 709 \text{ m}\Omega \text{)}$
200A	PHN2qG $I_n = 200 \text{ A}$	$I_l = 120 \text{ kA}$ $i_p = 5.28 \text{ kA}$	Připojeno pomocí SPF2; Cd/Pb free $Z_s(30s) = 415 \text{ m}\Omega$, $I_a = 586 \text{ A}$

250A-200A zaručena plná selektivita
Pojistka SR9-F6

V5 **2II1-AYKY 3x120+70**

$I_z = 250.9 \text{ A}$ $t_m = 88 \text{ } ^\circ \text{C}$
 $dU = 0.0 \%$

$I_k'' = 2.36 \text{ kA}$
 $i_p = 4.73 \text{ kA}$

60 m v zemi (D), $R_{20} = 7.74 \text{ m}\Omega$, $X = 2.43 \text{ m}\Omega$
O.K. $Z_{sv} < Z_s(30s)$ ($128 \text{ m}\Omega < 394 \text{ m}\Omega$)
Měrný tepelný odpor $[K.m/W]$: 2.5 = suchá půda, velmi řídké deště
Teplota okolí $[^\circ \text{C}]$: 20
Uspořádání seskupených obvodů : 2 x přímo v zemi
Vzdálenost $[m]$: 1 x d
AYKY 3x120+70mm, 60m

U21 **Vývod**

$I = 0 \text{ A}$ x $B = 0 \text{ A}$ $\cos \varphi_i = 0.95$
 $I = 0 \text{ A}$ $B = 1$
 $U = 420 \text{ V}$ ($U_n + 5.0\%$)

$I_k'' = 2.36 \text{ kA}$
 $i_p = 4.73 \text{ kA}$

$R = 29.7 \text{ m}\Omega$, $X = 98.2 \text{ m}\Omega$
O.K. $Z_{sv} < Z_s(30s)$ ($128 \text{ m}\Omega < 394 \text{ m}\Omega$)

TS **Vývod**

$I = 0 \text{ A}$ x $B = 0 \text{ A}$ $\cos \varphi_i = 0.95$
 $I = 0 \text{ A}$ $B = 1$
 $U = 420 \text{ V}$ ($U_n + 5.0\%$)

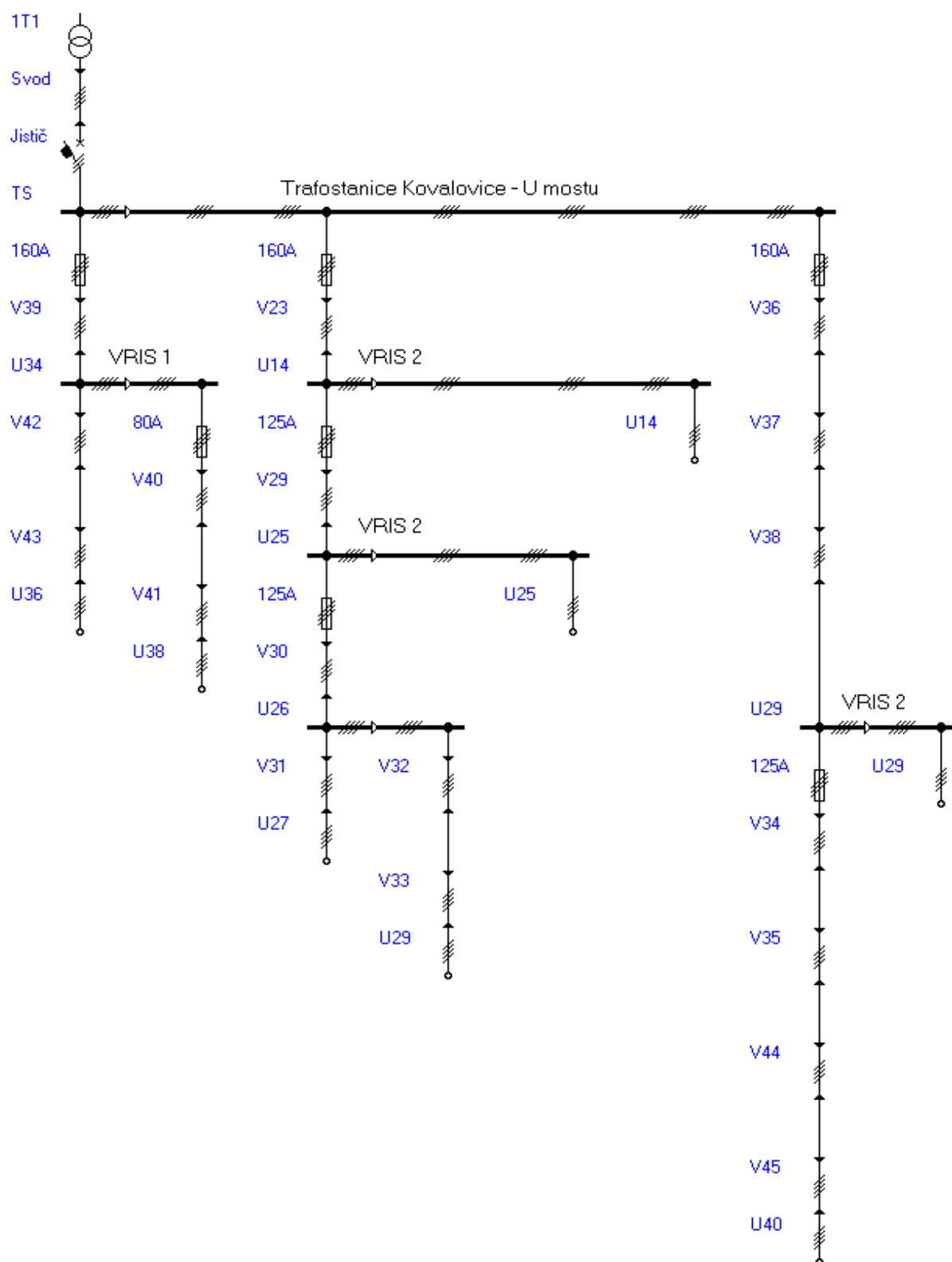
$I_k'' = 2.69 \text{ kA}$
 $i_p = 6.37 \text{ kA}$

$R = 11.9 \text{ m}\Omega$, $X = 89.5 \text{ m}\Omega$
O.K. $Z_{sv} < Z_s(30s)$ ($90.6 \text{ m}\Omega < 130 \text{ m}\Omega$)

Projekt : KOVALOVICE-TS U mostu
 Autor : Miroslav Richter, VUT-FEKT

OEZ.

Celkové schéma



Náhled jedné větve:

OEZ.

Projekt : KOVALOVICE-TS U mostu

Selektivita jištění

Datum : 7.4.2008

KOVALOVICE - U Mostu

Sít TN, $U_n = 230 / 400 \text{ V}$

Zapojení	Přístroj	Poznámka
1T1	aT0354 22/0.42 $I_n = 550 \text{ A}$ $S_r = 400 \text{ kVA}$ $I_k'' = 2.69 \text{ kA}$ $U_2 = 242/420 \text{ V}$ $dU = 0.0 \%$ $u_k = 6 \%$ $i_p = 6.41 \text{ kA}$	$R = 11.6 \text{ m}\Omega$, $X = 89.3 \text{ m}\Omega$ TS U mostu 400kVA
Svod	3II1-CYKY3x150+70 $I_z = 669.9 \text{ A}$ $t_m = 73^\circ \text{ C}$ $I_k'' = 2.69 \text{ kA}$ $dU = 0.0 \%$ $i_p = 6.37 \text{ kA}$	7 m ve vzduchu (E,F), $R_{20} = 0.292 \text{ m}\Omega$, $X = 0.189 \text{ m}\Omega$ Svod CYKY
Jistič	BH630S-DTVE $I_n = 630 \text{ A}$ $I_r = 550 \text{ A}$ $I_{cu} = 65 \text{ kA}$ $I_{rm} = 6875 \text{ A}$ $i_p = 6.37 \text{ kA}$	Jistič BH630
TS	Sběrnice $B = 1$ $I_k'' = 2.69 \text{ kA}$ $U = 420 \text{ V (} U_n + 5.0\% \text{)}$ $i_p = 6.37 \text{ kA}$	
160A	PHN2qG $I_n = 160 \text{ A}$ $I_l = 120 \text{ kA}$	Připojeno pomocí SPF2; Cd/Pb free Pojistka TS
V36	Jistič-160A zaručena plná selektivita 1-AES 4x120+25 $I_z = 215 \text{ A}$ $t_m = 78^\circ \text{ C}$ $I_k'' = 2.54 \text{ kA}$ $dU = 0.0 \%$ $I^2 t < k^2 S^2$ $i_p = 5.38 \text{ kA}$	40 m ve vzduchu (E,F), $R_{20} = 10.3 \text{ m}\Omega$, $X = 3.24 \text{ m}\Omega$ AES 4x120+25mm, 40m
V37	1-AES 4x120+25 $I_z = 215 \text{ A}$ $t_m = 78^\circ \text{ C}$ $I_k'' = 2.21 \text{ kA}$ $dU = 0.0 \%$ $I^2 t < k^2 S^2$ $i_p = 3.97 \text{ kA}$	90 m ve vzduchu (E,F), $R_{20} = 23.2 \text{ m}\Omega$, $X = 7.29 \text{ m}\Omega$ AES 4x120+25mm, 90m
V38	1-AES 4x120+25 $I_z = 215 \text{ A}$ $t_m = 78^\circ \text{ C}$ $I_k'' = 1.87 \text{ kA}$ $dU = 0.0 \%$ $I^2 t < k^2 S^2$ $i_p = 3.05 \text{ kA}$	101 m ve vzduchu (E,F), $R_{20} = 26.1 \text{ m}\Omega$, $X = 8.18 \text{ m}\Omega$ AES 4x120+25mm, 101m
U29	Sběrnice $B = 1$ $I_k'' = 1.87 \text{ kA}$ $U = 420 \text{ V (} U_n + 5.0\% \text{)}$ $i_p = 3.05 \text{ kA}$	
125A	PHN2qG $I_n = 125 \text{ A}$ $I_l = 120 \text{ kA}$	Připojeno pomocí SPF2; Cd/Pb free Pojistka VRIS2
V34	160A-125A zaručena plná selektivita 1-AES 4x95+25 $I_z = 186 \text{ A}$ $t_m = 67^\circ \text{ C}$ $I_k'' = 1.70 \text{ kA}$ $dU = 0.0 \%$ $I^2 t < k^2 S^2$ $i_p = 2.69 \text{ kA}$	49 m ve vzduchu (E,F), $R_{20} = 16.0 \text{ m}\Omega$, $X = 4.02 \text{ m}\Omega$ AES 4x95+25mm, 49m
V35	1-AES 4x95+25 $I_z = 186 \text{ A}$ $t_m = 67^\circ \text{ C}$ $I_k'' = 1.60 \text{ kA}$ $dU = 0.0 \%$ $I^2 t < k^2 S^2$ $i_p = 2.48 \text{ kA}$	34 m ve vzduchu (E,F), $R_{20} = 11.1 \text{ m}\Omega$, $X = 2.79 \text{ m}\Omega$ AES 4x95+25mm, 34m
V44	1-AES 4x95+25 $I_z = 186 \text{ A}$ $t_m = 67^\circ \text{ C}$ $I_k'' = 1.52 \text{ kA}$ $dU = 0.0 \%$ $I^2 t < k^2 S^2$ $i_p = 2.32 \text{ kA}$	30 m ve vzduchu (E,F), $R_{20} = 9.78 \text{ m}\Omega$, $X = 2.46 \text{ m}\Omega$ AES 4x95+25mm, 30m
V45	1-AES 4x95+25 $I_z = 186 \text{ A}$ $t_m = 67^\circ \text{ C}$ $I_k'' = 1.47 \text{ kA}$ $dU = 0.0 \%$ $I^2 t < k^2 S^2$ $i_p = 2.24 \text{ kA}$	18 m ve vzduchu (E,F), $R_{20} = 5.87 \text{ m}\Omega$, $X = 1.48 \text{ m}\Omega$ AES 4x95+25mm, 18m
U40	Vývod $I = 0 \text{ A}$ $x_B = 0 \text{ A}$ $\cos \phi_i = 0.95$ $I_k'' = 1.47 \text{ kA}$ $R = 114 \text{ m}\Omega$, $X = 119 \text{ m}\Omega$ $I = 0 \text{ A}$ $U = 420 \text{ V (} U_n + 5.0\% \text{)}$ $B = 1$ $i_p = 2.24 \text{ kA}$	

Plná selektivita celého řetězce je zaručena.

Náhled jedné větve:

OEZ.

Projekt : KOVALOVICE-TS U mostu

Impedanční smyčky

Datum : 7.4.2008

KOVALOVICE - U Mostu
Síť TN, Un = 230 / 400 V

Zapojení	Přístroj	Poznámka
1T1	aT0354 22/0.42 In = 550 A Sr = 400 kVA Ik''= 2.69 kA U2 = 242/420 V ip = 6.41 kA	R = 11.6 mΩhm, X = 89.3 mΩhm TS U mostu 400kVA
Svod	3Il1-CYKY3x150+70 Iz = 669.9 A tm = 73 ° C Ik''= 2.69 kA dU = 0.0 % ip = 6.37 kA	7 m ve vzduchu (E,F), R20 = 0.292 mΩhm, X = 0.189 mΩhm Svod CYKY
Jistič	BH630S-DTVE In = 630 A Ir = 550 A Icu = 65 kA Irm = 6875 A Zs(30s) = 137 mΩhm, Ia = 1.77 kA ip = 6.37 kA	Jistič BH630
TS	Sběrnice B = 1 Ik''= 2.69 kA U = 420 V (Un + 5.0%) ip = 6.37 kA	O.K. Zsv < Zs(30s) (90.6 mΩhm < 130 mΩhm)
160A	PHN2qG In = 160 A I1 = 120 kA Zs(30s) = 505 mΩhm, Ia = 482 A io = 5.91 kA	Připojeno pomocí SPF2; Cd/Pb free Pojistka TS
V36	1-AES 4x120+25 Iz = 215 A tm = 78 ° C Ik''= 2.54 kA dU = 0.0 % I ² t < k ² S ² ip = 5.38 kA	O.K. Zsv < Zs(30s) (103 mΩhm < 480 mΩhm) AES 4x120+25mm, 40m
V37	1-AES 4x120+25 Iz = 215 A tm = 78 ° C Ik''= 2.21 kA dU = 0.0 % I ² t < k ² S ² ip = 3.97 kA	O.K. Zsv < Zs(30s) (142 mΩhm < 480 mΩhm) AES 4x120+25mm, 90m
V38	1-AES 4x120+25 Iz = 215 A tm = 78 ° C Ik''= 1.87 kA dU = 0.0 % I ² t < k ² S ² ip = 3.05 kA	O.K. Zsv < Zs(30s) (195 mΩhm < 480 mΩhm) AES 4x120+25mm, 101m
U29	Sběrnice B = 1 Ik''= 1.87 kA U = 420 V (Un + 5.0%) ip = 3.05 kA	O.K. Zsv < Zs(30s) (195 mΩhm < 480 mΩhm)
125A	PHN2qG In = 125 A I1 = 120 kA Zs(30s) = 746 mΩhm, Ia = 326 A ip = 3.05 kA	Připojeno pomocí SPF2; Cd/Pb free Pojistka VRIS2
V34	1-AES 4x95+25 Iz = 186 A tm = 67 ° C Ik''= 1.70 kA dU = 0.0 % I ² t < k ² S ² ip = 2.69 kA	O.K. Zsv < Zs(30s) (227 mΩhm < 709 mΩhm) AES 4x95+25mm, 49m
V35	1-AES 4x95+25 Iz = 186 A tm = 67 ° C Ik''= 1.60 kA dU = 0.0 % I ² t < k ² S ² ip = 2.48 kA	O.K. Zsv < Zs(30s) (250 mΩhm < 709 mΩhm) AES 4x95+25mm, 34m
V44	1-AES 4x95+25 Iz = 186 A tm = 67 ° C Ik''= 1.52 kA dU = 0.0 % I ² t < k ² S ² ip = 2.32 kA	O.K. Zsv < Zs(30s) (271 mΩhm < 709 mΩhm) AES 4x95+25mm, 30m
V45	1-AES 4x95+25 Iz = 186 A tm = 67 ° C Ik''= 1.47 kA dU = 0.0 % I ² t < k ² S ² ip = 2.24 kA	O.K. Zsv < Zs(30s) (284 mΩhm < 709 mΩhm) AES 4x95+25mm, 18m
U40	Vývod I = 0 A xB = 0 A cos fi = 0.95 Ik''= 1.47 kA I = 0 A U = 420 V (Un + 5.0%) B = 1 ip = 2.24 kA	O.K. Zsv < Zs(30s) (284 mΩhm < 709 mΩhm)

Náhled jedné větve:



Projekt : KOVALOVICE-TS U mostu

Vypínací charakteristiky a nastavení spouští

Datum : 7.4.2008

KOVALOVICE - U Mostu

Síť TN, $U_n = 230 / 400 \text{ V}$

Zapojení	Přístroj	Poznámka
1T1	aTO354 22/0.42 $I_n = 550 \text{ A}$ $S_r = 400 \text{ kVA}$ $I_k'' = 2.69 \text{ kA}$ $U_2 = 242/420 \text{ V}$ $dU = 0.0 \%$ $u_k = 6 \%$ $i_p = 6.41 \text{ kA}$	$R = 11.6 \text{ m}\Omega$, $X = 89.3 \text{ m}\Omega$ TS U mostu 400kVA
Svod	3II1-CYKY3x150+70 $I_z = 669.9 \text{ A}$ $t_m = 73^\circ \text{ C}$ $I_k'' = 2.69 \text{ kA}$ $dU = 0.0 \%$ $i_p = 6.37 \text{ kA}$	7 m ve vzduchu (E,F), $R_{20} = 0.292 \text{ m}\Omega$, $X = 0.189 \text{ m}\Omega$ Svod CYKY
Jistič	BH630S-DTVE $I_n = 630 \text{ A}$ $I_r = 550 \text{ A}$ $I_{cu} = 65 \text{ kA}$ $I_{lm} = 6875 \text{ A}$ $i_p = 6.37 \text{ kA}$	Jistič BH630
TS	Sběrnice $B = 1$ $I_k'' = 2.69 \text{ kA}$ $U = 420 \text{ V}$ ($U_n + 5.0\%$) $i_p = 6.37 \text{ kA}$	
160A	PHN2gG $I_n = 160 \text{ A}$ $I_1 = 120 \text{ kA}$ $i_o = 5.91 \text{ kA}$	Připojeno pomocí SPF2; Cd/Pb free Pojistka TS
V36	1-AES 4x120+25 $I_z = 215 \text{ A}$ $t_m = 78^\circ \text{ C}$ $I_k'' = 2.54 \text{ kA}$ $dU = 0.0 \%$ $I^2 t < k^2 S^2$ $i_p = 5.38 \text{ kA}$	40 m ve vzduchu (E,F), $R_{20} = 10.3 \text{ m}\Omega$, $X = 3.24 \text{ m}\Omega$ AES 4x120+25mm, 40m
V37	1-AES 4x120+25 $I_z = 215 \text{ A}$ $t_m = 78^\circ \text{ C}$ $I_k'' = 2.21 \text{ kA}$ $dU = 0.0 \%$ $I^2 t < k^2 S^2$ $i_p = 3.97 \text{ kA}$	90 m ve vzduchu (E,F), $R_{20} = 23.2 \text{ m}\Omega$, $X = 7.29 \text{ m}\Omega$ AES 4x120+25mm, 90m
V38	1-AES 4x120+25 $I_z = 215 \text{ A}$ $t_m = 78^\circ \text{ C}$ $I_k'' = 1.87 \text{ kA}$ $dU = 0.0 \%$ $I^2 t < k^2 S^2$ $i_p = 3.05 \text{ kA}$	101 m ve vzduchu (E,F), $R_{20} = 26.1 \text{ m}\Omega$, $X = 8.18 \text{ m}\Omega$ AES 4x120+25mm, 101m
U29	Sběrnice $B = 1$ $I_k'' = 1.87 \text{ kA}$ $U = 420 \text{ V}$ ($U_n + 5.0\%$) $i_p = 3.05 \text{ kA}$	
125A	PHN2gG $I_n = 125 \text{ A}$ $I_1 = 120 \text{ kA}$ $i_o = 3.05 \text{ kA}$	Připojeno pomocí SPF2; Cd/Pb free Pojistka VRIS2
V34	1-AES 4x95+25 $I_z = 186 \text{ A}$ $t_m = 67^\circ \text{ C}$ $I_k'' = 1.70 \text{ kA}$ $dU = 0.0 \%$ $I^2 t < k^2 S^2$ $i_p = 2.69 \text{ kA}$	49 m ve vzduchu (E,F), $R_{20} = 16.0 \text{ m}\Omega$, $X = 4.02 \text{ m}\Omega$ AES 4x95+25mm, 49m
V35	1-AES 4x95+25 $I_z = 186 \text{ A}$ $t_m = 67^\circ \text{ C}$ $I_k'' = 1.60 \text{ kA}$ $dU = 0.0 \%$ $I^2 t < k^2 S^2$ $i_p = 2.48 \text{ kA}$	34 m ve vzduchu (E,F), $R_{20} = 11.1 \text{ m}\Omega$, $X = 2.79 \text{ m}\Omega$ AES 4x95+25mm, 34m
V44	1-AES 4x95+25 $I_z = 186 \text{ A}$ $t_m = 67^\circ \text{ C}$ $I_k'' = 1.52 \text{ kA}$ $dU = 0.0 \%$ $I^2 t < k^2 S^2$ $i_p = 2.32 \text{ kA}$	30 m ve vzduchu (E,F), $R_{20} = 9.78 \text{ m}\Omega$, $X = 2.46 \text{ m}\Omega$ AES 4x95+25mm, 30m
V45	1-AES 4x95+25 $I_z = 186 \text{ A}$ $t_m = 67^\circ \text{ C}$ $I_k'' = 1.47 \text{ kA}$ $dU = 0.0 \%$ $I^2 t < k^2 S^2$ $i_p = 2.24 \text{ kA}$	18 m ve vzduchu (E,F), $R_{20} = 5.87 \text{ m}\Omega$, $X = 1.48 \text{ m}\Omega$ AES 4x95+25mm, 18m
U40	Vývod $I = 0 \text{ A}$ $x_B = 0 \text{ A}$ $\cos \phi_i = 0.95$ $I_k'' = 1.47 \text{ kA}$ $R = 114 \text{ m}\Omega$, $X = 119 \text{ m}\Omega$ $I = 0 \text{ A}$ $U = 420 \text{ V}$ ($U_n + 5.0\%$) $B = 1$ $i_p = 2.24 \text{ kA}$	



Projekt : KOVALOVICE-TS U mostu

Autor : Miroslav Richter, VUT-FEKT

Datum : 7.4.2008

KOVALOVICE - U Mostu

Přehled parametrů a výpočtů (TN, Un = 230 / 400 V)

1T1	aT0354 22/0.42 U2 = 242/420 V Sr = 400 kVA In = 550 A uk = 6 % dU = 0.0 %	Ik'' = 2.69 kA ip = 6.41 kA	Parametry vn sítě : Sk = 2.77 MVA, X/R = 10 R = 11.6 mΩ, X = 89.3 mΩ TS U mostu 400kVA
Svod	3II1-CYKY3x150+70 Iz = 669.9 A tm = 73 ° C dU = 0.0 %	Ik'' = 2.69 kA ip = 6.37 kA	7 m ve vzduchu (E,F), R20 = 0.292 mΩ, X = 0.189 mΩ Teplota okolí [st. C] : 30 Uspořádání seskupených obvodů : Seskupené ve svazku, zapuštěné nebo uzavřené Způsob uložení : Na vodorovných perforovaných lávkách Počet seskupených obvodů : 3 Svod CYKY
Jistič	BH630S-DTVE In = 630 A Ir = 550 A	Icu = 65 kA ip = 6.37 kA	Irm = 6875 A Zs(30s) = 137 mΩ, Ia = 1.77 kA Jistič BH630
TS	Sběrnice B = 1 U = 420 V (Un + 5.0%)	Ik'' = 2.69 kA ip = 6.37 kA	O.K. Zsv < Zs(30s) (90.6 mΩ < 130 mΩ)
160A	PHN2qG In = 160 A	I1 = 120 kA io = 5.91 kA	Připojeno pomocí SPF2; Cd/Pb free Zs(30s) = 505 mΩ, Ia = 482 A Jistič-160A zaručena plná selektivita Pojistka TS
V39	1-AES 4x120+25 Iz = 215 A tm = 78 ° C dU = 0.0 % I2t < k2S2	Ik'' = 2.35 kA ip = 4.47 kA	92 m ve vzduchu (E,F), R20 = 23.7 mΩ, X = 7.45 mΩ O.K. Zsv < Zs(30s) (124 mΩ < 480 mΩ) Teplota okolí [st. C] : 30 Uspořádání seskupených obvodů : Seskupené ve svazku, zapuštěné nebo uzavřené Způsob uložení : Na vodorovných perforovaných lávkách Počet seskupených obvodů : 1 AES 4x120+25mm, 92m
U34	Sběrnice B = 1 U = 420 V (Un + 5.0%)	Ik'' = 2.35 kA ip = 4.47 kA	O.K. Zsv < Zs(30s) (124 mΩ < 480 mΩ)
V42	1-AES 4x120+25 Iz = 215 A tm = 78 ° C dU = 0.0 % I2t < k2S2	Ik'' = 1.77 kA ip = 2.84 kA	172 m ve vzduchu (E,F), R20 = 44.4 mΩ, X = 13.9 mΩ O.K. Zsv < Zs(30s) (214 mΩ < 480 mΩ) Teplota okolí [st. C] : 30 Uspořádání seskupených obvodů : Seskupené ve svazku, zapuštěné nebo uzavřené Způsob uložení : Na vodorovných perforovaných lávkách Počet seskupených obvodů : 1 AES 4x120+25mm, 172m
V43	1-AES 4x120+25 Iz = 215 A tm = 78 ° C dU = 0.0 % I2t < k2S2	Ik'' = 1.40 kA ip = 2.12 kA	161 m ve vzduchu (E,F), R20 = 41.5 mΩ, X = 13.0 mΩ O.K. Zsv < Zs(30s) (306 mΩ < 480 mΩ) Teplota okolí [st. C] : 30 Uspořádání seskupených obvodů : Seskupené ve svazku, zapuštěné nebo uzavřené Způsob uložení : Na vodorovných perforovaných lávkách Počet seskupených obvodů : 1 AES 4x120+25mm, 161m
U36	Vývod I = 0 A xB = 0 A cos fi = 0.95 I = 0 A B = 1 U = 420 V (Un + 5.0%)	Ik'' = 1.40 kA ip = 2.12 kA	R = 122 mΩ, X = 124 mΩ O.K. Zsv < Zs(30s) (306 mΩ < 480 mΩ)
80A	PHN1qG In = 80 A	I1 = 120 kA	Připojeno pomocí SPF1; Cd/Pb free

			$i_o = 3.64 \text{ kA}$	$Z_s(30s) = 1.03 \text{ Ohm}$, $I_a = 235 \text{ A}$ 160A-80A zaručena plná selektivita Pojistka VRIS1
V40	1-AES 4x50 $I_z = 119 \text{ A}$ $dU = 0.0 \%$	$t_m = 77^\circ \text{ C}$ $I_{2t} < k_{2S2}$	$I_k'' = 2.03 \text{ kA}$ $i_p = 3.36 \text{ kA}$	45 m ve vzduchu (E,F), $R_{20} = 27.9 \text{ mOhm}$, $X = 3.92 \text{ mOhm}$ O.K. $Z_{sv} < Z_s(30s)$ (171 mOhm < 982 mOhm) Teplota okolí [st. C] : 30 Uspořádání seskupených obvodů : Seskupené ve svazku, zapuštěné nebo uzavřené Způsob uložení : Na vodorovných perforovaných lávkách Počet seskupených obvodů : 1 AES 4x50mm, 45m
V41	1-AES 4x50 $I_z = 119 \text{ A}$ $dU = 0.0 \%$	$t_m = 77^\circ \text{ C}$ $I_{2t} < k_{2S2}$	$I_k'' = 1.60 \text{ kA}$ $i_p = 2.42 \text{ kA}$	70 m ve vzduchu (E,F), $R_{20} = 43.3 \text{ mOhm}$, $X = 6.09 \text{ mOhm}$ O.K. $Z_{sv} < Z_s(30s)$ (258 mOhm < 982 mOhm) Teplota okolí [st. C] : 30 Uspořádání seskupených obvodů : Seskupené ve svazku, zapuštěné nebo uzavřené Způsob uložení : Na vodorovných perforovaných lávkách Počet seskupených obvodů : 1 AES 4x50mm, 70m
U38	Vývod $I = 0 \text{ A}$ x $B = 0 \text{ A}$ $\cos \phi_i = 0.95$ $I = 0 \text{ A}$ $B = 1$ $U = 420 \text{ V}$ ($U_n + 5.0\%$)		$I_k'' = 1.60 \text{ kA}$ $i_p = 2.42 \text{ kA}$	$R = 107 \text{ mOhm}$, $X = 107 \text{ mOhm}$ O.K. $Z_{sv} < Z_s(30s)$ (258 mOhm < 982 mOhm)
160A	PHN2qG $I_n = 160 \text{ A}$		$I_l = 120 \text{ kA}$ $i_o = 5.91 \text{ kA}$	Připojeno pomocí SPF2; Cd/Pb free $Z_s(30s) = 505 \text{ mOhm}$, $I_a = 482 \text{ A}$ Jistič-160A zaručena plná selektivita Pojistka TS
V23	1-AES 4x120+25 $I_z = 215 \text{ A}$ $dU = 0.0 \%$	$t_m = 78^\circ \text{ C}$ $I_{2t} < k_{2S2}$	$I_k'' = 2.15 \text{ kA}$ $i_p = 3.79 \text{ kA}$	146 m ve vzduchu (E,F), $R_{20} = 37.7 \text{ mOhm}$, $X = 11.8 \text{ mOhm}$ O.K. $Z_{sv} < Z_s(30s)$ (150 mOhm < 480 mOhm) Teplota okolí [st. C] : 30 Uspořádání seskupených obvodů : Seskupené ve svazku, zapuštěné nebo uzavřené Způsob uložení : Na vodorovných perforovaných lávkách Počet seskupených obvodů : 1 AES 4x120+25mm, 146m
U14	Sběrnice $B = 1$ $U = 420 \text{ V}$ ($U_n + 5.0\%$)		$I_k'' = 2.15 \text{ kA}$ $i_p = 3.79 \text{ kA}$	O.K. $Z_{sv} < Z_s(30s)$ (150 mOhm < 480 mOhm)
125A	PHN2qG $I_n = 125 \text{ A}$		$I_l = 120 \text{ kA}$ $i_p = 3.79 \text{ kA}$	Připojeno pomocí SPF2; Cd/Pb free $Z_s(30s) = 746 \text{ mOhm}$, $I_a = 326 \text{ A}$ 160A-125A zaručena plná selektivita Pojistka VRIS2
V29	1-AES 4x120+25 $I_z = 215 \text{ A}$ $dU = 0.0 \%$	$t_m = 55^\circ \text{ C}$ $I_{2t} < k_{2S2}$	$I_k'' = 2.01 \text{ kA}$ $i_p = 3.40 \text{ kA}$	40 m ve vzduchu (E,F), $R_{20} = 10.3 \text{ mOhm}$, $X = 3.24 \text{ mOhm}$ O.K. $Z_{sv} < Z_s(30s)$ (169 mOhm < 709 mOhm) Teplota okolí [st. C] : 30 Uspořádání seskupených obvodů : Seskupené ve svazku, zapuštěné nebo uzavřené Způsob uložení : Na vodorovných perforovaných lávkách Počet seskupených obvodů : 1 AES 4x120+25mm, 40m
U25	Sběrnice $B = 1$ $U = 420 \text{ V}$ ($U_n + 5.0\%$)		$I_k'' = 2.01 \text{ kA}$ $i_p = 3.40 \text{ kA}$	O.K. $Z_{sv} < Z_s(30s)$ (169 mOhm < 709 mOhm)
125A	PHN1qG $I_n = 125 \text{ A}$ není selektivní !!!		$I_l = 120 \text{ kA}$ $i_p = 3.40 \text{ kA}$	Připojeno pomocí SPF1; Cd/Pb free $Z_s(30s) = 715 \text{ mOhm}$, $I_a = 340 \text{ A}$ Pojistka VRIS2
V30	1-AES 4x95+25			

	$I_z = 186 \text{ A}$ $dU = 0.0 \%$	$t_m = 65^\circ \text{ C}$ $I_{2t} < k_{2S2}$	$I_k'' = 1.60 \text{ kA}$ $i_p = 2.47 \text{ kA}$	121 m ve vzduchu (E,F), $R_{20} = 39.4 \text{ m}\Omega$, $X = 9.92 \text{ m}\Omega$ O.K. $Z_{sv} < Z_s(30s)$ (250 m Ω < 709 m Ω) Teplota okolí [st. C] : 30 Uspořádání seskupených obvodů : Seskupené ve svazku, zapuštěné nebo uzavřené Způsob uložení : Na vodorovných perforovaných lávkách Počet seskupených obvodů : 1 AES 4x95+25mm, 121m
U26	Sběrnice $B = 1$ $U = 420 \text{ V (Un + 5.0\%)}$		$I_k'' = 1.60 \text{ kA}$ $i_p = 2.47 \text{ kA}$	O.K. $Z_{sv} < Z_s(30s)$ (250 m Ω < 709 m Ω)
V31	1-AES 4x95+25 $I_z = 186 \text{ A}$ $dU = 0.0 \%$	$t_m = 65^\circ \text{ C}$ $I_{2t} < k_{2S2}$	$I_k'' = 1.46 \text{ kA}$ $i_p = 2.21 \text{ kA}$	53 m ve vzduchu (E,F), $R_{20} = 17.3 \text{ m}\Omega$, $X = 4.35 \text{ m}\Omega$ O.K. $Z_{sv} < Z_s(30s)$ (287 m Ω < 709 m Ω) Teplota okolí [st. C] : 30 Uspořádání seskupených obvodů : Seskupené ve svazku, zapuštěné nebo uzavřené Způsob uložení : Na vodorovných perforovaných lávkách Počet seskupených obvodů : 1 AES 4x95+25mm, 53m
U27	Vývod $I = 0 \text{ A}$ $x_B = 0 \text{ A}$ $\cos \phi_i = 0.95$ $I = 0 \text{ A}$ $B = 1$ $U = 420 \text{ V (Un + 5.0\%)}$		$I_k'' = 1.46 \text{ kA}$ $i_p = 2.21 \text{ kA}$	$R = 117 \text{ m}\Omega$, $X = 119 \text{ m}\Omega$ O.K. $Z_{sv} < Z_s(30s)$ (287 m Ω < 709 m Ω)
V32	1-AES 4x95+25 $I_z = 186 \text{ A}$ $dU = 0.0 \%$	$t_m = 65^\circ \text{ C}$ $I_{2t} < k_{2S2}$	$I_k'' = 1.34 \text{ kA}$ $i_p = 2.00 \text{ kA}$	105 m ve vzduchu (E,F), $R_{20} = 34.2 \text{ m}\Omega$, $X = 8.61 \text{ m}\Omega$ O.K. $Z_{sv} < Z_s(30s)$ (324 m Ω < 709 m Ω) Teplota okolí [st. C] : 30 Uspořádání seskupených obvodů : Seskupené ve svazku, zapuštěné nebo uzavřené Způsob uložení : Na vodorovných perforovaných lávkách Počet seskupených obvodů : 1 AES 4x95+25mm, 105m
V33	1-AES 4x95+25 $I_z = 186 \text{ A}$ $dU = 0.0 \%$	$t_m = 65^\circ \text{ C}$ $I_{2t} < k_{2S2}$	$I_k'' = 1.21 \text{ kA}$ $i_p = 1.79 \text{ kA}$	64 m ve vzduchu (E,F), $R_{20} = 20.9 \text{ m}\Omega$, $X = 5.25 \text{ m}\Omega$ O.K. $Z_{sv} < Z_s(30s)$ (370 m Ω < 709 m Ω) Teplota okolí [st. C] : 30 Uspořádání seskupených obvodů : Seskupené ve svazku, zapuštěné nebo uzavřené Způsob uložení : Na vodorovných perforovaných lávkách Počet seskupených obvodů : 1 AES 4x95+25mm, 64m
U29	Vývod $I = 0 \text{ A}$ $x_B = 0 \text{ A}$ $\cos \phi_i = 0.95$ $I = 0 \text{ A}$ $B = 1$ $U = 420 \text{ V (Un + 5.0\%)}$		$I_k'' = 1.21 \text{ kA}$ $i_p = 1.79 \text{ kA}$	$R = 154 \text{ m}\Omega$, $X = 128 \text{ m}\Omega$ O.K. $Z_{sv} < Z_s(30s)$ (370 m Ω < 709 m Ω)
U25	Vývod $I = 0 \text{ A}$ $x_B = 0 \text{ A}$ $\cos \phi_i = 0.95$ $I = 0 \text{ A}$ $B = 1$ $U = 420 \text{ V (Un + 5.0\%)}$		$I_k'' = 2.01 \text{ kA}$ $i_p = 3.40 \text{ kA}$	$R = 59.9 \text{ m}\Omega$, $X = 105 \text{ m}\Omega$ O.K. $Z_{sv} < Z_s(30s)$ (169 m Ω < 709 m Ω)
U14	Vývod $I = 0 \text{ A}$ $x_B = 0 \text{ A}$ $\cos \phi_i = 0.95$ $I = 0 \text{ A}$ $B = 1$ $U = 420 \text{ V (Un + 5.0\%)}$		$I_k'' = 2.15 \text{ kA}$ $i_p = 3.79 \text{ kA}$	$R = 49.6 \text{ m}\Omega$, $X = 101 \text{ m}\Omega$ O.K. $Z_{sv} < Z_s(30s)$ (150 m Ω < 480 m Ω)
160A	PHN2qG $I_n = 160 \text{ A}$		$I_l = 120 \text{ kA}$ $i_o = 5.91 \text{ kA}$	Připojeno pomocí SPF2; Cd/Pb free $Z_s(30s) = 505 \text{ m}\Omega$, $I_a = 482 \text{ A}$ Jistič-160A zaručena plná selektivita Pojistka TS
V36	1-AES 4x120+25 $I_z = 215 \text{ A}$ $dU = 0.0 \%$	$t_m = 78^\circ \text{ C}$ $I_{2t} < k_{2S2}$	$I_k'' = 2.54 \text{ kA}$ $i_p = 5.38 \text{ kA}$	40 m ve vzduchu (E,F), $R_{20} = 10.3 \text{ m}\Omega$, $X = 3.24 \text{ m}\Omega$ O.K. $Z_{sv} < Z_s(30s)$ (103 m Ω < 480 m Ω) Teplota okolí [st. C] : 30 Uspořádání seskupených obvodů : Seskupené ve svazku, zapuštěné nebo uzavřené Způsob uložení : Na vodorovných perforovaných lávkách Počet seskupených obvodů : 1

			AES 4x120+25mm, 40m
V37	1-AES 4x120+25 I _z = 215 A t _m = 78 °C dU = 0.0 % I _{2t} < k2S2	I _k ' = 2.21 kA i _p = 3.97 kA	90 m ve vzduchu (E,F), R ₂₀ = 23.2 mΩhm, X = 7.29 mΩhm O.K. Z _{sv} < Z _s (30s) (142 mΩhm < 480 mΩhm) Teplota okolí [st. C] : 30 Uspořádání seskupených obvodů : Seskupené ve svazku, zapuštěné nebo uzavřené Způsob uložení : Na vodorovných perforovaných lávkách Počet seskupených obvodů : 1 AES 4x120+25mm, 90m
V38	1-AES 4x120+25 I _z = 215 A t _m = 78 °C dU = 0.0 % I _{2t} < k2S2	I _k ' = 1.87 kA i _p = 3.05 kA	101 m ve vzduchu (E,F), R ₂₀ = 26.1 mΩhm, X = 8.18 mΩhm O.K. Z _{sv} < Z _s (30s) (195 mΩhm < 480 mΩhm) Teplota okolí [st. C] : 30 Uspořádání seskupených obvodů : Seskupené ve svazku, zapuštěné nebo uzavřené Způsob uložení : Na vodorovných perforovaných lávkách Počet seskupených obvodů : 1 AES 4x120+25mm, 101m
U29	Sběrnice B = 1 U = 420 V (Un + 5.0%)	I _k ' = 1.87 kA i _p = 3.05 kA	O.K. Z _{sv} < Z _s (30s) (195 mΩhm < 480 mΩhm)
125A	PHN2qG I _n = 125 A	I _l = 120 kA i _p = 3.05 kA	Připojeno pomocí SPF2; Cd/Pb free Z _s (30s) = 746 mΩhm, I _a = 326 A 160A-125A zaručena plná selektivita Pojistka VRIS2
V34	1-AES 4x95+25 I _z = 186 A t _m = 67 °C dU = 0.0 % I _{2t} < k2S2	I _k ' = 1.70 kA i _p = 2.69 kA	49 m ve vzduchu (E,F), R ₂₀ = 16.0 mΩhm, X = 4.02 mΩhm O.K. Z _{sv} < Z _s (30s) (227 mΩhm < 709 mΩhm) Teplota okolí [st. C] : 30 Uspořádání seskupených obvodů : Seskupené ve svazku, zapuštěné nebo uzavřené Způsob uložení : Na vodorovných perforovaných lávkách Počet seskupených obvodů : 1 AES 4x95+25mm, 49m
V35	1-AES 4x95+25 I _z = 186 A t _m = 67 °C dU = 0.0 % I _{2t} < k2S2	I _k ' = 1.60 kA i _p = 2.48 kA	34 m ve vzduchu (E,F), R ₂₀ = 11.1 mΩhm, X = 2.79 mΩhm O.K. Z _{sv} < Z _s (30s) (250 mΩhm < 709 mΩhm) Teplota okolí [st. C] : 30 Uspořádání seskupených obvodů : Seskupené ve svazku, zapuštěné nebo uzavřené Způsob uložení : Na vodorovných perforovaných lávkách Počet seskupených obvodů : 1 AES 4x95+25mm, 34m
V44	1-AES 4x95+25 I _z = 186 A t _m = 67 °C dU = 0.0 % I _{2t} < k2S2	I _k ' = 1.52 kA i _p = 2.32 kA	30 m ve vzduchu (E,F), R ₂₀ = 9.78 mΩhm, X = 2.46 mΩhm O.K. Z _{sv} < Z _s (30s) (271 mΩhm < 709 mΩhm) Teplota okolí [st. C] : 30 Uspořádání seskupených obvodů : Seskupené ve svazku, zapuštěné nebo uzavřené Způsob uložení : Na vodorovných perforovaných lávkách Počet seskupených obvodů : 1 AES 4x95+25mm, 30m
V45	1-AES 4x95+25 I _z = 186 A t _m = 67 °C dU = 0.0 % I _{2t} < k2S2	I _k ' = 1.47 kA i _p = 2.24 kA	18 m ve vzduchu (E,F), R ₂₀ = 5.87 mΩhm, X = 1.48 mΩhm O.K. Z _{sv} < Z _s (30s) (284 mΩhm < 709 mΩhm) Teplota okolí [st. C] : 30 Uspořádání seskupených obvodů : Seskupené ve svazku, zapuštěné nebo uzavřené Způsob uložení : Na vodorovných perforovaných lávkách Počet seskupených obvodů : 1 AES 4x95+25mm, 18m
U40	Vývod I = 0 A xB = 0 A cos φ = 0.95 I = 0 A B = 1 U = 420 V (Un + 5.0%)	I _k ' = 1.47 kA i _p = 2.24 kA	R = 114 mΩhm, X = 119 mΩhm O.K. Z _{sv} < Z _s (30s) (284 mΩhm < 709 mΩhm)
U29	Vývod I = 0 A xB = 0 A cos φ = 0.95 I = 0 A B = 1 U = 420 V (Un + 5.0%)	I _k ' = 1.87 kA i _p = 3.05 kA	R = 71.5 mΩhm, X = 108 mΩhm O.K. Z _{sv} < Z _s (30s) (195 mΩhm < 480 mΩhm)