

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 DANÉ LOKALITĚ**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

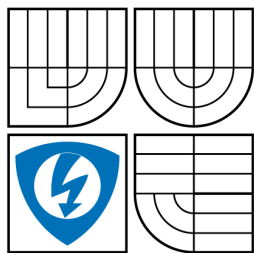
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. VOJTĚCH NOVÁK

BRNO 2009



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav elektroenergetiky

Diplomová práce

magisterský navazující studijní obor
Elektroenergetika

Student: Bc. Vojtěch Novák

ID: 83407

Ročník: 2

Akademický rok: 2008/2009

NÁZEV TÉMATU:

Návrh rekonstrukce distribuční sítě v dané lokalitě

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Klasifikace jednotlivých druhů sítí nn a vn a jejich výpočet
2. Výpočet ustáleného chodu stávající sítě nn v zadané lokalitě
3. Zhodnocení stávajícího stavu sítě a návrh variant úprav sítě
4. Výpočet ustáleného chodu sítě po navržených úpravách
5. Technicko-ekonomické vyhodnocení variant a stanovení optimální varianty, která bude realizovaná
6. Kontrola napájecí sítě vn

DOPORUČENÁ LITERATURA:

podle pokynů vedoucího

Termín zadání: 9.2.2009

Termín odevzdání: 25.5.2009

Vedoucí práce: 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. Vojtěch Novák
Bytem: Lesní 264/35, Karviná – Mizerov, 73301
Narozen/a (datum a místo): 3.1.1985, Karviná
(dále jen „autor“)

a

2. Vysoké učení technické v Brně

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

Čl. 1

Specifikace školního díla

1. Předmětem této smlouvy je vysokoškolská kvalifikační práce (VŠKP):
- ☐ disertační práce
 - ☐ diplomová práce
 - ☐ bakalářská práce
 - ☐ jiná práce, jejíž druh je specifikován jako
- (dále jen VŠKP nebo dílo)

Název VŠKP: Návrh rekonstrukce distribuční sítě v dané lokalitě
Vedoucí/ školitel VŠKP: doc. Ing. Vladimír Blažek, CSc.
Ústav: Ústav elektroenergetiky
Datum obhajoby VŠKP:

VŠKP odevzdal autor nabyvateli v*:

- ☐ tištěné formě – počet exemplářů1.....
- ☐ elektronické formě – počet exemplářů1.....

* hodící se zaškrtněte

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

Článek 2

Udělení licenčního oprávnění

1. Autor touto smlouvou poskytuje nabyvateli oprávnění (licenci) k výkonu práva uvedené dílo nevýdělečně 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:

NOVÁK, V. Návrh elektrické sítě nn v dané lokalitě. Diplomová práce. Brno: Ústav elektroenergetiky FEKT VUT v Brně, 2009, 106 stran.

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

Rád bych poděkoval vedoucímu diplomové práce panu doc. Ing. Vladimíru Blažkovi, CSc., dále pak paní Ing. Daně Mrvové za cenné rady a připomínky k mé práci. V neposlední řadě bych chtěl poděkovat své rodině za podporu během mého studia.

.....



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ



Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií

Ústav elektroenergetiky

Diplomová práce

Návrh rekonstrukce distribuční sítě v dané lokalitě

Bc. Vojtěch Novák

vedoucí: doc. Ing. Vladimír Blažek, CSc.

Ústav elektroenergetiky, FEKT VUT v Brně, 2009

Brno



BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

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

Master's Thesis

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

by

Bc. Vojtěch Novák

Supervisor: doc. Ing. Vladimír Blažek, CSc.

Brno University of Technology, 2009

Brno

ABSTRAKT

Tato diplomová práce se zabývá rekonstrukcí distribuční sítě v obci Hrubá Vrbka. Práce je rozdělena do dvou částí. Pro lepší porozumění problematice se první, teoretická část práce stručně zabývá historií elektrizační soustavy, pojednává o jednotlivých typech distribučních sítí nízkého a vysokého napětí a jejich použití v dané lokalitě z hlediska spolehlivosti a kvality dodávky elektrické energie. Je zde uvedeno dělení distribučních sítí podle způsobů uložení vodičů, podle velikosti napětí, podle druhu zapojení sítě. Následně se práce zabývá popisem vedení distribučních sítí, venkovním a kabelovým vedením a jejich parametry. Pro správný návrh sítě je dobré znát hlediska návrhu elektrického vedení, konkrétně hlediska mechanické pevnosti, oteplení, úbytku napětí, hospodárnosti, bezpečnosti a zajištění dodávky. Na konci teoretické části jsou popsány metody pro výpočet ustáleného chodu sítě, a to výpočet ustáleného chodu jako lineární a nelineární úloha, eliminace bilančního uzlu, iterační metody, redukce odběrových uzlu a řešení ustáleného chodu sítě pomocí stejnosměrného modelu.

Druhá část této diplomové práce se zabývá výpočtem ustáleného chodu v obci Hrubá Vrbka, a je zde stručně popsán program KASI, ve kterém byl výpočet ustáleného chodu sítě proveden. Nejdříve je zjištěn a zhodnocen stávající stav sítě nízkého napětí v obci a poté je navrženo několik variant rekonstrukce pro zlepšení stavu sítě. Navržené varianty rekonstrukce jsou posouzeny jak technicky, tak i ekonomicky a je vybrána nejvýhodnější varianta rekonstrukce sítě pro kterou je navrženo jištění pomocí programu SICH9. Na závěr práce je zkontrolováno zatížení napájecího vedení vysokého napětí.

KLÍČOVÁ SLOVA: distribuční síť, jmenovité napětí, nízké napětí, vysoké napětí, venkovní vedení, holý vodič, izolovaný vodič, vodiče, kabelové vedení, kabel, ustálený chod, rekonstrukce sítě,

ABSTRACT

This diploma thesis is concerned with reconstruction of distribution network in Hruba Vrbka. The diploma thesis is divided in two parts. For better understanding to this issue, the first theoretical part is shortly dedicated to the history of electrical power system, to the several types of distribution network of low voltage and high voltage and their utilization in the area, considering the reliability and the quality of delivery of the electric energy. In this thesis there is mentioned division of distribution grids according to placing of cable lines, according to voltage and according to type of grid connection. Next part of this work is dedicated to the description of overhead lines and cable lines and their characteristics. For the proper concept of the grid we should know some characteristics of the electric line's proposal: mechanical strength, warming, voltage drop, efficiency, degree of safety and provision of delivery. In the end of the theoretical part there are described methods for calculation of grid's steady state as a linear task and also non-linear task, elimination of the balancing node, the iterative method, the reduction of external power take-off nodes and the solution of the steady state of the network through the direct current model.

The second part of the diploma thesis is concerned with the calculation of the steady state in the village Hruba Vrbka. In this part is also described the KASI program which was used for the calculation of the grid's steady state. Firstly low voltage grid's balance in Hruba Vrbka was found out and evaluated and then there were proposed some solutions of the reconstruction for the grid improving. The suggested options of the reconstruction are considered from technical and economical point of view and the best solution is chosen. For this solution there is suggested the protection through program SICHR 9. In the end of this diploma thesis there is checked the load of the high voltage line.

KEY WORDS:

distribution network, nominal voltage, low voltage, high voltage, overhead line, bare conductor, insulated conductor, wire, cable line, cable, steady state, reconstruction of the network,

OBSAH

SEZNAM OBRÁZKŮ.....	13
SEZNAM TABULEK	14
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	15
1 ÚVOD	17
2 HISTORIE ELEKTRIZAČNÍ SOUSTAVY	18
3 DISTRIBUČNÍ SÍTĚ NN A VN.....	19
3.1 ROZDĚLENÍ SÍTÍ PODLE ULOŽENÍ VODIČŮ	19
3.2 ROZDĚLENÍ DISTRIBUČNÍCH SÍTÍ PODLE NAPĚTÍ.....	19
3.3 DRUHY SÍTÍ	19
3.3.1 SÍTĚ PAPRSKOVÉ	20
3.3.2 SÍTĚ OKRUŽNÍ	20
3.3.3 SÍTĚ ZAUZLENÉ, MŘÍŽOVÉ, ZJEDNODUŠENÉ NEBO KLASICKÉ	21
3.4 KATEGORIZACE BYTOVÝCH ODBĚRŮ	23
4 VEDENÍ DISTRIBUČNÍCH SÍTÍ.....	25
4.1 VENKOVNÍ VEDENÍ.....	25
4.1.1 VODIČE PRO VENKOVNÍ VEDENÍ	25
4.1.2 IZOLOVANÉ VODIČE PRO VENKOVNÍ VEDENÍ.....	26
4.2 KABELOVÁ VEDENÍ	27
4.2.1 MATERIÁLY A KONSTRUKCE JADER SILOVÝCH KABELŮ	27
4.2.2 ZÁKLADNÍ TYPY SILOVÝCH KABELŮ NN A VN	28
4.3 PARAMETRY VENKOVNÍHO VEDENÍ.....	29
4.3.1 ČINNÝ ODPOR	29
4.3.2 INDUKČNOST	30
4.3.3 KAPACITA VENKOVNÍCH VEDENÍ.....	30
4.4 PARAMETRY KABELOVÝCH VEDENÍ	30
4.5 TYPY VODIČŮ POUŽÍVAJÍCÍCH SE VE SPOLEČNOSTI E.ON.....	31
4.5.1 IZOLOVANÉ VODIČE SAX PRO VN	32
4.5.2 KABELY NA2XS(F)2Y PRO VN	32
4.5.3 IZOLOVANÉ VODIČE NFA2X PRO NN.....	33
4.5.4 KABELY NAYY PRO NN	34
5 HLEDISKA NÁVRHU ELEKTRICKÉHO VEDENÍ.....	35
5.1 HLEDISKO MECHANICKÉ PEVNOSTI	35
5.2 HLEDISKO OTEPLENÍ	35
5.3 HLEDISKO ÚBYTKU NAPĚTÍ	35
5.4 HLEDISKO HOSPODÁRNOSTI	36
5.5 HLEDISKO BEZPEČNOSTI ZAŘÍZENÍ A BEZPEČNOSTI OSOB	36
5.6 HLEDISKO KVALITY A ZABEZPEČENOSTI DODÁVKY ELEKTRICKÉ ENERGIE.....	36
5.7 HLEDISKO ZAJIŠTĚNÍ DODÁVKY	36
6 VÝPOČET USTÁLENÉHO CHODU SÍTĚ.....	38

6.1 VÝPOČET USTÁLENÉHO CHODU JAKO LINEÁRNÍ ÚLOHA	38
6.2 ELIMINACE BILANČNÍHO UZLU	40
6.3 VÝPOČET USTÁLENÉHO CHODU JAKO NELINEÁRNÍ ÚLOHA.....	40
6.4 ITERAČNÍ METODY PRO ŘEŠENÍ USTÁLENÉHO CHODU SÍTĚ	42
6.4.1 GAUSS-SEIDLOVA METODA	42
6.5 DALŠÍ ZPŮSOBY VÝPOČTU USTÁLENÉHO CHODU SÍTĚ.....	44
6.5.1 ŘEŠENÍ USTÁLENÉHO CHODU SÍTĚ POMOCÍ STEJNOSMĚRNÉHO MODELU	44
6.5.2 REDUKCE ODBĚROVÝCH UZLŮ	44
7 PROGRAM KASI	46
7.1 VSTUPNÍ DATA.....	46
7.2 VÝPOČET CHODU SÍTĚ	47
7.3 PREZENTACE VÝSLEDKŮ	49
8 POPIS STÁVAJÍCÍHO STAVU DISTRIBUČNÍ SÍTĚ NN V OBCI HRUBÁ VRBKA.....	50
8.1 PRVKY STÁVAJÍCÍ SÍTĚ NÍZKÉHO NAPĚTÍ.....	50
8.2 VÝPOČET A ZHODNOCENÍ STÁVAJÍCÍ SÍTĚ	51
9 NÁVRH REKONSTRUKCE DISTRIBUČNÍ SÍTĚ NN V OBCI HRUBÁ VRBKA	54
9.1 REKONSTRUKCE SÍTĚ HOLÝMI VODIČI TYPU ALFe	54
9.1.1 INVESTIČNÍ NÁKLADY REKONSTRUKCE SÍTĚ VEDENÍM ALFe	56
9.2 REKONSTRUKCE SÍTĚ VEDENÍM S IZOLOVANÝMI VODIČI TYPU NFA2X	56
9.2.1 INVESTIČNÍ NÁKLADY REKONSTRUKCE SÍTĚ VEDENÍM S IZOLOVANÝMI VODIČI TYPU NFA2X.	58
9.3 REKONSTRUKCE SÍTĚ KABELOVÝM VEDENÍM NAYY	58
9.3.1 INVESTIČNÍ NÁKLADY REKONSTRUKCE SÍTĚ KABELOVÝM VEDENÍM NAYY	60
10 TECHNICKÉ A EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH VARIANT	61
11 KONTROLA VEDENÍ VN	63
12 ZÁVĚR.....	64
POUŽITÁ LITERATURA	66
PŘÍLOHA A VÝKRES – STÁVAJÍCÍ STAV SÍTĚ HRUBÁ VRBKA	67
PŘÍLOHA B VÝKRES – REKONSTRUKCE SÍTĚ POMOCÍ ALFE	67
PŘÍLOHA C VÝKRES – REKONSTRUKCE SÍTĚ POMOCÍ IZOLOVANÉHO VEDENÍ S VODIČI NFA2X.....	67
PŘÍLOHA D VÝKRES - REKONSTRUKCE SÍTĚ POMOCÍ KABELOVÉHO VEDENÍ NAYY	67
PŘÍLOHA E VÝKRES – UMÍSTĚNÍ ODBĚRŮ	67
PŘÍLOHA F VÝKRES – SITUACE V OBCI HRUBÁ VRBKA (F/1, F/2).....	67
PŘÍLOHA G VÝPOČTENÉ HODNOTY PROGRAMEM KASI PRO STÁVAJÍCÍ STAV V OBCI HRUBÁ VRBKA.....	68

PŘÍLOHA H	VYPOČTENÉ HODNOTY PROGRAMEM KASI PRO REKONSTRUKCI NEVYHOVUJÍCÍCH ČÁSTÍ VEDENÍ VODIČI TYPU ALFE V OBCI HRUBÁ VRBKA.....	72
PŘÍLOHA I	VYPOČTENÉ HODNOTY PROGRAMEM KASI PRO REKONSTRUKCI IZOLOVANÝM VEDENÍM S VODIČI TYPU NFA2X V OBCI HRUBÁ VRBKA	76
PŘÍLOHA J	VYPOČTENÉ HODNOTY PROGRAMEM KASI PRO REKONSTRUKCI POMOCÍ KABELOVÉHO VEDENÍ NAYY V OBCI HRUBÁ VRBKA	80
PŘÍLOHA K	NÁVRH JIŠTĚNÍ PRO VEDENÍ NFA2X VYPOČETNÍM PROGRAMEM SICHR9.0	84

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1-1: Zjednodušené schéma elektrizační soustavy	17
Obr. 3-1: Paprsková síť (nízkého napětí)[1]	20
Obr. 3-2: Síť okružní [3]	21
Obr. 3-3: síť mřížová [5]	21
Obr. 3-4: Zjednodušená mřížová síť [1]	22
Obr. 3-5: Klasická mřížová síť nn [1]	23
Obr. 4-1: Konstrukce kombinovaného lana, 1-ocelová duše, 2- hliníkový plášť [5]	26
Obr. 4-2: Izolovaný vodič SAX [9]	32
Obr. 4-3: Kabel NA2XS(F)2Y [8]	32
Obr. 4-4: Izolované vodiče NFA2X [8]	33
Obr. 4-5: Kabel NAYY [8]	34
Obr. 6-1: Schéma sítě pro výpočet ustáleného chodu [6]	39
Obr. 6-2: Schéma π článku [6]	42
Obr. 6-3: Princip redukce odběrových uzlů	45

SEZNAM TABULEK

Tab. 3-1: Stupeň elektrizace bytů [11]	23
Tab. 3-2: Parametry zástavby[11]	23
Tab. 3-3: Parametry odběru elektřiny[11].....	24
Tab. 3-4: Rok 1998[11].....	24
Tab. 3-5: Rok 2010[11].....	24
Tab. 4-1: Vodiče pro vysoké napětí.....	31
Tab. 4-2: Vodiče pro nízké napětí	31
Tab. 4-3: Vlastnosti izolovaného vodiče SAX [9]	32
Tab. 4-4: Vlastnosti kabelu NA2XS(F)SY [8]	33
Tab. 4-5: Vlastnosti izolovaného vodičeNFA2X [8]	34
Tab. 4-6: Vlastnosti kabelu NAYY [8]	34
Tab. 8-1: Přehled velkých nebytových odběrů	51
Tab. 8-2: Použité typy vodičů.....	51
Tab. 8-3: Uzly s napětím mimo toleranci	52
Tab. 8-4: Přetížená vedení	53
Tab. 9-1: Rekonstruovaná vedení AlFe	55
Tab. 9-2: Použité typy vodičů na rekonstrukci pomocí vedení AlFe.....	55
Tab. 9-3: Měrné náklady na vedení a transformátory pro variantu s vedením AlFe.....	56
Tab. 9-4: Předpokládané investiční náklady na rekonstrukci sítě vedením AlFe	56
Tab. 9-5: Použité typy vodičů na rekonstrukci pomocí izolovaného vedení NFA2X	57
Tab. 9-6: Měrné náklady na vedení a transformátory pro variantu s NFA2X.....	58
Tab. 9-7: Předpokládané náklady na rekonstrukci sítě vedením s izolovanými vodičiNFA2X.....	58
Tab. 9-8: Použité typy vodičů na rekonstrukci kabelovým vedením	59
Tab. 9-9: Měrné náklady na vedení a transformátory pro variantu s NAYY	60
Tab. 9-10: Předpokládané náklady na rekonstrukci sítě kabelovým vedením NAYY	60
Tab. 10-1: Porovnání jednotlivých variant	61
Tab. 10-2: Ekonomické porovnání jednotlivých variant.....	61
Tab. 11-1: Zatížení vedení.....	63

SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK

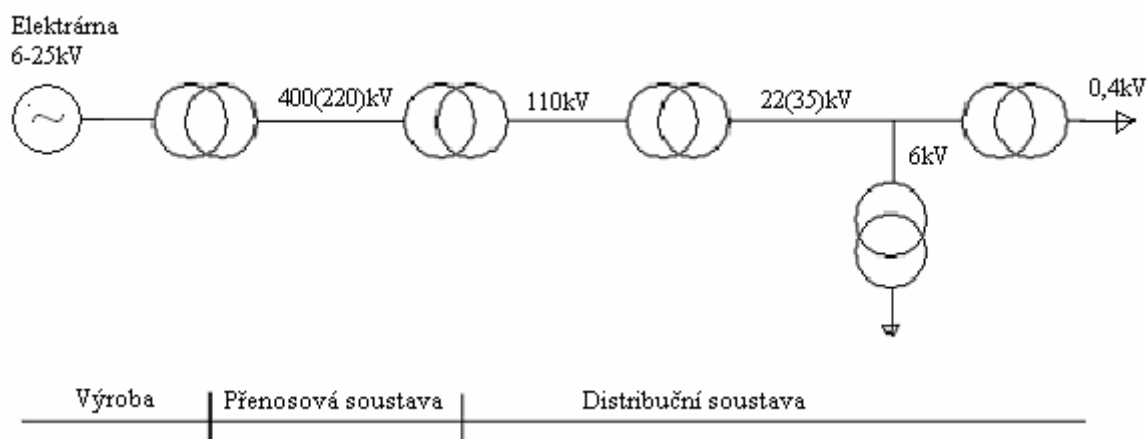
symbol	popis	jednotka
B	kapacitní susceptance	[S]
C	kapacita	[F]
G	konduktance	[S]
I	proud	[A]
$\bar{I}_1, \dots, \bar{I}_n$	uzlové proudy	[A]
I_1	primární proud	[A]
I_2	sekundární proud	[A]
I_d	dovolené zatížení	[A]
I_{nm}	jmenovitý primární proud	[A]
I_s	skutečné zatížení	[A]
$\bar{I}_i^*$	komplexně sdružený proud	[A]
L	indukčnost	[H]
P	činný výkon	[W]
P_b	příkon bytové jednotky	[W]
P_i	celkový instalovaný výkon spotřebitelů	[W]
Q	jalový výkon	[VAr]
R	odpor	[Ω]
S	zdánlivý výkon	[VA]
U	napětí	[V]
$\bar{U}_1, \dots, \bar{U}_n$	uzlová napětí	[V]
U_1	primární napětí	[V]
U_2	sekundární napětí	[V]
U_n	jmenovité napětí	[V]
Y	admitance	[S]
Z	impedance	[Ω]
d	průměr	[m]
k	číslo iterace	-
r	poloměr	[m]

$\bar{y}_{ij}$	admitance jednotlivých větví	[S]
α	modul podélných impedancí	-
α	teplotní součinitel délkové roztažnosti	[K ⁻¹]
β	koeficient zatížení	-
β	teplotní součinitel objemové roztažnosti	[K ⁻¹]
ε	požadovaná přesnost výpočtu	-
μ_r	relativní permitivita	[H.m ⁻¹]
v	uvažována teplota	[°C]
v_0	počáteční teplota	[°C]
ρ_0	měrný elektrický odpor	[Ω.m]
φ	fázový posuv	-
ΔP	ztráty činného výkonu	[W]
ΔP_C	celkové ztráty v síti	[W]
ΔP_{CU}	ztráty transformátorů v mědi	[W]
ΔP_{Fe}	ztráty transformátorů v železe	[W]
ΔP_K	ztráty nakrátko (v mědi)	[W]
ΔP_T	celkové ztráty v transformátorů	[W]
ΔP_V	ztráty ve vedení	[W]
ΔP_0	ztráty naprázdno (v železe)	[W]
ΔQ	ztráty jalového výkonu	[VAr]
$\Delta U_A, \Delta U_B$	úbytek napětí v daných uzlech	[V]

1 ÚVOD

Elektrizační soustava slouží pro přenos elektrické energie od výrobce až ke konečnému spotřebiteli. Zahrnuje v sobě proces výroby, přenosu, distribuce a spotřeby elektrické energie, zjednodušené schéma elektrizační soustavy je uvedeno na *Obr. 1-1*. Všechny tyto procesy a jejich řízení se uskutečňují prostřednictvím elektrizační soustavy. Množství vyráběné elektrické energie musí v každém okamžiku odpovídat energii spotřebované. Elektrickou energii získáváme v místě výroby přeměnou jiných forem energie (štěpením jader, hořením fosilních paliv, kinetickou energii vody a větru) a v místě spotřeby zase elektrickou energii přeměňujeme na námi požadované druhy energie (mechanickou, světelnou, tepelnou). Výhodou elektrické energie je její získávání z jiných forem energie s poměrně dobrou účinností a v požadovaném množství, snadná přeměna na jiné druhy energie, snadná a přesná měřitelnost dodávaného množství. Mezi nevýhody patří například nemožnost její výroby do zásoby a skladování, nákladné zařízení na její výrobu a přenos, těsná návaznost výroby a spotřeby elektrické energie a vysoké nároky na řízení elektrizační soustavy z důvodu potřeby rychlé reakce na změnu provozu, atd. [4]

K distribuci elektrické energie slouží distribuční soustava, která zahrnuje velmi širokou oblast dodávky elektrické energie. Do distribuční soustavy patří vedení 110kV, 22kV, 10(6)kV, 0,4kV.



Obr. 1-1: Zjednodušené schéma elektrizační soustavy

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

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

K distribuci elektrické energie se využívají různé typy distribučních sítí. Jelikož každý typ sítě má jiné provozní vlastnosti a ne každá síť dokáže splnit požadavky na dodávku a kvalitu elektrické energie v zásobované lokalitě, musíme tyto rozdělit především podle stupně dodávky elektrické energie.

2 HISTORIE ELEKTRIZAČNÍ SOUSTAVY

Historie přenosu a rozvodu elektrické energie začíná podle [2] v předminulém století. První přenos elektrické energie se uskutečnil podle návrhu francouzského fyzika Marcela Repre v roce 1882 v Německu mezi městy Miesbachem a Mnichovem. Elektrická energie byla přenášena prostřednictvím stejnosměrného proudu na vzdálenost 57km a účinnost přenosu byla 22%.

Poprvé se ve střední Evropě rozsvítily žárovky v roce 1882 a to v Městském divadle v Brně. První veřejná elektrárna v ČR byla postavena F. Křižíkem v roce 1889 na Žižkově. Nevýhodou stejnosměrného přenosu (napětí rozvodné stejnosměrné sítě bylo nejčastěji 120V) na větší vzdálenost byly velké ztráty, kdy převážná část elektrické energie se spotřebovala Jouleovým teplem ve vodičích. Poměrné ztráty bylo možné zmenšovat použitím materiálu o malém měrném odporu, zvětšováním průřezu vodiče anebo zvyšováním napětí.

Vynález transformátoru (Jabločkov v r.1876) a uplatnění točivého magnetického pole (N.Tesla v r.1886) v konstrukčně jednoduchém asynchronním motoru otevřely dveře přenosu velkých výkonů na velkou vzdálenost. V roce 1889 v AEG vyvinul Dolivo-Dobrovoski trojfázový motor a v roce 1891 byl poprvé uskutečněn přenos střídavým proudem na vzdálenost 175km s napětím 15kV mezi Laufenem a Frankfurtem. Zařízení v Laufenu tvořila vodní turbína o výkonu asi 200kW, alternátor na střídavý proud o výkonu 200kVA při napětí 95V a transformátor s převodem 95/15000V. Ve Frankfurtu se napětí transformací snížilo a přenesené energie se použilo k pohonu asynchronního motoru o výkonu asi 73kW a k napájení osvětlovacího zařízení. [2]

První elektrárna na střídavý proud u nás byla postavena v roce 1890 na dole Bílina. Soustavná elektrizace a rozvoj sítí na střídavý proud u nás nastaly až po roce 1918. Sítě na střídavý proud měly napětí generátoru 2,2kV nebo 3kV, transformované pro domovní instalace na 120V. Koncentrovaný odběr elektřiny ve městech pro průmysl i sektor bytově-komunální si s neustálým zvětšováním spotřeby postupně vyžadoval složitou soustavu sítí, proto se méně výkonné soustavy s nižším napětím 2; 3; 5,25 a 6kV nadřadily sítě s napětím 10, 22 a 35kV, a v dalším rozvoji pak sítě 110, 220 a 400kV. V roce 1995 se česká elektrizační soustava propojila se západoevropskou soustavou UCTE. [2]

3 DISTRIBUČNÍ SÍŤ NN A VN

Distribuční síť slouží k distribuci elektrické energie jejím koncovým uživatelům. V podmínkách ČR zahrnují distribuční soustavy hladinu velmi vysokého napětí (vvn) 110kV, hladiny vysokého napětí (vn) 22kV (35kV) a hladinu nízkého napětí (nn) 230/400V. Hladina nízkého napětí slouží pro rozvod elektrické energie maloodběratelům. [4]

3.1 Rozdělení sítí podle uložení vodičů

- Kabelová síť uložená v zemi – nejčastěji se používá v centrech měst.
- Síť tvořená venkovním vedením s holými vodiči AlFe, umístěnými na sloupech se používá na vesnicích nebo na okraji měst.
- Síť tvořená závěsnými kabely.
- Síť tvořená izolovanými vodiči – v dnešní době nahrazují síť tvořené holými vodiči typu AlFe
- Smíšená síť, která je tvořena různými kombinacemi výše uvedených typů.

3.2 Rozdělení distribučních sítí podle napětí

Napětí v distribučních sítích je dáno podle normalizované řady napětí, která slouží především k dosažení optimálních podmínek zásobování elektrickou energií. [2]

- Síť s napětím 110kV slouží k přenosu velkých výkonů na poměrně velké vzdálenosti, z transformační stanice 400(220)/110kV do místa, kde dochází k transformaci napětí 110/22kV nebo k zásobování velkoodběratelů (velkých průmyslových podniků). Distribuční síť jsou provozovány s uzemněným uzlem.
- Síť s napětím 22kV slouží k rozvodu elektrické energie do center spotřeby jako jsou obce, města atd., a k zásobování středoodběratelů. Síť 22kV transportují elektrickou energii na střední vzdálenosti. Distribuční síť 22kV se provozují s izolovaným uzlem nebo s uzlem připojeným přes zhašecí tlumivku nebo přes rezistor na zem.
- Síť s napětím 400/230V slouží k dodávce elektrické energie jednotlivým uživatelům (maloodběratelům). Síť 400/230V transportují elektrickou energii na malé vzdálenosti. Distribuční síť 400/230V se provozují převážně s uzemněným uzlem.

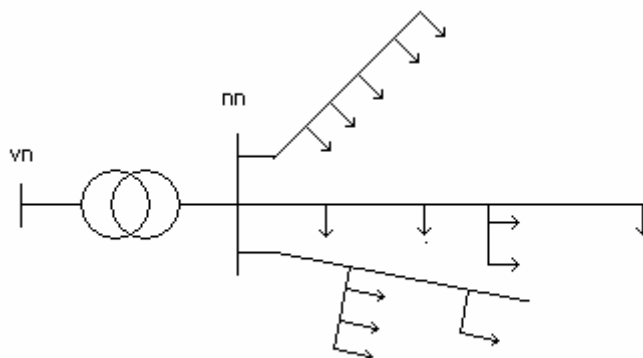
3.3 Druhy sítí

Distribuční síť se podle požadované spolehlivosti a kvality dodávky elektrické energie musí vhodným způsobem zapojit. Síť pak dělíme dle zapojení na síť:

1. Paprskové
2. Okružní
3. Zauzlené, mřížové
 - a) Zjednodušené
 - b) Klasické

3.3.1 Síť paprskové

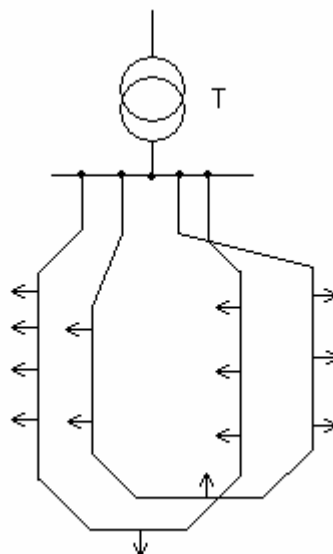
Jsou to takové síť *Obr.3-1*, u nichž vedení, a to buď venkovní nebo kabelové, vycházející z napájecího uzlu (ze spínací stanice nebo transformovny) zásobuje jednotlivé odběry. Každý vývod je samostatný a nelze je vzájemně spojit. Tento způsob rozvodu je obvykle nejlevnější, ale jistota zásobování je nejmenší. Tento druh sítí se převážně používá ve venkovských obcích, malých městech a v průmyslu pro napětí 110kV a 22kV, ale také u 400/230V, kde není nutná velká spolehlivost dodávky elektrické energie. Na koncích paprskových vedení se vyskytuje značné kolísání napětí. Přerušeni dodávky může být několik hodin, ale také několik dnů. [1]



Obr. 3-1: Paprsková síť (nízkého napětí)[1]

3.3.2 Síť okružní

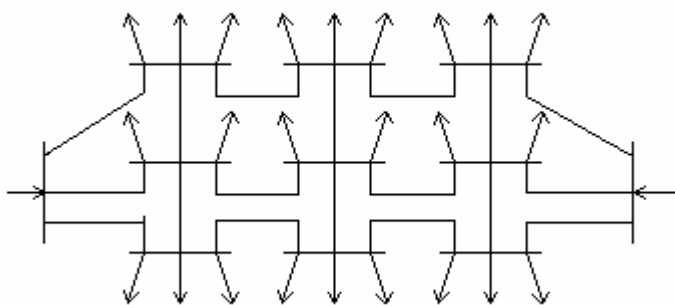
Okružní síť *Obr. 3-2* se podle [1] skládá z okružních vedení, jejichž oba konce jsou připojeny na totéž napájecí místo, takže každý odběr se může napájet ze dvou stran, což zlepšuje bezpečnost dodávky elektrické energie při poruše na okružním vedení. Okružní síť vykazuje menší kolísání napětí v odběrových místech, má menší průřezy a složitější ochrany než síť paprsková. Je také vhodná pro paralelní spolupráci několika elektráren spojených v jejím okruhu, neboť zabezpečuje lépe dodávku energie jak mezi elektrárnami, tak i do společné odběrové oblasti. Tento způsob rozvodu se používá především k napájení větších měst a větších obcí pro nízké, ale i vysoké napětí.



Obr. 3-2: Sít' okružní [3]

3.3.3 Sítě zauzlené, mřížové, zjednodušené nebo klasické

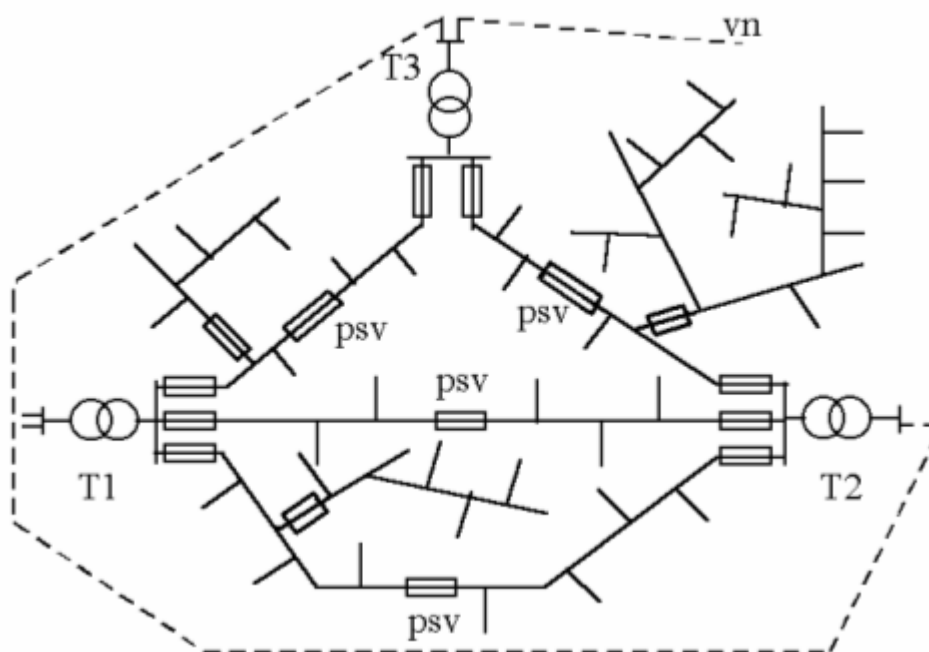
Dle [1] se používají především u sítí nn ve větších městech s velkou hustotou zástavby. Uzlová síť zabezpečuje provoz a zlepšuje bezpečnost dodávky elektrické energie, jelikož každý odběr se může napájet z několika stran. Napěťové poměry jsou v této síti nejvýhodnější, kolísání napětí je v ní nejmenší a rozloženo rovnoměrněji a průřezy vodičů jsou menší než u sítí okružních. Rozšířit síť nebo rozmnožit počet stanic je snadné, ochrana proti zkratům je však obtížnější než u ostatních typů sítí, neboť mají větší zkratové proudy. Zvláštním typem sítě uzlové je síť mřížová.



Obr. 3-3: sít' mřížová [5]

Mřížová síť zjednodušená

Zjednodušenou síť nn Obr. 3-4 lze vytvořit tehdy, pracují-li do společné sítě alespoň dva transformátory. Mezi těmito stanicemi je spojení hlavními vedeními, obvykle s většími průřezy, jištěnými výkonovými pojistkami. Ve vhodných místech těchto magistrál, nejlépe v místech tzv. kritického průřezu, jsou slabší pojistky zvané pojistky slabé vazby. Zjednodušená mřížová síť reaguje na poruchy na straně nn, nikoliv na straně vn. Ze schématu je zřejmé, že distribuční transformátory jsou napájeny jedním vedením vn, obvykle venkovním. [1]



Obr. 3-4: Zjednodušená mřížová síť [1]

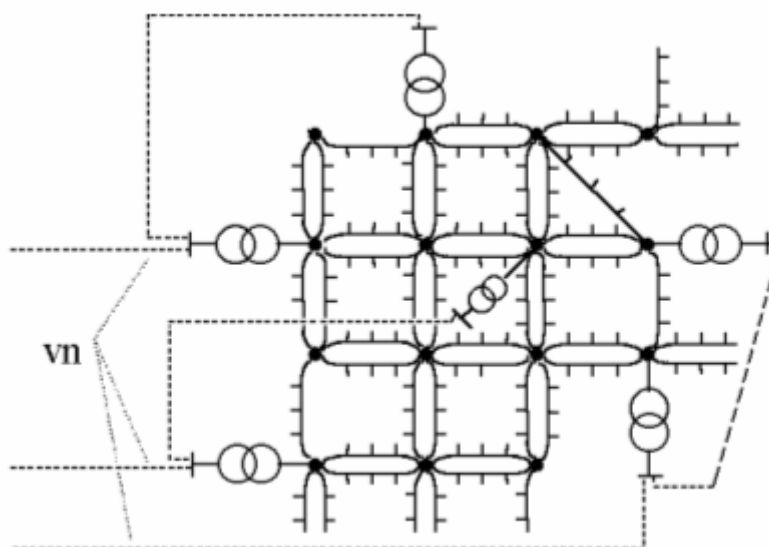
Klasické mřížové sítě

Klasické mřížové sítě se hodí do větších měst s měrnou hustotou 500 až 1000 kW/km² a více, kde je několik transformoven napájených nejméně dvěma, lépe třemi až pěti napáječi vn Obr 3-5. V klasické síti se projeví lepší bezpečnost zásobování odběratelů při poruše některého napáječe vn. [1]

Výhody mřížových sítí:

- Lepší využití transformátorů i vedení. Transformátory si vzájemně pomáhají, zatížení se rozdělí rovnoměrněji, takže při stejném zatížení se oproti paprskovému nebo okružnímu rozvodu ušetří na počtu transformoven.
- Zmenší se úbytky i kolísání napětí, úroveň napětí je rovnoměrnější.
- Zmenší se ztráty v síti.
- Lze připojovat větší soustředná zatížení (např. motory nakrátko) tzn., že domovní výtahy nezpůsobují nepříjemné blikání světla.
- Velká výhoda mřížových sítí je, že při neustálém zvětšování spotřeby elektrické energie není třeba síť rekonstruovat, neboť stačí do vhodných míst sítě umístit další transformovny.

Nevýhoda mřížových sítí - větší zkratové proudy v síti nn.



Obr. 3-5: Klasická mřížová síť nn [1]

3.4 Kategorizace bytových odběrů

Bytové odběry rozdělujeme podle způsobů využití elektrické energie v daném bytě či domě na stupně elektrizace A, B1, B2, C viz. tab.3-1.

Tab. 3-1: Stupeň elektrizace bytů [11]

Stupeň elektrizace	Složka odběru
A	základní (osvětlení, drobné spotřebiče)
B1	dtto A + příprava pokrmů elektricky
B2	dtto B1 + ohřev teplé vody (TUV) elektricky
C	dtto B2 + vytápění elektricky

V rámci stupně C se uvažují 3 dílčí stupně C1, C2, C3 podle způsobu vytápění.

Základní výkonové podklady bytových odběrů na úrovni vývodu NN, TS VN/NN a vývodu NN pro venkovské obce

Tab. 3-2: Parametry zástavby[11]

Charakteristika	Řadová zástavba, rodinné domy
Hustota zástavby	20 ÷ 80 bj/km síť
Průměrná plocha bytu	100m ²
Rozsah počtu bytových jednotek	50÷1000 b.j.

Tab. 3-3: Parametry odběru elektřiny[11]

Základní zatížení bytového odběru	0,8 kW/bj
Podíl nebytového odběru	0,35 kW/bj
Energie pro vytápění	Pevná paliva, plyn, elektro
Uvažované stupně elektrizace	30 % B1 10,20,40,60,80,100 % C1 10,20,40,60,80,100 % C2

Měrná zatížení bytových jednotek na úrovni hlavních distribučních prvků sítě, respektující současnost odběrů jednoho bytu a soudobost předpokládaného počtu odběratelů na vývodu.:

Tab. 3-4: Rok 1998[11]

Stupeň elektrizac	p _{mb} [kW/b.j.]		
	NN	TS	VN
A	0,60	0,55	0,42
B1	1,25	1,15	0,90
B2	2,00	1,70	1,45
10%	1,25	1,20	1,15
20%	2,20	2,10	2,00
40%	4,10	3,70	3,60
60%	6,00	5,50	5,40
80%	7,70	7,20	7,00
100	10,4	9,20	8,60
10%	1,80	1,70	1,60
20%	3,30	3,10	3,00
40%	6,40	5,80	5,70
60%	10,0	8,90	8,40
80%	13,1	11,7	11,0
100	16,0	14,7	13,6

Tab. 3-5: Rok 2010[11]

Stupeň	p _{mb} [kW/b.j.]		
	NN	TS	VN
A	0,90	0,83	0,65
B1	1,62	1,50	1,15
B2	2,40	2,10	1,75
10%	1,45	1,35	1,30
20%	2,40	2,25	2,15
40%	4,40	4,00	3,90
60%	6,40	5,90	5,70
80%	8,20	7,50	7,30
100	10,8	9,70	9,10
10%	2,00	1,90	1,80
20%	3,45	3,30	3,15
40%	6,80	6,30	5,90
60%	10,5	9,20	8,70
80%	13,5	11,9	11,3
100	16,5	15,0	14,0

4 VEDENÍ DISTRIBUČNÍCH SÍTÍ

Distribuční sítě se budují podle jejich účelu, a to 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.

4.1 Venkovní vedení

Venkovní vedení se používají tam, kde je dostatek prostoru. Nelze je použít v oblastech s velkou hustotou zástavby, jako jsou například města. Oproti kabelovým vedením mají venkovní vedení nižší pořizovací náklady, ale provozní náklady a náklady na údržbu jsou vyšší. [3]

- a) Venkovní vedení 110kV - Vedení 110kV tvoří hlavní článek distribuce elektrické energie mezi vazebním bodem nadřazené soustavy a centrem odběru průmyslových oblastí nebo měst. Vedení jsou obvykle provozována jako paprsková. Pro venkovní vedení se používají nejčastěji holá kombinovaná lana AlFe na železných stožárech.
- b) Venkovní vedení 22kV - Vedení 22kV slouží převážně k distribuci elektrické energie do obcí a menších měst a také k dodávce elektrické energie středoodběratelům. Tato vedení se provozují jako okružní nebo paprsková. S těmito vedeními se můžeme setkat na betonových sloupech. Vedení 22kV je tvořeno nejčastěji kombinovanými vodiči AlFe.
- c) Venkovní vedení 400/230V - Venkovní vedení 400/230V s použitím holých vodičů typu AlFe se používají pouze v obcích a malých městech, kde je dostatek prostoru. Tato vedení se dnes budují nebo rekonstruuji pomocí izolovaných vodičů. Venkovní vedení 400/230V se provozují jako okružní nebo jako paprsková a jsou umístěna na dřevěných nebo betonových sloupech.

4.1.1 Vodiče pro venkovní vedení

Vodiče jsou funkčně nejdůležitější části venkovního vedení a představují také ekonomicky rozhodující prvek venkovního vedení. Volba vodičů určuje nejen výši nákladů, ale také konstrukci stožárů a především bezpečnost provozu celého vedení. Protože jsou vodiče vystavené různým klimatickým podmínkám – větru, dešti, námraze, změnám teploty, chemickým vlivům – jsou na ně kladeny následující požadavky: [5]

- malá měrná hmotnost vodičů kvůli dopravě a montáži, ale dostatečně velká na to, aby nebyly příliš vychylovány větrem
- malý průměr vodičů omezující účinky větru, ale velký pro snížení ztrát korónou
- velká mechanická pevnost
- odolnost proti chemickým vlivům a změnám teploty
- odolnost proti chvění
- nízká cena

4.1.1.1 Materiály a konstrukce vodičů

- 1) Měděná lana a dráty – Tyto vodiče mají výborné elektrické i mechanické vlastnosti, stejně jako odolnost proti okolním vlivům. Nevýhodou je jejich vysoká cena, a proto se používají zcela výjimečně. [5]

- 2) Hliníkové vodiče – Hliník je cenově dostupný materiál s dobrou vodivostí, ale malou pevností. Pro účely venkovního vedení, kde je mechanická pevnost vodiče rozhodující, se používají hliníkové vodiče v kombinaci s nosným prvkem . [5]
- 3) Železné vodiče - Konduktivita železa je nízká, ale železo je laciné a má dobré mechanické vlastnosti, a proto se s ním jako s vodivým materiálem setkáváme. Jeho použití je však vhodné jen na vedení, která jsou občas nebo nepatrně zatížena, např. zemní lana a svody hromosvodu, nebo tam kde plní funkci nosného prvku vodiče – kombinovaná lana. [5]
- 4) Slitinové vodiče – Aby se potlačili horší mechanické vlastnosti hliníku byly vyvinuty slitiny hliníku s větší mechanickou pevností: Aldrey, Cond –Al, VUK33-E . Také vodiče z těchto materiálů se většinou používají v kombinaci s nosným prvkem jako kombinovaná lana. [5]

4.1.1.2 Kombinovaná lana

Jsou to lana ze dvou materiálů, z nichž jeden má velkou pevnost a tvoří nosnou část lana tzv. duši, druhý má velkou vodivost a tvoří elektrovednou část lana – plášť. Lze použít různých kombinací kovů: Al + Fe, slitina Al + Fe, Cu + Fe, Cu + bronz. Nejčastěji se používají kombinovaná lana AlFe nebo AldFe (ocelová duše a plášť ze slitiny). Tato lana nejlépe odpovídají požadavkům na venkovní vodiče: spojují dobrou vodivost hliníku s velkou pevností oceli, vodivá část lana má velký průměr, což omezuje korónu a tvar mezikružší, to odpovídá rozložení proudové hustoty v průřezu, kdy ocelovou duši prochází zanedbatelný díl proudového zatížení. Nevýhodou je pouze náchylnost k vibracím, proti kterým je nutno tato lana chránit. [5]



Obr. 4-1: Konstrukce kombinovaného lana, 1-ocelová duše, 2- hliníkový plášť [5]

Označování kombinovaných lan:

např. **120AlFe 6**

- kde: 120 - značí jmenovitý průřez lana, zaokrouhlený průřez elektrovedné části lana
 AlFe - značí typ lana, materiál pláště a materiál duše
 6 - značí zaokrouhlený poměr průřezů pláště a duše lana

4.1.2 Izolované vodiče pro venkovní vedení

Izolované vodiče byly vyvinuty pro omezení poruch na venkovním vedení, které jsou často způsobeny nepříznivými vlivy počasí. Proto se v dnešní době klasická holá kombinovaná lana stále častěji nahrazují právě těmito vodiči. Výhody izolovaných vodičů: [5]

- Menší vzdálenosti mez fázovými vodiči a mezi fázovými vodiči a zemí.
- Menší ochranná pásma – lepší začlenění do krajiny.
- Těsnější uspořádání vodičů – lepší elektrické vlastnosti.

Vodiče jsou vyrobeny z pevné hliníkové slitiny, jsou slánované a komprimované, aby se snížil jejich průměr a povrch vodiče byl co nejvíce homogenní. Používají se pro vn a pro 110kV. Izolace je vyrobena z vodovzdorné izolace ze zesíťného polyetylénu (XLPE). Pro vn se používá také třífázové izolované venkovní vedení, které se skládá ze tří izolovaných jednofázových kabelů, které jsou sláněny kolem ocelového nosného lana. [5]

4.2 Kabelová vedení

Kabelová vedení nachází uplatnění tam, kde z prostorových, bezpečnostních případně jiných důvodů (silná námrazová oblast, chemicky agresivní ovzduší) nelze použít vedení venkovní. Pořizovací náklady kabelových vedení jsou oproti venkovním vedením několikanásobně vyšší. Běžná jsou kabelová vedení nn a vn. Pro vedení s napětím 110kV se používají ojediněle. Často dochází ke kombinaci vedení venkovního a kabelového. [5]

- a) Kabelová vedení 110kV - Kabelová vedení 110kV se budují zcela výjimečně, a to hlavně z důvodu jejich vysoké ceny a technické náročnosti při výstavbě a provozu takového vedení. Tato vedení najdou uplatnění zejména při zásobování velkých měst a průmyslových komplexu.
- b) Kabelová vedení 22kV a 400/230V - S kabelovými vedeními 22kV a 400/230V se setkáváme ve všech městech, jsou součástí zásobování větších měst, kde kabely jsou vedeny v podzemních kolektorech a uloženy na kabelových lávkách. V menších městech, kde podzemní kolektory nejsou, jsou kabely uloženy v zemi s pískovým ložem. Hlavní kabelová vedení nn se navrhují a provozují převážně jako okružní vedení, rozpojené na jednotlivé paprsky. Ve velkých městech je kabelová síť mřížová.

4.2.1 Materiály a konstrukce jader silových kabelů

Jako materiály jader silových kabelů se používá buď měď nebo hliník. Měď má lepší vodivost, větší pevnost v tahu, ale oproti hliníku je těžší. Hliníkové vodiče mají některé nepříznivé vlastnosti, na které je třeba při jejich používání brát ohled: [5]

- a) Povrchová vrstva kysličníku zvyšuje přechodový odpor v místě spojů. Proto je třeba vodiče před připojením na svorky řádně očistit. Při spojování pájením je třeba používat tavidla a pájky s obsahem zinku.
- b) Ve spojích vodičů Cu a Al tam, kde jsou vystaveny vlhku, dochází k elektrolytickému rozkladu. Vzniká galvanický článok, kde Al tvoří zápornou elektrodu, která se rozkládá. Tomu se dá zabránit použitím ocelových pozinkovaných plechu.
- c) Pevnost Al je menší, lehce se deformuje, vytahuje a láme, proto je třeba zabránit vícenásobným ohybům.
- d) Teplotní roztažnost Al je větší než Cu. Při větších proudech se následkem střídavého ohřívání uvolňuje tlak ve svorkách, tomu přispívá i tzv. tečení za studena. Proto se šroubové spoje musí opakovaně dotahovat.

Jádra vodičů se zhotovují dvojím způsobem:

- a) Jádra plná jsou tvořena jedním vodičem.
- b) Jádra složená jsou tvořena lanem, tedy větším počtem sláněných drátů.

Hlavní rozdíl ve vlastnostech plných jader a lan je ohebnost. Na vnitřní straně ohybu dochází k namáhání tlakem a zkracování jádra, na vnější straně se jádro namáhá tahem a prodlužuje se. U plného vodiče dochází k deformování materiálu silou úměrnou jeho pevnosti. U lan, kde dráty mohou měnit svoji polohu a vzájemně se posouvat je ohýbání značně ulehčeno. Rozhodující vliv na ohebnost lana má síla drátů, z nichž je lano složeno, použitím většího počtu tenčích drátů je lano ohebnější, ale dražší. [5]

1. Jádra kruhová – Vodiče mají kruhový profil.
2. Jádra sektorová – Profil sektorových jader má tvar kruhové výseče se zaoblenými hranami. Tento profil je méně častý, používá se výhradně u tří a čtyřmílových kabelů větších průřezů. Tímto způsobem se lépe využívá prostoru, takže kabel se sektorovými jádry má menší průměr než s kruhovými jádry stejného průřezu.
3. Jádra jiných profilů – Např. oválná jádra kabelů vvn nebo dutá antivibrační lana venkovních vedení, ale s těmito kabely se setkáváme zcela výjimečně.

4.2.2 Základní typy silových kabelů nn a vn

a) Klasické kabely – s papírovou izolací

Původní konstrukce kabelů používá papírovou izolaci, která je tvořena ovinutím jádra papírovými pásky. Tyto vytvářejí vrstvu o potřebné elektrické pevnosti, která je impregnována kabelovou hmotou, jejímž základem jsou minerální oleje. V případech, kdy kabel bude mít po uložení konce v různé výšce, používá se nemigrující izolace, jejíž impregnant není při provozní teplotě tekutý. Žily jsou stočeny a opatřeny společným olověným pláštěm. Na plášti bývá protikoroze ochrana. Nejčastěji používaný typ má jako další vrstvu pancíř, vytvořený ovinutím dvěma ocelovými pásky, které chrání kabel před mechanickým poškozením, a na něm je vlákninový obal natřený asfaltem. Kabely namáhané tahem mají místo pancíře z pásek pancíř z ocelových drátů. [5]

Tyto kabely se již v současné době nevyrábějí, ale vzhledem k jejich životnosti se s nimi můžeme setkat i dnes.

Klasické kabely s papírovou izolací byly nahrazeny novými druhy kabelů, které je možno rozdělit podle druhu výtlačně lisované izolace. Tyto kabely mají výhody oproti klasickým kabelům s papírovou izolací:

- nižší hmotnost kabelu a z toho vyplývá snazší manipulace a přeprava
- pokládka větších délek
- potřeba menšího počtu spojek při pokládce větších délek
- během provozu nevyžadují žádnou údržbu

b) Celoplastové kabely s izolací PVC – používá se na hladinách napětí 1-6kV, výhoda PVC je, že je to plamenem nešířící se materiál, při hoření se však uvolňuje chlorovodík. [5]

c) Kabely s izolací ze zesíleného polyetylenu – zesílený polyetylen má lepší mechanické vlastnosti, působením tepla se netaví. [5]

d) Kabely s izolací z kaučukového vulkanizátu – Guma (pryž) je pružná makromolekulární látka, která se vyrábí vulkanizací z přírodního nebo ze syntetického kaučuku. Používá se především k výrobě ohebných vodičů, šňůr. [5]

4.3 Parametry venkovního vedení

Parametry vedení se podle [4] většinou vyjadřují v jednotkách na 1km délky vedení.

Podélná impedance vedení na jednotku délky je

$$z_k = R_k + jX_k \quad ; [\Omega / km; \Omega / km, \Omega / km] \quad (4.1)$$

Příčná admitance vedení na jednotku délky je

$$y_k = G_k + jB_k \quad ; [S / km; S / km, S / km] \quad (4.2)$$

4.3.1 Činný odpor

Při výpočtu dle [4] uvažujeme vlivy:

- a) materiálu a jeho čistoty
- b) teploty
- c) skin efekt v obvodech se střídavým proudem
- d) kroucení dílčích vodičů u lan
- e) odchylky skutečného průřezu od jmenovitého
- f) průhybu.

Při ustáleném stejnosměrném proudu platí pro činný odpor neferomagnetických materiálů na jednotku délky při teplotě v_0

$$R = \frac{\rho_0}{s} \quad ; \left[\frac{\Omega}{km}; \frac{\Omega mm^2}{km}, mm^2 \right] \quad (4.3)$$

kde ρ_0 je měrný odpor při teplotě v_0 , s je průřez.

- a) Materiál a jeho čistota se respektuje měrným odporem, který pro jednotlivé materiály předepisuje ČSN s výtčením teploty v_0 . U dobrých vodičů roste ρ_0 se stoupajícím obsahem nečistot. [4]
- b) Teplota se respektuje činitelem

$$k_\vartheta = 1 + \alpha(v - v_0) + \beta(v - v_0)^2 \quad ; \left[-; \frac{1}{^\circ C}, ^\circ C \right] \quad (4.4)$$

kde α , β jsou teplotní činitelé odporu, v – uvažovaná teplota.

- c) Skin efekt způsobuje při průchodu střídavým proudem zvětšování proudové hustoty ve směru k povrchu vodiče. Nerovnoměrnost rozložení proudu po průřezu závisí na kmitočtu proudu, materiálu, velikosti a tvaru průřezu vodiče a působí zvětšení rezistance proti rezistanci pro stejnosměrný proud. Zvýšení rezistance skin efektem je pro hliníkové dráty a lana i dvoumateriálová lana při kmitočtu 50Hz zanedbatelné – nepřesahuje hodnotu 1,5%. U měděných vodičů dosahuje více než 1% až do průřezu 240mm². [4]
- d) Kroucení drátu v lanech má za následek, že je lano kratší než drát, ze kterého bylo spleteno. Lano má proto větší rezistanci než drát stejné délky, průřezu a materiálu. U měděných lan dosahuje zvýšení asi 2%, u lan hliníkových a dvoumateriálových mezi 2% až 5%. [4]

- e) Odchylka skutečného průřezu - podle ČSN jsou vodiče normovány podle jmenovitých průřezů, což jsou zaokrouhlené hodnoty skutečných průřezů. [4]
- f) Průhyb zavěšeného vodiče venkovních vedení způsobuje zvětšení délky vodiče proti topografické délce vedení. Zvýšení rezistance průhybem je závislé na povětrnostních podmínkách a pohybuje se okolo 2%. [4]

4.3.2 Indukčnost

Indukčností vyjadřujeme vliv magnetického pole od proudů ve vodičích na daný vodič. U vícevodičových vedení, vzhledem k nevelké vzdálenosti vodičů, vznikají vzájemně magneticky vázané proudové obvody jednotlivých vodičů, tj. časově proměnná magnetická pole od proudu v jednom vodiči způsobuje indukci napětí nejen v tomto vodiči ale i v ostatních vodičích. [4]

V případě trojfázových symetrizovaných vedení se souměrnou zátěží je možné souhrn indukčních vlivů vyjádřit provozní indukčností a proudem jedné fáze. V ostatních případech (nesouměrná vedení, nesouměrná zátěž nebo kombinace obou těchto případů) je třeba indukční vlivy uvažovat odděleně pomocí vlastní a vzájemné indukčnosti a proudů v příslušných obvodech.

Odvození nalezneme např. v [4] (platí jen pro transponovaná vedení).

$$L = 0,46 \log \frac{d}{r} + 0,05 \mu_r \quad ; \left[\frac{mH}{km}; m, m, \frac{H}{m} \right] \quad (4.5)$$

kde μ_r je relativní permitivita materiálu vodičů, r je poloměr vodičů a $d = \sqrt[3]{d_{12} \cdot d_{13} \cdot d_{23}}$. Druhý člen představuje složku indukčnosti od magnetického toku uvnitř vodiče, která je nezávislá na poloměru i vzdálenosti vodičů. [4]

4.3.3 Kapacita venkovních vedení

Kapacitou vyjadřujeme zpětný vliv elektrického pole způsobeného v prostoru vedení na napětím mezi vodiči na dané vedení. Časově proměnné elektrické pole od napětí ve vodiči indukuje proudy nejenom v tomto vodiči ale i ve vodičích ostatních.

Pro odvození kapacity se používá metoda zrcadlení viz. [4]

$$C_p \cong \frac{24,13}{\log \frac{\sqrt[3]{d_{12} \cdot d_{13} \cdot d_{23}}}{r}} \quad ; \left[\frac{nF}{km}; m, m \right] \quad (4.6)$$

kde d_{12} je vzdálenost mezi prvním a druhým vodičem, d_{13} vzdálenost mezi prvním a třetím a d_{23} vzdálenost mezi druhým a třetím vodičem.

4.4 Parametry kabelových vedení

Parametry kabelových vedení závisí na materiálu vodičů a izolace, uspořádání vlastního kabelu (jednovodičový, vícevodičový, samostatné nebo společné stínění vodičů, materiál a provedení ochranného pláště proti mechanickému chemickému poškození) a způsobu použití v sestavě pro vedení (vedení sestavené z jednožilových kabelů nebo vedení z vícežilových kabelu).

Pro rezistanci kabelových vedení platí vše, co u venkovního vedení, s výjimkou vlivu průhybu. Vícežilové kabely zvětšují svoji rezistanci vzájemným kroucením žil. U jednožilových

kabelů s vodivým pláštěm (případně s feromagnetickým pancířem), protékaných střídavým proudem, lze do zvětšení rezistance vlastní žíly zahrnout přídavné ztráty vířivými proudy a hysterezí. Tyto ztráty mohou být značné, několikanásobné proti ztrátám způsobeným ohřevem vodiče stejnosměrným proudem. Snižují se pospojováním plášťů, kladením co nejbližší k sobě. Provozní indukčnost třífázových kabelových vedení souměrně zatěžovaných lze stanovit přibližně podle vztahů pro transponované venkovní vedení. U sektorového uspořádání průřezů ve vícevodičovém kabelu je indukčnost o 5% až 10% menší než u kabelů s kruhovými stejnými průřezy a stejnou tloušťkou izolace. Vzhledem k menší vzdálenosti vodičů kabelových vedení je provozní indukčnost kabelů podstatně menší než u venkovních vedení stejných průřezů. Dosahuje 25% až 30% provozní indukčnosti venkovních vedení.

Příčinou konduktance kabelových vedení jsou především ztráty v dielektriku vznikající při namáhání izolace střídavým napětím, v menší míře také konečná hodnota izolačního odporu. Svodovou konduktanci lze přibližně stanovit pomocí měření naprázdno.

Kapacitní vazby vznikají u vícevodičových kabelů bez stínění nebo vodivých plášťů, obdobně jako u venkovních vedení. Jsou-li vodiče samostatně stíněny nebo vybaveny vodivými ochrannými plášti, nevzniká kapacitní vazba vodičů mezi sebou, ale pouze proti stínění či plášti. Kapacita kabelů velmi závisí na relativní permitivitě použitého izolačního materiálu. Izolant bývá vrstvený z několika materiálů, jeho vlastnosti se mění se stářím, teplotou a předchozím elektrickým namáháním. Přesné stanovení kapacit výpočtem je proto obtížné a zjišťuje se měřením naprázdno. Provozní kapacita kabelového vedení je podstatně vyšší než u venkovního vedení. [4]

4.5 Typy vodičů používajících se ve společnosti E.ON

V distribuční společnosti E.ON se používají pro distribuci elektrické energie vodiče viz. *Tab. 4-1* pro vysoké napětí VN a *Tab. 4-2* pro nízké napětí NN.

Tab. 4-1: Vodiče pro vysoké napětí

venkovní vedení	průřez lana (mm ²)		
AlFe-holý	42/7	70/11-1	110/22
SAX-izolovaný	50	70	120
kabel VN	průřez kabelu (mm ²)		
NA2XS(F)2Y	1x70	1x150	1x240

Tab. 4-2: Vodiče pro nízké napětí

venkovní vedení	průřez lana (mm ²)			
AlFe-holý	25/4	42/7	70/11-1	
NFA2X-izolovaný	4x50	4x70	4x95	4x120
kabel NN	průřez kabelu (mm ²)			
NAYY	4x50SM	4x95SM	4x150SM	4x240SM

4.5.1 Izolované vodiče SAX pro VN



Obr. 4-2: Izolovaný vodič SAX [9]

Vodiče SAX jsou vyráběny pro venkovní vedení distribučních sítí. Vedení systému PAS, pro které se vodiče SAX používají, snižují výpadky proudu způsobované atmosférickým přeskokem nebo stromy padlými na vedení.

Struktura: Slaněný, komprimovaný, vodovzdorný vodič ze slitiny Al – alloy.

Izolace: černá XPLE sloučenina odolná klimatickým vlivům a UV záření. Jmenovitá tloušťka izolace je 2,3mm.

Tab. 4-3: Vlastnosti izolovaného vodiče SAX [9]

Konstrukční data		SAX 50	SAX 70	SAX 120
Přibližný průměr holého vodiče	mm	8	9,7	12,8
Přibližný průměr izolovaného vodiče	mm	12,7	14,3	17,5
Tolerance průměru vodiče	mm	0,2	0,25	0,3
Přibližná hmotnost izolovaného vodiče	kg/km	200	270	425
Mechanické vlastnosti				
Min. mezní zatížení	kN	15,5	22,5	38
Modul elasticity	N/mm ²	62500	62500	62500
Koeficient lineární rozpínivosti	1/°C	23x10 ⁻⁴	23x10 ⁻⁴	23x10 ⁻⁴
Elektrické vlastnosti				
Max. proudový odpor (DC)+20°C	Ω/km	0,72	0,493	0,288
Max. přípustný tepelný zkratový proud 1s	kA	4,3	6,4	11
Nosná proudová kapacita vodiče +80°C	A	245	310	430

4.5.2 Kabely NA2XS(F)2Y pro VN



Obr. 4-3: Kabel NA2XS(F)2Y [8]

Struktura: Holý, hrubě laněný měděný, popř. hliníkový vodič, vnitřní polovodivá vrstva, izolace žil ze síťovaného polyetylénu (XLPE), vnější polovodivá vrstva, polovodivá vodoblokující páska,

stínění (pancéřování) z měděných drátů a jedné nebo dvou protisměrně vinutých Cu pásek, vodoblokující páska, vnější plášť z polyetylénu (PE). [7]

Použití: V zemi, ve venkovním prostředí, ve vnitřních prostorách a kabelových kanálech.

Teplotní rozsah: Při pokládce -5°C až +80°C

V instalovaném stavu -20°C až +80°C

Přípustná teplota na vodiči +90°C

Přípustná zkratová teplota +250°C (po dobu trvání zkratu max 5s)

Napětí : střídavé zkušební pro 12/20kV ...42kV/5minut

18/30kV ...63kV/5minut

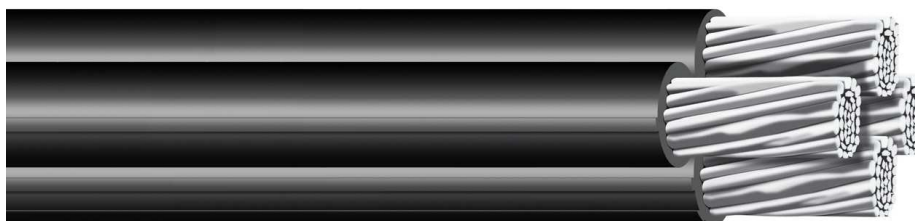
provozní napětí pro 12/20kV ...max. 24kV

18/30kV ...max. 36kV

Tab. 4-4: Vlastnosti kabelu NA2XS(F)SY [8]

jmenovité napětí	Počet žil x průřez jádra [mm ²]	průměr [mm]	hmotnost [kg/km]	poloměr ohybu [mm]	činný odpor [Ω/km]	ekvivalentní zkratový proud [kA]	časová oteplovací konstanta [s]	zatížitelnost na vzduchu [A]	zatížitelnost v zemi [A]	kapacita [μF/km]	indukčnost [mH/km]	obsah Al/Cu [kg/km]
12/20kV	1x70	32	950	525	0,443	6,58/3,20	365/261	231/273	210/237	0,193	0,44/0,602	210/157
	1x150	37	1380	585	0,206	14,1/5	668/479	366/432	319/352	0,251	0,39/0,551	450/245
	1x240	42	1760	630	0,125	22,6/5	931/679	496/581	417/455	0,301	0,362/0,524	720/245
18/30kV	1x70	39	1270	577	0,443	6,58/320	362/261	232/273	213/238	0,134	0,496/0,659	150/157
	1x150	42	1640	660	0,206	14,1/5	664/486	367/429	332/354	0,19	0,416/0,578	450/245
	1x240	46	2060	720	0,125	22,6/5	931/686	496/578	422/458	0,225	0,386/0,548	720/245

4.5.3 Izolované vodiče NFA2X pro NN



Obr. 4-4: Izolované vodiče NFA2X [8]

Konstrukce: Hliníkové jádro, polyetylénová izolace.

Jmenovité napětí U_0/U : 0,6/1kV

Teplotní rozsah : Provozní -25°C až +80°C

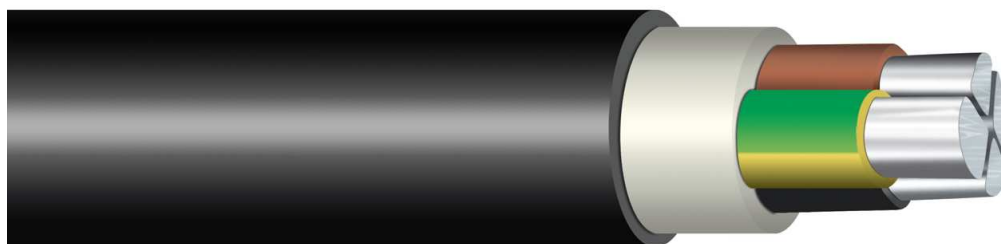
Max. provozní při zkratu 130°C

Použití: V třífázových střídavých sítích s účinně uzemněným středem. Uložení na vzduchu pro venkovní vedení k zavěšení na sloupech ap. [8]

Tab. 4-5: Vlastnosti izolovaného vodiče NFA2X [8]

Počet a průřez jádra [mm ²]	průměr [mm]	hmotnost [kg/km]	poloměr ohybu [mm]	činný odpor [Ω/km]	ekvivalentní zkratový proud [kA]	časová oteplovací konstanta [s]	zatížitelnost na vzduchu [A]	indukčnost [mH/km]	min pevnost jádra v tahu [N]	obsah Al [kg/km]
4x50	28	750	420	0,641	2,88	294	165	0,27	8027	600
4x70	32	1000	480	0,443	4,02	374	205	0,26	10750	840
4x95	38	1350	570	0,32	5,46	463	250	0,26	13700	114
4x120	41	1680	620	0,253	6,89	589	280	0,26	16500	1440

4.5.4 Kabely NAYY pro NN



Obr. 4-5: Kabel NAYY [8]

Struktura: Kruhové nebo sektorové Al jádro plné popř. hrubě laněné s PVC izolací, společné opláštění žil vyplněnou hmotou, vnější plášť z PVC. [7]

Použití: Jako silový kabel pro pevnou instalaci, přednostně v kabelových kanálech a vnitřních prostorách, ve venkovním prostředí, ve vodě, v zemi, pokud nejsou očekávána žádná pozdější poškození. [7]

Teplotní rozsah: -5°C až +70°C

Tab. 4-6: Vlastnosti kabelu NAYY [8]

Počet žil x průřez jádra [mm ²]	průměr [mm]	hmotnost [kg/km]	poloměr ohybu [mm]	činný odpor [Ω/km]	ekvivalentní zkratový proud [kA]	časová oteplovací konstanta [s]	zatížitelnost na vzduchu [A]	zatížitelnost v zemi [A]	indukčnost [mH/km]	obsah Al [kg/km]
4x50SM	30	1361	360	0,641	3,8	500	119	144	0,27	600
4x95SM	38	2246	510	0,32	7,22	738	186	215	0,26	1140
4x150SM	48	3423	615	0,206	11,4	1052	246	275	0,25	1800
4x240SM	60	5263	750	0,125	18,3	1592	338	364	0,25	2880

5 HLEDISKA NÁVRHU ELEKTRICKÉHO VEDENÍ

Připojení odběru na elektrizační soustavu zahrnuje celý soubor potřebných opatření administrativních, technických a technicko-ekonomických, které je třeba splnit, aby bylo možno dosáhnout co možná nejvyššího stupně efektivnosti v zásobování elektrickou energií. Každý odběr má svoje určitá specifika, která jsou dána nejen velikostí požadovaného výkonu a časovým rozložením odběru, ale i požadavky na kvalitu dodávané elektrické energie. Konkrétně může jít o připojení na existující vedení nízkého napětí nebo připojení zvláštním vývodem z příslušné transformovny anebo o přívodní vedení vysokého napětí, popřípadě o potřebu vybudování nové transformovny. Je zde i alternativa velkého odběru, který může vyžadovat přípojku velmi vysokého napětí anebo i vybudování nového vedení od stávajícího energetického uzlu. Hlavní hlediska spojená s návrhem:[2]

- hledisko mechanické pevnosti,
- hledisko oteplení, hledisko úbytku napětí,
- hledisko hospodárnosti,
- hledisko bezpečnosti zařízení a bezpečnosti osob,
- hledisko kvality a zabezpečení dodávky elektrické energie,
- hledisko zajištění dodávky

5.1 Hledisko mechanické pevnosti

Je to především mechanická pevnost, podle které jsou jak u venkovních, tak i u kabelových vedení stanoveny minimální průřezy vodičů, jednak určité směrnice týkající se vlastností vodičů pro dané provozní podmínky. Podle uložení vodičů je možné sem zařadit i otázku izolace vodičů, ze které vyplývá i zásadní rozhodnutí mezi venkovním a kabelovým vedením. Toto rozhodnutí je většinou dáno ekonomickým hlediskem, ve městech pak i estetickým hlediskem. U venkovního i kabelového vedení rozeznáváme jednak podmínky při normálním provozu, jednak podmínky při poruchách, kdy jsou elektrická zařízení i elektrická vedení vystavena zvětšenému mechanickému namáhání. [2]

5.2 Hledisko oteplení

Průřez vedení musí být takový, aby proudové zatížení nevyvolalo nedovolené oteplení vodiče se zřetelem na jeho provedení a se zřetelem na prostředí, ve kterém je vodič instalován. I u tohoto hlediska rozeznáváme podmínky normální zatížitelnosti a podmínky při zkratech, kdy je dovoleno na krátkou dobu, zvýšené oteplení. Zvýšené oteplení vodičů dovolujeme i při přetížení po dobu asi 1 až 2h, než se vyčlení vadný úsek a přepne zatížení. [2]

5.3 Hledisko úbytku napětí

V užším slova smyslu je to hledisko velmi důležité pro dimenzování elektrických vedení. Určitý úbytek napětí na napájecím vedení nebo přívodu ke spotřebiči je nezbytným doprovodným jevem zásobení elektrickou energií. Velikost přípustného úbytku napětí je ovšem rozdílná jak v jednotlivých napěťových stupních, tak i při určitém jmenovitém napětí, a to podle druhu, charakteru a důležitosti zásobených spotřebičů. Stanovený úbytek napětí musí přirozeně umožňovat zdravý provoz zásobeného zařízení a být i ve shodě s ostatními hledisky návrhu. Velikost úbytku napětí je úzce spjata s možností regulace napětí, s rozsahem regulace napětí a

elektrické vzdálenosti místa odběru od tohoto regulačního zařízení. V širším slova smyslu je otázka úbytku napětí spojena s posouzením celkové kvality dodávky elektrické energie a zahrnuta do tohoto hlediska. [2]

5.4 Hledisko hospodárnosti

Zahrnuje především vhodnou volbu proudové soustavy a volbu velikosti napětí pro žádaný přenášený výkon, resp. pro napájení daného spotřebiče. Dále sem patří stanovení ztrát výkonu nebo naopak určení, resp. kontrola průřezu z přípuštěné ztráty výkonu, rozbor všech činitelů ovlivňujících ztráty ve vedení a opatření na jejich zmenšování, jakož i otázka kompenzace nesymetrie a omezení výskytu vyšších harmonických. Konečně sem patří také celkové posouzení návrhů provedených podle ostatních hledisek; z hlediska hospodářského, uvážením investičních nákladů a nákladů provozních, jakož i respektování technického vývoje – posuzování nejen fyzického, ale i morálního zastarávání zařízení s přihlédnutím i k úměrnosti vynaložených nákladů a dosažených cílů pro bezpečný a technický dokonalý provoz elektrických zařízení. [2]

5.5 Hledisko bezpečnosti zařízení a bezpečnosti osob

Zahrnuje především soubor opatření za účelem dosažení zdárného provozu celého zařízení, jakož i jištění zařízení před nadproudy a ztrátami. Otázka jištění a odolnosti proti účinkům zkratů úzce souvisí s hlediskem oteplení a s hlediskem mechanické pevnosti vodičů. Dále sem patří ochrany před přepětím, ať již samotného vedení anebo zařízení na ně připojených. Bezpečnost obsluhujících osob, jakož i všech osob, které mohou přijít s elektrickým zařízením do styku, je hlavním požadavkem na instalaci a provoz elektrických zařízení. Ke každému projektu elektrického zařízení proto patří rovněž návrh ochrany před nebezpečným dotykem, se kterým souvisí i provedení uzemnění v navrhovaném zařízení, resp. napětovém systému. [2]

5.6 Hledisko kvality a zabezpečení dodávky elektrické energie

Toto hledisko je důležité zejména z důvodu stále rostoucího počtu a velikostí elektronických a elektronicky ovládaných spotřebičů a jejich zpětného vlivu na elektrizační soustavu, jakož i snahou, zajistit určité předepsané vlastnosti, zejména napětí pro spolehlivý chod celého komplexu spotřebičů elektrické energie. Každý spotřebič elektrické energie je konstruován pro určité napětí. Každá změna napětí proto vede obecně ke zhoršení jeho provozu. Pod kvalitou elektrické energie rozumíme zejména vlastnosti napětí a kmitočtu rozlišené jak podle spotřebičů, tak podle jejich připojení na jednofázovou nebo trojfázovou soustavu s uvážením i její možné nesymetrie. Kvalita vyžaduje dodržení mezí přípustných změn velikosti napětí a kmitočtu, dodržení mezí přípustného obsahu vyšších harmonických a dodržení mezí přípustné nesymetrie trojfázové soustavy. [2]

5.7 Hledisko zajištění dodávky

Uplatňuje se již při návrhu. Je to hledisko, které sleduje, s jakou zabezpečeností je třeba zajistit požadovaný odběr podle jeho charakteru a podle stupně důležitosti odběru v celém souboru odběratelů elektrické energie. Zabezpečení dodávky elektrické energie vyžaduje rozbor poruchovosti všech elementů rozvodu, resp. rozbor provozní bezpečnosti a následně vyvození závěrů, zda dané řešení splňuje tyto předpoklady anebo, zda je třeba ještě provést nějaká jiná opatření, resp. další doplňující řešení. Přirozeně musí být sledováno i hledisko ekonomické, jakých nákladů navíc je třeba vynaložit, aby bylo dosaženo požadovaných parametrů. Tato porovnání nejsou obvykle již tak jednoznačně průhledná jako např. posouzení

nákladů na přípojku, ač jsou právě z hlediska celospolečenského a z hlediska provozu celé elektrizační soustavy velmi důležitá. Posloupnost jednotlivých dříve uvedených hledisek návrhu elektrického vedení není ovšem vždy stejná. Je možné určit rozdílné seskupení, rozdílné pořadí důležitosti. I když některé hledisko při návrhu zcela převažuje nad ostatními a udává hlavní cestu dalšího zpracování projektu, navrhované zařízení musí v zásadě respektovat i ostatní hlediska, resp. jimi vymezené požadavky. [2]

6 VÝPOČET USTÁLENÉHO CHODU SÍTĚ

Ustáleným stavem rozvodných sítí rozumíme takové provozní stavy, při kterých v zařízení neprobíhají krátkodobé přechodové děje související s poruchami, s údery blesku do vedení, připojováním a odpojováním vedení, zdrojů, kompenzačních prostředků, přepínáním odboček apod. [4]

Znalost napěťových poměrů, činných a jalových výkonů, ztrát v jednotlivých prvcích a uzlech sítě je nutná pro řízení provozu elektrizační soustavy a pro navrhování jejího dalšího rozvoje. Vypočítané hodnoty při ustáleném chodu se také dále používají jako výchozí údaje při řešení přechodových dějů (zkrat, statická a dynamická stabilita) a řady optimalizačních úloh, jako je hospodárné rozdělení výroby činných a jalových výkonů. Řešení ustáleného chodu se současně doplňuje kontrolou, zda některý přenosový prvek není přetížen. Výpočet ustáleného chodu sítě se z pravidla provádí pro maximální a minimální zatížení sítě. V praxi se odběry a dodávky do uzlů zadávají činnými a jalovými výkony, to má za následek, že chod sítě nelze popsat soustavou lineárních rovnic. Pro výpočet ustáleného chodu musíme tedy sestavit soustavu nelineárních rovnic, kterou pak řešíme některou z iteračních metod. Výpočet iteračními metodami bývá relativně časově náročný, často dosti špatně konvergující nebo nekonvergující vůbec. [6]

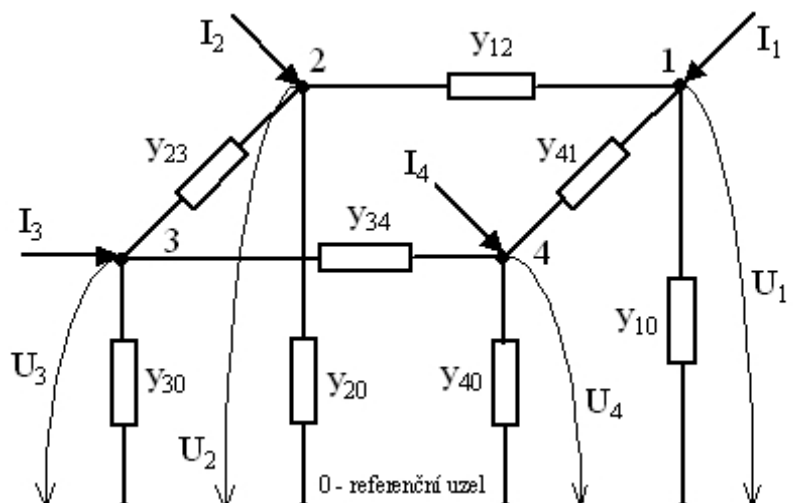
Pro sestavení základních rovnic ustáleného chodu používáme některou z metod řešení lineárních obvodů jako je metoda smyčkových proudů nebo uzlových napětí. Pro jednoduchý algoritmus výpočtu vlastních a vzájemných admitancí (případně impedancí) a snadné zakódování konfigurace sítě se v praxi nejčastěji používá metoda uzlových napětí. [6]

Ustálený chod sítě obvykle řešíme s těmito zjednodušujícími předpoklady [4]:

- 1) U trojfázových soustav předpokládáme symetrii prvků v parametrech, u odběrů a zdrojů v proudech a napětích
- 2) Neuvažuje se příčná admitance všech prvků soustavy (vedení, transformátorů atd.), neboť v těchto případech jsou proudy v příčném směru zanedbatelné proti proudům ve směru podélném a nemají podstatný vliv na úbytek napětí a ztráty výkonu.
- 3) Parametry vedení případně transformátorů a ostatních prvků jsou konstanty nezávislé na proudu nebo napětí
- 4) Napětí zdrojů a proudů odběrů jsou harmonickými funkcemi času s frekvencí 50Hz
- 5) Odběry jsou zadány pomocí proudů nezávislých na napětí, které je na jejich svorkách.

6.1 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 sítě 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 příslušný uzel sítě a uzel referenční (zem). Dále předpokládáme, že parametry všech prvků jsou přepočítány na jedno společné vztažné napětí a můžeme tedy síť nahradit galvanickým spojením prvků například podle Obr 6-1. [6]



Obr. 6-1: Schéma sítě pro výpočet ustáleného chodu [6]

Sít' můžeme matematicky popsat, pomocí metody uzlových napětí, soustavou rovnic, jejíž obecný tvar je:

$$\begin{bmatrix} \bar{I}_1 \\ \vdots \\ \bar{I}_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \bar{Y}_{11} & \cdots & \bar{Y}_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \bar{Y}_{n1} & \cdots & \bar{Y}_{nn} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \bar{U}_1 \\ \vdots \\ \bar{U}_n \end{bmatrix} ; [A; S, V] \quad (6.1)$$

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:

$$[\bar{I}] = [\bar{Y}] \cdot [\bar{U}] ; [A; S, V] \quad (6.2)$$

kde $[\bar{Y}]$ jsou prvky admitanční uzlové matice sestavené podle algoritmu vyplývajícího z druhého Kirchhoffova 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 Obr. 6-1 tedy platí:

$$\bar{Y}_{33} = \bar{y}_{23} + \bar{y}_{34} + \bar{y}_{30} ; [S; S] \quad (6.3)$$

$$\bar{Y}_{23} = \bar{Y}_{32} = -\bar{y}_{23} ; [S; S] \quad (6.4)$$

Pro rozlišení značíme prvky admitanční uzlové matice a uzlové veličiny velkými písmeny a admitance jednotlivých větví a větvové proudy malými písmeny.

Soustavu rovnic (6.2) lze zapsat také ve tvaru:

$$\bar{I}_i = \sum_{j=1}^n \bar{Y}_{ij} \cdot \bar{U}_j \quad ; [A; S, V] \quad \text{pro } i=1,2,\dots,n \quad (6.5)$$

V případě, že neuvažujeme v síti příčné admitance, pak matice uzlových admitancí $[\bar{Y}]$ je singulární a soustava rovnic (6.2) nebo (6.3) je závislá. Závislost odstraníme pomocí eliminace bilančního uzlu. [6]

6.2 Eliminace bilančního uzlu

Soustava rovnic (6.1) je nezávislá tj. matice $[\bar{Y}]$ je regulární. Avšak jeden z uzlu sítě musí hradit neznámé proudy tekoucí v příčných větvích a vyrovnávat bilanci mezi dodávkami a odběry. Tento uzel s neznámým uzlovým proudem budeme nazývat bilanční uzel. Aby rovnice (6.1) až (6.3) bylo možné řešit (stejný počet neznámých jako rovnic), je nutné v bilančním uzlu zadat známé napětí. Bilanční uzel označíme číslem „1“. [6]

Soustavu rovnic (6.1) přepíšeme do tvaru:

$$\begin{bmatrix} \bar{I}_2 \\ \bar{I}_3 \\ \bar{I}_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \bar{Y}_{21} \cdot \bar{U}_1 \\ \bar{Y}_{31} \cdot \bar{U}_1 \\ \bar{Y}_{41} \cdot \bar{U}_1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \bar{Y}_{22} & \bar{Y}_{23} & \bar{Y}_{24} \\ \bar{Y}_{32} & \bar{Y}_{33} & \bar{Y}_{34} \\ \bar{Y}_{42} & \bar{Y}_{43} & \bar{Y}_{44} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \bar{U}_2 \\ \bar{U}_3 \\ \bar{U}_4 \end{bmatrix} \quad ; [A; S, V] \quad (6.6)$$

a analogicky rovnici (6.5):

$$\bar{I}_i = \bar{Y}_{i1} \cdot \bar{U}_1 + \sum_{j=2}^n \bar{Y}_{ij} \bar{U}_j = \sum_{j=1}^n \bar{Y}_{ij} \bar{U}_j \quad ; [A; S, V] \quad \text{pro } i=2,3,\dots,n \quad (6.7)$$

Po vypočítání neznámých napětí $\bar{U}_2, \bar{U}_3, \dots, \bar{U}_n$, neznámý proud $\bar{I}_1$ v bilančním uzlu dopočítáme při určení proudu v jednotlivých větvích sítě. Vypuštěním rovnice pro bilanční uzel ve vztazích (6.6) a (6.7) nazýváme eliminace bilančního uzlu a soustavu rovnic (6.7) 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:

$$\bar{i}_{pq} = \bar{y}_{pq} (\bar{U}_p - \bar{U}_q) \quad ; [A; S, V] \quad (6.8)$$

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

6.3 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. [6]

Pro i -tý uzel tedy platí:

$$\bar{S}_i = P_i + jQ_i = \bar{U}_i \bar{I}_i^* \quad ; [VA; W, VAr, V, A] \quad (6.9)$$

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.

Vyjádríme-li z rovnice (6.9) proud:

$$\bar{I}_i = \frac{\bar{S}_i^*}{\bar{U}_i^*} = \frac{P_i - jQ_i}{\bar{U}_i^*} ; [A; VA, V, W, VAr] \quad (6.10)$$

pak po dosazení do vztahu (6.7) dostaneme:

$$\bar{I}_i = \frac{\bar{S}_i^*}{\bar{U}_i^*} = \frac{P_i - jQ_i}{\bar{U}_i^*} = \sum_{j=1}^n \bar{Y}_{ij} \bar{U}_j ; [A; VA, V, W, VAr] \quad \text{pro } i=2,3,\dots,n \quad (6.11)$$

Z rovnic (6.7) a (6.11) je zřejmé, že byla provedena eliminace bilančního uzlu a tudíž volba napětí U_1 . Bilanční uzel v našem případě, kdy jsou zadány uzlové výkony, hradí rozdíl mezi dodávkami a odběry a navíc ztráty činného a jalového výkonu v síti. [6]

Vzhledem k tomu, že máme zadány dodávky odběrů výkonů v uzlech sítě, admitance a napětí bilančního uzlu, vede výpočet neznámých napětí k řešení soustavy nelineárních kvadratických rovnic (6.11). Po výpočtu neznámých – hledaných uzlových napětí se určí toky výkonů v síti a výkonové ztráty. [6]

Nahradíme-li jednotlivé prvky sítě π články Obr.6-2, potom proud tekoucí do uzlu i je určen rovnicí:

$$\bar{I}_i = (\bar{U}_i - \bar{U}_j) \bar{Y}_{ij} + \bar{U}_i \bar{Y}_{i0} ; [A; V, S, V, S] \quad (6.12)$$

a výkon:

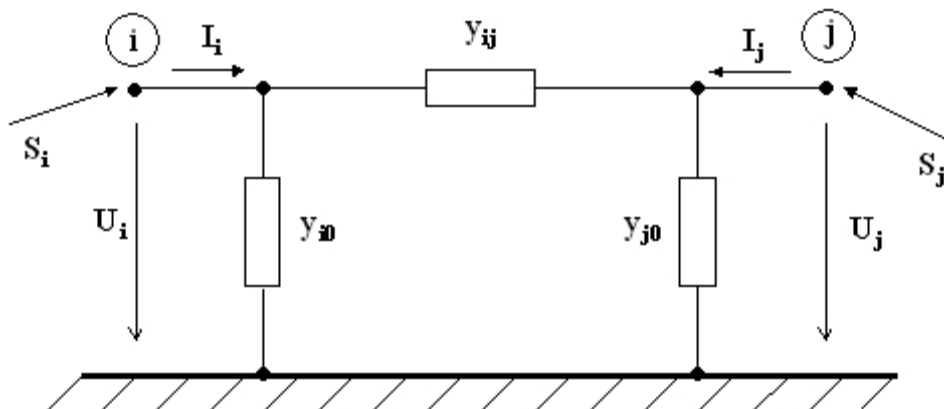
$$\bar{S}_i = P_i + jQ_i = \bar{U}_i \bar{I}_i^* ; [VA; W, VAr, V, A] \quad (6.13)$$

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 nebo kapacitní.

Analogicky proud a výkon tekoucí do uzlu je:

$$\bar{I}_j = (\bar{U}_j - \bar{U}_i) \bar{Y}_{ij} + \bar{U}_j \bar{Y}_{j0} ; [A; V, S] \quad (6.14)$$

$$\bar{S}_j = P_j + jQ_j = \bar{U}_j \bar{I}_j^* ; [VA; W, VAr, V, A] \quad (6.15)$$

Obr. 6-2: Schéma π článku [6]

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

$$\Delta P_{ij} = P_i + P_j ; [W; W, W] \quad (6.16)$$

$$\Delta Q_{ij} = Q_i + Q_j ; [VAR; VAR, VAR] \quad (6.17)$$

6.4 Iterační metody pro řešení ustáleného chodu sítě

Přesný výpočet nezávisle proměnných veličin chodu sítě je obtížný. Řeší se proto přibližně, pomocí iteračních metod. Jednotlivé metody se liší množstvím početních operací nutných k dosažení téže přesnosti výsledku a dále veličinou, která je v průběhu výpočtu testována požadovanou přesností. [6]

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.

6.4.1 Gauss-Seidlova metoda

Gauss – Seidlova metoda se vyznačuje jednoduchým algoritmem výpočtu a oproti jiným iteračním metodám potřebuje 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. [6]

Úkolem je řešit soustavu nelineárních rovnic ve tvaru:

$$\begin{aligned} f_1(x_1, x_2, \dots, x_n) &= y_1 \\ f_2(x_1, x_2, \dots, x_n) &= y_2 \\ &\vdots \\ f_n(x_1, x_2, \dots, x_n) &= y_n \end{aligned} \quad (6.18)$$

Tuto soustavu upravíme do tvaru vhodného pro iteraci:

$$\begin{aligned}
x_1 &= y_1 + \Phi_1(x_1, x_2, \dots, x_n) \\
x_2 &= y_2 + \Phi_2(x_1, x_2, \dots, x_n) \\
&\vdots \\
x_n &= y_n + \Phi_n(x_1, x_2, \dots, x_n)
\end{aligned} \tag{6.19}$$

iterační předpis pak zapíšeme následovně:

$$\begin{aligned}
x_1^{(k+1)} &= y_1 + \Phi_1(x_1^{(k)}, x_2^{(k)}, \dots, x_n^{(k)}) \\
x_2^{(k+1)} &= y_2 + \Phi_2(x_1^{(k+1)}, x_2^{(k)}, \dots, x_n^{(k)}) \\
&\vdots \\
x_n^{(k+1)} &= y_n + \Phi_n(x_1^{(k+1)}, x_2^{(k+1)}, \dots, x_n^{(k)})
\end{aligned} \tag{6.20}$$

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:

$$|x_i^{(k+1)} - x_i^{(k)}| \leq \varepsilon \quad \text{pro všechna } i=1,2,\dots,n \tag{6.21}$$

kde ε je požadovaná přesnost výpočtu.

Nyní budeme aplikovat tuto iterační metodu na řešení soustavy nelineárních rovnic (6.11), kterou nejprve upravíme do tvaru vhodného pro iteraci podle (6.19).

Postupujeme následovně:

Výraz $\sum_{j=1}^n \bar{Y}_{ij} \bar{U}_j$ z pravé strany rovnice (6.11) rozepíšeme takto

$$\sum_{j=1}^n \bar{Y}_{ij} \bar{U}_j = \sum_{j=1}^{i-1} \bar{Y}_{ij} \bar{U}_j + \bar{Y}_{ii} \bar{U}_i + \sum_{j=i+1}^n \bar{Y}_{ij} \bar{U}_j = \frac{P_i - jQ_i}{\bar{U}_i^*} \quad ; [S; V, W, VAr] \tag{6.22}$$

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

$$\bar{U}_i = \frac{1}{\bar{Y}_{ii}} \left(\frac{P_i - jQ_i}{(\bar{U}_i)^*} - \sum_{j=1}^{i-1} \bar{Y}_{ij} \bar{U}_j - \sum_{j=i+1}^n \bar{Y}_{ij} \bar{U}_j \right) ; [V; S, W, VAr, V] \quad \text{pro } i=2,3,\dots,n \tag{6.23}$$

Převedením rovnice (6.23) do iteračního tvaru podle (6.20) získáme iterační předpis, který již můžeme využít např. pro samočinný výpočet rovnice ustáleného chodu na PC:

$$\bar{U}_i^{(k+1)} = \frac{1}{\bar{Y}_{ii}} \left(\frac{P_i - jQ_i}{(\bar{U}_i^{(k)})^*} - \sum_{j=1}^{i-1} \bar{Y}_{ij} \bar{U}_j^{(k+1)} - \sum_{j=i+1}^n \bar{Y}_{ij} \bar{U}_j^{(k)} \right) ; [V; S, W, VAr, V] \tag{6.24}$$

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

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

$$|\bar{U}_i^{(k+1)} - \bar{U}_i^{(k)}| \leq \varepsilon \quad \text{pro všechna } i \tag{6.25}$$

kde ε je požadovaná přesnost výpočtu napětí.

6.5 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, metody stejnosměrného modelu, ekvivalentního odporu, řezová metoda a transfigurace. Vhodnost některých z těchto metod se posuzuje podle počtu neznámých, které je v daném obvodu třeba vyčíslit a podle způsobu zadání zdrojů a spotřebičů.

6.5.1 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.

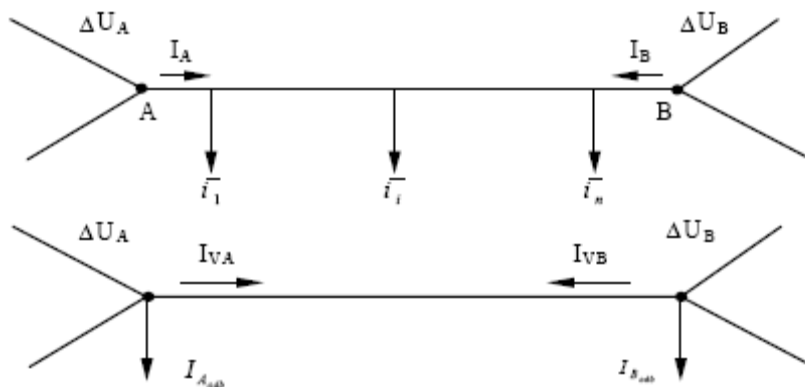
Tento stav nastane předpokládáme-li:

- 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 50Hz
- Symetrii prvků v parametrech a u odběrů a zdrojů v proudech a napětích
- Stejně úhly všech prvků sítě a stejné účinníky odběrů a zdrojů

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

6.5.2 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. Uvažujeme nyní vedení sítě mezi uzly A a B (Obr. 6-3), 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.



Obr. 6-3: Princip redukce odběrových uzlů

Proud tekoucí z okolní sítě do vedení AB má dvě složky, vyrovnávací a zásobené odběry:

$$\bar{I}_A = \bar{I}_{VA} + \bar{I}_{Aodb} = \frac{\Delta \bar{U}_B - \Delta \bar{U}_A}{\bar{Z}_{AB}} + \frac{\sum_{i=1}^n \bar{i}_i \bar{Z}_{iB}}{\bar{Z}_{AB}} ; [A; A, V, \Omega] \quad (6.26)$$

$$\bar{I}_B = \bar{I}_{VB} + \bar{I}_{Bodb} = \frac{\Delta \bar{U}_A - \Delta \bar{U}_B}{\bar{Z}_{AB}} + \frac{\sum_{i=1}^n \bar{i}_i \bar{Z}_{iA}}{\bar{Z}_{AB}} ; [A; A, V, \Omega] \quad (6.27)$$

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 $\bar{I}_{Aodb}$ a $\bar{I}_{Bodb}$. Pro tyto odběry platí:

$$\bar{I}_{Aodb} = \frac{\sum_{i=1}^n \bar{i}_i \bar{Z}_{iB}}{\bar{Z}_{AB}} \quad \text{a} \quad \bar{I}_{Bodb} = \frac{\sum_{i=1}^n \bar{i}_i \bar{Z}_{iA}}{\bar{Z}_{AB}} \quad \text{přičemž} \quad \bar{I}_{Aodb} + \bar{I}_{Bodb} = \sum_{i=1}^n \bar{i}_i \quad (6.28) \quad (6.29)$$

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.

7 PROGRAM KASI

Výpočetní program KASI slouží pro technické a ekonomické hodnocení sítí nízkého a vysokého napětí, 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 projektanta a z hlediska investora, na základě ziskového kritéria, a to sítě zadané jejích 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. Tyto vyplývají z konkrétních popisů jedn. odběr. prvků (jednotkové odběry, velké odběry, přípojky, odběrové transformátory, domovní skříně a přípojky). [10]

Komunikace počítače s uživatelem při zadávání vstupních dat o síti a při vyhodnocování výsledků probíhá v grafickém režimu, což výrazně zvyšuje komfort při práci.

Omezení velikosti počítané sítě je dáno deklaracemi v programu takto :

1000	topografických uzlů
1500	vedení
100	transformační stanice
1200	elektrických uzlů (je to součet el. uzlů v topografických uzlech a v trafostanicích)
1800	elektrických větví
3000	bodů připojení jednotlivých 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. při tabulkových tiscích 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 zobrazeny nejdůležitější informace o stavu a činnosti programu a celá zbývající 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 formátech), jehož polohu lze ovládat klávesami, myší nebo tabletem. Program umožňuje, aby v paměti počítače bylo současně uloženo maximálně 5 sítí. Každá z těchto může být zobrazena v jednom, nebo ve více oknech. [10]

7.1 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: [10]

- okres, obec
- měřítko

- jmenovité napětí
- 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, typ značky 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, dále můžeme volit název vedení, délky úseků a další. Dále 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. [10]

7.2 Výpočet chodu sítě

Program KASI 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. Výpočet se provádí tzv. metodou stejnosměrného modelu, tzn. že výpočet probíhá v oboru reálných čísel s dosazením tzv. ekvivalentních odporů větví. K výpočtu je použita metoda uzlových napětí a při řešení soustavy lineárních rovnic se využívá Gauss-Seidelovy iterační metody modifikované tak, že umožní podstatné zrychlení výpočtu a snížení nároků na paměť počítače. 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. [10]

Před vlastním výpočtem chodu sítě se provádí kontrola správnosti zadaných typů transformátorů a vedení (tato chyba může nastat dost často) a kontrola propojenosti všech uzlů na sekundární strany transformátorů. Jestliže počítač zjistí, že v síti jsou izolované uzly, vlastní výpočet chodu sítě se neprovádí. [10]

Odpory a indukční reaktance transformátorů se vypočítávají známým způsobem z jmenovitého výkonu, ztrát a napětí nakrátko.

Výpočet napětí v jednotlivých uzlech sítě se provádí tak, že v bilančním uzlu (číslo 0 – primární strany transformátorů), 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 transformátorů z bilanční rovnice uzlu sekundární strany. [10]

Výpočet ztrát v síti:

Ztráty na vedení se vypočítají zcela přesnou metodikou podle vztahu:

$$\Delta P = 3 \cdot R \cdot I^2 ; [W; \Omega; A] \quad (7.1)$$

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 všeobecně známého zjednodušeného vzorce:

$$\Delta P = \Delta P_0 + \Delta P_k \cdot \beta^2 ; [W; W; W] \quad (7.2)$$

$$\text{kde } \beta = \frac{S}{S_N} ; [-; VA; VA] \quad (7.3)$$

ΔP - celkové ztráty na vedení nebo v transformátoru

ΔP_0 - ztráty naprázdno

ΔP_k - ztráty nakrátko

β - koeficient zatížení

S - zdánlivý provozní příkon

S_N - zdánlivý jmenovitý příkon

Výpočet nedodané energie:

Výpočet nedodané elektrické energie použitý v tomto programu využívá metodiky, podle které 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%-tní rezerva pro výpadek jedné z těchto cest. Činnost záskokové automatiky lze do jisté míry modelovat tímto programem zadáním časů náběhu automatik jako údaj doby vypnutí příslušného prvku. Výpočetní program tedy obsahuje proceduru, která umožňuje určit pro každý prvek sítě, zda dojde při její poruše k výpadku napájení a jestliže ano, pak určí velikost tohoto výpadku. Pokud se jedná o větev, která není „paprsková“ je uvažovaný výpadek 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. [10]

Tento zjednodušený výpočet je vzhledem k přesnosti dodávaných vstupních dat (roční výpadky prvků, ocenění nedodané energie) dostačující a k tomuto účelu vyhovující. Vypočítaná průměrná zabezpečenost dodávky je pak jedničkovým doplňkem k měrné nedodané energii, což je poměr nedodané energie k celkové požadované (dodané) energii. [10]

Návrh jištění

Tuto funkci je v této verzi programu možné aplikovat na paprskových sítích, kde žádné z vedení sítí nekruhuje z jednoho nebo více napájecích transformátorů nebo u sítí, které budou provozovány jako zkruhované (např. ZMS), ale návrh jištění se provádí tak, že musí vyhovět i nejméně příznivým stavům v síti (což jsou rozpojené sítě do schématu, které má formu paprskového provozu). Návrh spočívá v to, že na základě předběžných 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 nato provede kontrolu následujících podmínek: [10]

- zda jištění splňuje podmínku danou ČSN 33 2010 (že všechny body vedení sítě musí mít předřazen jistící prvek, který zkratový proud při spojení fázového vodiče na chráněný spotřebič v uvažovaném bodě vypne 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 dovozené zatížení vedení v tomto uvažovaném místě;
- 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.

7.3 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. Pro příklad jde o proudy jednotlivých transformátorů, jejich činné a jalové zatížení a jejich procentní zatížení, dále minimální napětí ze všech uzlů trafostanice, či jejich průměrné napětí popř. napětí ve všech uzlech trafostanice. Dále je možno zobrazit minimální či průměrné napětí ve všech uzlech trafostanic. Také minimální či 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. [10]

Dalším způsobem výstupu výsledku lze provést volbu výsledku – Tisky výp. etap. 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. [10]

8 POPIS STÁVAJÍCÍHO STAVU DISTRIBUČNÍ SÍTĚ NN V OBCI HRUBÁ VRBKA

Stávající stav distribuční sítě nízkého napětí v obci Hrubá Vrbka je zobrazen na výkrese v příloze A, kde jsou vyznačeny názvy jednotlivých uzlů, transformátorů a vedení včetně jejich typů a zatížení. Na výkrese v příloze E jsou potom vyznačeny jednotkové i velké odběry a jejich rozmístění v dané síti.

Podklady pro výpočet stavu sítě byly získány od firmy E.ON Distribuce, a.s.

- Katastrální mapa obce s vyznačenými inženýrskými sítěmi včetně stávajícího vedení nn.
- Rozmístění jednotkových a velkých odběrů.
- Rozmístění transformačních stanic.

Obec Hrubá Vrbka je plně plynofikovaná, proto při výpočtu předpokládáme, že vytápění v obci se děje pomocí zemního plynu. Ze směrnice č.13/98 [11] pak odečteme hodnotu příkonu jednotkových odběrů pro stupeň elektrizace B2, která činí 2,4kW viz. Tab.3-5. Obec Hrubá Vrbka má 256 bytových jednotek z toho vyplývá, že celkový příkon jednotkových odběrů v celé síti je 614,4kW. V obci je dále 19 velkých odběrů viz Tab.8-1, jejichž celkový příkon činí 302kW, dohromady teda příkon celé obce činí 916,4kW.

8.1 Prvky stávající sítě nízkého napětí

Obec je napájena pomocí tří transformátorů 22/0,42kV:

- TS1 – ČOV (BTS 400kVA)
- TS2 – ŠKOLKA (BTS 250kVA)
- TS3 – DRÁTOVNY (BTS 400kVA)

Transformátory pracují samostatně, každý do oddělené paprskové sítě. Jednotlivé sítě jdou v případě potřeby (např. při poruše transformátorů) propojí tak, aby nedošlo k přerušení dodávky elektrické energie k odběratelům. Stávající síť nízkého napětí v obci je tvořena holým venkovním vedením typu AlFe o různých průřezích, venkovním vedením s Cu vodiči o různých průřezích, hliníkovým kabelovým zemním vedením a kabelovým závěsným vedením. Jednotlivé typy použitých vedení a jejich délky jsou uvedeny v Tab.8-2. Vedení je upevněno na železobetonových podpěrách, z části na konzolách, střešnicích a dřevěných sloupech. Domovní přípojky jsou provedeny závěsnými kabely AYKYz, zemními kabely a v některých případech holými vodiči AlFe.

V obci je 19 nebytových odběratelů se smluveným příkonem 1 až 100 kW, jejichž přehled je uveden v Tab.8-1.

Tab. 8-1: Přehled velkých nebytových odběrů

Firma	Příkon [kW]
ČOV	15
Pošta	5
Škola	100
TJ šatny	5
Kostel	5
M.škola	50
Policie	25
Hospoda	15
Jednota	10
Úřad, knihovna	10
Drátovny	50
Ostatní	12
Celkem	302

Tab. 8-2: Použité typy vodičů

Typ vodiče	Počet úseků	Počet vedení	Déla úseků [m]	Délka vedení [m]
1x16a	2	2	561	561
1x25a	14	14	1310	1310
1x35a	5	5	591	591
1x50a	2	2	352	352
1x70a	2	2	90	90
1x10c	5	5	239	239
1x16c	3	3	617	617
1x50k	1	1	51	51
1x120k	5	5	618	618
2x120k	3	6	361	723
2x150k	1	2	43	86
1x240k	5	5	646	646
2x240k	2	4	370	741
1x35kz	2	2	81	81
vedení celkem	52	58	5931	6706

Pozn.: 1x16a – holý hliníkový vodič typu AlFe průřezu 16mm²,

1x10c - měděný vodič průřezu 10mm²,

1x50k – zemní hliníkový kabel průřezu 50mm²,

1x35kz – závěsný hliníkový kabel průřezu 35mm².

8.2 Výpočet a zhodnocení stávající sítě

Výpočet stávajícího stavu sítě byl proveden pomocí programu KASI popsáném v kapitole 7.

Při výpočtu bylo uvažováno následující zatížení:

- Počet stávajících bytových jednotek: 256bj
- Příkon bytové jednotky: $P_b=2,4\text{kW/bj}$
- Příkon nebytových odběrů: 302kW, viz. Tab. 8-1.
- Účinník u všech odběrů: $\cos\varphi=0,95$

Při výpočtu bylo dále uvažováno jmenovité napětí sítě, které je dle normy ČSN 33 0121 stanoveno pro distribuční síť nízkého napětí a jednofázové spotřebiče na $U_n=230V$ s tolerancí napětí $\pm 10\%$, tedy 207V až 253V.

Výpočet ustáleného stavu stávající sítě:

Zatížení transformátorů: TS1 – ČOV – zatížen na 94,4%

TS2 – ŠKOLKA – zatížen na 109,5%

TS3 – DRÁTOVNY – zatížen na 90,4%

Celkové ztráty v síti: Ztráty v transformátorech $\Delta P_{Fe} = 2,3kW$, $\Delta P_{Cu} = 12,3kW$,

Ztráty v transformátorech celkem $\Delta P_T = 14,6kW$

Ztráty ve vedení $\Delta P_V = 150,9kW$

Celkové ztráty v síti činí $\Delta P_C = 165,5kW$ tj. 18,06% z celkových odběrů.

Napětí v jednotlivých uzlech sítě a procentní zatížení jednotlivých vedení vypočtené programem KASI jsou uvedeny v příloze G. Při výpočtu bylo zjištěno podpětí v uzlech pod normou stanovenou tolerancí (207V). Uzly v nichž není splněná podmínka $230V \pm 10\%$ jsou zobrazeny v Tab. 8-3. a dále byly zjištěno, že některé vedení jsou přetížená, tato vedení jsou uvedena v Tab. 8-4.

Tab. 8-3: Uzly s napětím mimo toleranci

Název uzlu	Číslo vnitřního uzlu	Napětí [V]	Odchylka [%]
u5	1	181,9	20,91
u5	2	182,8	20,52
u6	1	169,6	26,26
u7	1	168,6	26,70
u8	2	169,6	26,26
u12	1	182,8	20,52
u13	1	189,9	17,43
u16	1	169,9	26,13
u17	1	169,1	26,48
u18	1	165,4	28,09
u18	2	191,2	16,87
u19	1	189,9	17,43
u20	1	165,6	28,00
u21	1	165,8	27,91
u22	1	165,5	28,04
u23	1	176,3	23,35
u24	1	176,2	23,39
u24	2	165,5	28,04
u31	1	205,3	10,74

Tab. 8-4: Přetížená vedení

Název vedení	Spojuje body		Typ vedení	Délka vedení [m]	Zatížení vedení [%]
v5	u2/1	u35/1	25a	96	193,1
v6	u35/1	u5/1	25a	125	169,6
v8	u5/1	u6/1	25a	126	154,5
v14	u8/1	u15/1	25a	108	117,2
v15	u15/1	u14/1	35a	99	192,4
v17	u14/1	u13/1	35a	128	178,5
v36	u28/1	u26/1	25a	69	176

Podpětí v uzlech sítě je způsobeno velkými úbytky napětí na vedení, které má nedostatečný průřez, a také vysokým zatížením transformátoru TS1, TS2, TS3. Z výpočtu tedy vyplývá, že stávající síť nn je ve špatném technickém stavu a neumožňuje dodávat elektrickou energii v potřebné kvalitě, proto je třeba provést rekonstrukci.

9 NÁVRH REKONSTRUKCE DISTRIBUČNÍ SÍTĚ NN V OBCI HRUBÁ VRBKA

Rekonstruovaná síť by měla bez problému fungovat přibližně dalších 20 let. Za tak dlouhou dobu se může struktura odběrů různě měnit, ale stávající situace neustále rostoucích cen energií nutí lidi šetřit elektrickou energií, pořizují si nové moderní přístroje s nízkou spotřebou elektrické energie (např. kompaktní zářivky, ledničky v energetické třídě A, atd.) zateplují domy, mění okna za energeticky úspornější a další, proto nárůst spotřeby elektrické energie u jednotlivých odběrů nebudeme uvažovat.

Jediným navýšením odběru v obci je plánovaná výstavba 26 rodinných nízkoenergetických domků v lokalitě Palmovka, plně elektrifikovaných a vytápěných pomocí tepelných čerpadel, tj. 26 bytových jednotek každá s odběrem 8kW, celkem tedy nárůst o 208kW. Tento nárůst výkonu bude kryt výstavbou nového transformátorů TS4 – Palmovka (BTS 630kVA).

Varianty provedení rekonstrukce stávající sítě:

- Výměna nevyhovujících částí sítě (přetížené vedení) holými vodiči typu AlFe s větším průřezem.
- Výměna převážné části sítě za izolované vodiče typu NFA2X, kabelové zemní vedení bude ponecháno.
- Výměna převážné části sítě za zemní kabely NAYY, stávající kabelové vedení bude ponecháno.

U všech těchto variant rekonstrukce se budeme snažit navrhnout vedení i transformátory tak, aby jejich zatížení nebylo větší jak 80%. Při navrhování průřezu jednotlivých vedení budeme vycházet z *Tab.4-2*, kde jsou uvedeny používané průřezy ve společnosti E.ON. Při výpočtu budeme dále uvažovat následující zatížení:

- Příkon bytové jednotky $P_b=2,4\text{kW}$.
- Příkon velkých nebytových odběrů ve smluvené výši 302kW, viz. *Tab. 8-1*.
- Příkon plánované výstavby rodinných domů 208kW .
- Účinník u všech odběrů $\cos\varphi=0,95$.
- Jmenovité napětí sítě $U_n=230\text{V} \pm 10\%$.

9.1 Rekonstrukce sítě holými vodiči typu AlFe

Z důvodu minimalizace investičních nákladů budeme uvažovat výměnu pouze těch vedení, která jsou přetížená, a stávající nepřetížená vedení necháme, tak aby napětí v uzlech vyhovovalo normě ČSN 33 0121. Provedeme také přepojení části stávajícího zatížení na nově instalovaný transformátor TS4, čímž odlehčíme zatížení ostatních transformátorů v síti.

V příloze B jsou na výkresu navržené úpravy sítě s vyznačenými typy použitých vedení a jejich zatížení, typy transformátorů a názvy uzlů.

Výpočtem ustáleného chodu programem KASI po provedení úprav sítě bylo zjištěno:

Zatížení transformátorů: TS1 – ČOV – zatížen na 50,6%

TS2 – ŠKOLKA – zatížen na 68,4%

TS3 – DRÁTOVNY – zatížen na 67,9%

TS4 – PALMOVKA – zatížen na 78,6%

Ztráty v prvcích sítě: Ztráty v transformátorech $\Delta P_{Fe} = 3,8kW$, $\Delta P_{Cu} = 9,9kW$,

Ztráty v transformátorech celkem $\Delta P_T = 13,7kW$

Ztráty ve vedení $\Delta P_V = 55,2kW$.

Celkové ztráty v síti činí $\Delta P_C = 68,9kW$ tj. 6,13% z celkových odběrů.

Celkové zatížení sítě se díky uvažování stavby 26 rodinných domku zvedlo z 916,4kW na 1124,4kW. Jelikož transformátor TS2 250kVA byl přetížen musel se nahradit transformátorem s větším výkonem 400kVA. Napětí v jednotlivých uzlech sítě a procentuální zatížení všech vedení a transformátorů v síti je uvedeno v příloze H. Z vypočtených hodnot, které jsou uvedeny v této příloze bylo zjištěno, že napětí v uzlech sítě jsou v povolené toleranci. Žádný prvek sítě není přetížen nad dovolenou mez (100%). Navrhnuté změny vedení jsou v Tab.9-1.

Tab. 9-1: Rekonstruovaná vedení AlFe

Název vedení	Spojuje body		Starý typ vedení	Nový typ vedení	Délka vedení [m]	Nové zatížení vedení [%]
v5	u2/1	u35/1	25a	70/11a	96	80,4
v6	u35/1	u5/1	25a	70/11a	125	70,7
v8	u5/1	u6/1	25a	70/11a	126	64,4
v14	u8/1	u15/1	25a	70/11a	108	48,8
v32	u16/1	u18/1	16c	42/7a	204	64,1
v34	u18/1	u26/1	16c	42/7a	377	68,7
v36	u28/1	u26/2	25a	42/7a	64	59,7
v55	TS4/1	u21/1	-	2x2403	93	52,3

Tab. 9-2: Použité typy vodičů na rekonstrukci pomocí vedení AlFe

Typ vodiče	Počet úseku	Počet vedení	Délka úseku [m]	Délka vedení [m]
70/11a	4	4	455	455
42/7a	3	3	645	645
2x240	1	2	93	186
celkem	8	9	1193	1286

Shrnutí provedených úprav sítě:

- Výstavba transformátoru TS4 – PALMOVKA 630kVA.
- Výměna transformátoru TS2 - ŠKOLKA 250kVA za transformátor 400kVA.
- Nové kabelové zemní vedení v lokalitě Palmovka – v55 2x240k.
- Výměna stávajícího vedení v5, v6, v8, v14, v32, v34, v36 za nové vedení AlFe viz. Tab.9-1.

9.1.1 Investiční náklady rekonstrukce sítě vedením AlFe

Pro výpočet investičních nákladů výměny přetížených vedení vedením typu AlFe je nutné znát měrné náklady na daný typ vedení a při výměně nebo budování nových trafostanic náklady na jejich vybudování a pořízení nových transformátorů. Tyto potřebné údaje jsou uvedeny v Tab. 9-3 nebo literatuře [12]. U této varianty budeme uvažovat výměnu 30% podpěrných bodů (sloupů a střešníku) za nové. Předpokládané investiční náklady této varianty jsou uvedeny v Tab. 9-4.

Tab. 9-3: Měrné náklady na vedení a transformátory pro variantu s vedením AlFe

Zařízení	Typ	Cena
Vedení AlFe na staré podpěry	3x70/11	164 000Kč/km
Vedení AlFe na staré podpěry	3x42/7	114 000Kč/km
Vedení AlFe na nové podpěry	3x70/11	522 000Kč/km
Vedení AlFe na nové podpěry	3x42/7	404 000Kč/km
Kabelové vedení	2x4x240k	1 000 000Kč/km
Stožárová trafostanice	1x630kVA	142 000Kč/ks
Rozvaděč NN	630kVA-RST do 1000A	123 000Kč/ks
Transformátor	22/4kV;400kVA	214 000Kč/ks
Transformátor	22/0,4kV; 630kVA	293 000Kč/ks

Tab. 9-4: Předpokládané investiční náklady na rekonstrukci sítě vedením AlFe

Popis		množství, délka [ks,m]	cena [kč]
Výstavba trafostanice TS4	Transformovna venkovní stožárová 1x630kVA	1	142 000
	Rozvaděč NN – vč. skříně	1	123 000
	Transformátor 1x630kVA	1	293 000
Výměna transformátoru TS2	Transformátor 1x400kVA	1	214 000
Výměna vedení na stávající podpěrné body	vedení AlFe 3x42/7	452	51 528
	vedení AlFe 3x70/11-1	319	52 316
Výměna vedení na nové podpěrné body	vedení AlFe 3x42/7	193	77 972
	vedení AlFe 3x70/11-1	136	70 992
Výstavba kabelového vedení	vedení 2xAYKY3x240	93	93 000
demontáž starého vedení		1 193	34 581
celkové náklady			1 152 389
rezerva 10%			115 239
celkem			1 267 628

9.2 Rekonstrukce sítě vedením s izolovanými vodiči typu NFA2X

Při této variantě sítě jsou všechna stávající holá vedení typu AlFe a kabelová závěsná vedení typu AYKYz nahrazena izolovaným samonosným hliníkovým vedením typu NFA2X, zemní kabelová vedení zůstanou zachována. Při rekonstrukci se opět snažíme, aby napětí v uzlech vyhovovalo normě ČSN 33 0121.

V příloze C jsou na výkresu navržené úpravy sítě s vyznačenými typy použitých vedení a jejich zatížení, typy transformátorů a názvy uzlů.

Výpočtem ustáleného chodu programem KASI po provedení úprav sítě bylo zjištěno:

Zatížení transformátorů: TS1 – ČOV – zatížen na 55,3%
 TS2 – ŠKOLKA – zatížen na 63,8%
 TS3 – DRÁTOVNY – zatížen na 67,9%
 TS4 – PALMOVKA – zatížen na 78,6%

Ztráty v prvcích sítě: Ztráty v transformátorech $\Delta P_{Fe} = 3,8kW$, $\Delta P_{Cu} = 9,8kW$,
 Ztráty v transformátoru celkem $\Delta P_T = 13,6kW$
 Ztráty ve vedení $\Delta P_V = 33,4kW$.

Celkové ztráty v síti činí $\Delta P_C = 47,0kW$ tj. 4,18% z celkových odběrů.

Napětí v jednotlivých uzlech sítě a procentuální zatížení všech vedení a transformátorů v síti je uvedeno v příloze I. Z vypočtených hodnot, které jsou uvedeny v dané příloze bylo zjištěno, že všechna napětí v uzlech sítě jsou v povolené toleranci. A žádný prvek sítě není přetížen nad dovolenou mez (100%). Navrhnuté změny vedení jsou v Tab.9-5. Jelikož transformátor TS2 250kVA byl přetížen musel se nahradit transformátorem 400kVA.

Tab. 9-5: Použité typy vodičů na rekonstrukci pomocí izolovaného vedení NFA2X

Typ vedení	počet úseku	počet vedení	délka úseku [m]	délka vedení [m]
1x50AES	22	22	2140	2140
1x70AES	6	6	1087	1087
1x95AES	1	1	108	108
1x120AES	3	3	320	320
2x120AES	3	6	186	372
2x240k	1	2	93	186
celkem	36	40	3934	4213

Pozn.: 1x50AES izolovaný hliníkový vodič typu NFA2X o průřezu 50mm²

2x240k zemní hliníkový kabel o průřezu 240mm²

Použití samonosných izolovaných hliníkových vedení typu NFA2X při rekonstrukci sítě dovoluje montáž těchto vedení na stávající podpěrné body (železobetonové sloupy, střešníky, konzoly). Při rekonstrukci bylo uvažováno s výměnou nevyhovujících sloupů (dřevěných, a popraskaných železobetonových atd.) za nové železobetonové.

Shrnutí provedených úprav sítě:

- Výstavba transformátoru TS4 – PALMOVKA 630kVA
- Výměna stávajícího transformátoru TS2 - ŠKOLKA 250kVA za transformátor 400kVA
- Nové kabelové zemní vedení v lokalitě Palmovka – v55 2x240k
- Výměna stávajícího venkovního vedení za vedení s izolovanými vodiči typu NFA2X.

9.2.1 Investiční náklady rekonstrukce sítě vedením s izolovanými vodiči typu NFA2X.

Pro výpočet investičních nákladů výměny venkovního vedení typu AlFe za vedení s izolovanými vodiči NFA2X je nutné znát měrné náklady na daný typ vedení a při výměně nebo budování nových trafostanic náklady na jejich vybudování a pořízení nových transformátorů. Tyto potřebné údaje jsou uvedeny v Tab. 9-6. Předpokládané investiční náklady této varianty jsou uvedeny v Tab. 9-7.

Tab. 9-6: Měrné náklady na vedení a transformátory pro variantu s NFA2X

Zařízení	Typ	Cena
Vedení NFA2X	4x50	560 000Kč/km
Vedení NFA2X	4x70	620 000Kč/km
Vedení NFA2X	4x95	697 000Kč/km
Vedení NFA2X	4x120	780 000Kč/km
Vedení NFA2X	2x4x120	1 050 000Kč/km
Kabelové vedení	2x240k	1 000 000Kč/km
Stožárová trafostanice	1x630kVA	142 000Kč/ks
Rozvaděč NN	630kVA-RST do 1000A	123 000Kč/ks
Transformátor	22/4kV; 400kVA	214 000Kč/ks
Transformátor	22/0,4kV; 630kVA	293 000Kč/ks

Tab. 9-7: Předpokládané náklady na rekonstrukci sítě vedením s izolovanými vodiči NFA2X

Popis		množství, délka [ks,m]	cena [kč]
Výstavba trafostanice TS4	Transformovna venkovní stožárová 1x630kVA	1	142 000
	Rozvaděč NN – vč. skříně	1	123 000
	Transformátor 1x630kVA	1	293 000
Výměna transformátoru TS2	Transformátor 1x400kVA	1	214 000
Výstavba izolovaného vedení	vedení NFA2X 4X50	2140	1 198 400
	vedení NFA2X 4X70	1087	673 940
	vedení NFA2X 4X95	108	75 276
	vedení NFA2X 4X120	320	249 600
	vedení NFA2X 2X4X120	186	195 300
Výstavba kabelového vedení demontáž starého vedení	vedení 2xAYKY3x240	93	93 000
		3934	248 552
celkové náklady			3 506 068
rezerva 10%			350 607
celkem			3 856 675

9.3 Rekonstrukce sítě kabelovým vedením NAYY

Při této variantě sítě jsou všechna stávající venkovní vedení typu AlFe a kabelová závěsná vedení typu AYKYz nahrazena kabelovým zemním vedením NAYY, stávající zemní kabely zůstanou zachovány. Při rekonstrukci se opět snažíme, aby napětí v uzlech vyhovovalo normě ČSN 33 0121.

V příloze D jsou na výkresu navržené úpravy sítě s vyznačenými typy použitých vedení, transformátorů a názvy uzlů.

Výpočtem ustáleného chodu programem KASI po provedení úprav sítě bylo zjištěno:

Zatížení transformátorů: TS1 – ČOV – zatížen na 50,6%

TS2 – ŠKOLKA – zatížen na 68,4%

TS3 – DRÁTOVNY – zatížen na 67,9%

TS4 – PALMOVKA – zatížen na 78,6%

Ztráty v prvcích sítě: Ztráty v transformátorech $\Delta P_{Fe} = 3,8kW$, $\Delta P_{Cu} = 9,9kW$,

Ztráty v transformátorech celkem $\Delta P_T = 13,7kW$

Ztráty ve vedení $\Delta P_V = 30,9kW$.

Celkové ztráty v síti činí $\Delta P_C = 44,6kW$ tj. 3,96% z celkových odběrů.

Napětí v jednotlivých uzlech sítě a procentuální zatížení všech vedení a transformátorů v síti je uvedeno v příloze J. Z vypočtených hodnot, které jsou uvedeny v dané příloze bylo zjištěno, že všechna napětí v uzlech sítě jsou v povolené toleranci, žádný prvek sítě není přetížen nad dovolenou mez (100%). Navrhnuté změny vedení jsou v Tab. 9-5. Jelikož transformátor TS2 250kVA byl přetížen, musel se nahradit transformátorem 400kVA.

Tab. 9-8: Použité typy vodičů na rekonstrukci kabelovým vedením

Typ vedení	počet úseku	počet vedení	délka úseku [m]	délka vedení [m]
1x50k	24	24	2366	2366
1x95k	5	5	969	969
1x150k	1	1	126	126
1x240k	5	5	380	380
2x240k	1	2	93	186
celkem	36	37	3934	4027

Pozn.: 1x50k zemní hliníkový kabel NAYY průřezu 50mm²

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

Shrnutí provedených úprav sítě:

- Výstavba transformátoru TS4 – PALMOVKA 630kVA
- Výměna stávajícího transformátoru TS2 250kVA za transformátor 400kVA
- Nové kabelové zemní vedení v lokalitě Palmovka – v55 2x240k
- Výměna stávajícího vedení AlFe za kabelové zemní vedení NAYY.

9.3.1 Investiční náklady rekonstrukce sítě kabelovým vedením NAYY

Pro výpočet investičních nákladů výměny venkovního vedení za kabelové vedení NAYY 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. Další důležitou částí, kterou je třeba započíst do nákladu na rekonstrukci je zádlažba. Při výpočtu budeme uvažovat, že zádlažbu tvoří ze 40% chodník tvořený malými kostkami z 20% asfalt a z 40% zelený pás. Dále budeme předpokládat, že kabelové vedení se bude ukládat do rýhy o šířce 35cm. Tyto potřebné údaje jsou uvedeny v Tab. 9-9. Předpokládané investiční náklady této varianty jsou uvedeny v Tab. 9-10.

Tab. 9-9: Měrné náklady na vedení a transformátory pro variantu s NAYY

Zařízení	Typ	Cena
Kabel NAYY 50	4x50	557 000Kč/km
Kabel NAYY 95	4x95	744 000Kč/km
Kabel NAYY 150	4x150	849 000Kč/km
Kabel NAYY 240	4x240	1 004 000Kč/km
Kabel NAYY2x240	2x4x240	1 000 000Kč/km
Stožárová trafostanice	1x630kVA	142 000Kč/ks
Rozvaděč NN	630kVA-RST do 1000A	123 000Kč/ks
Transformátor	22/0,4kV;400kVA	214 000Kč/ks
Transformátor	22/0,4kV; 630kVA	293 000Kč/ks
Zástavba	Kostky malé	484Kč/m ²
Zástavba	Asfalt	902Kč/m ²

Tab. 9-10: Předpokládané náklady na rekonstrukci sítě kabelovým vedením NAYY

Popis		množství, délka, plocha [ks,m,m ²]	cena [kč]
Výstavba trafostanice TS4	Transformovna venkovní stožárová 1x630kVA	1	142 000
	Rozvaděč NN – vč. skříně	1	123 000
	Transformátor 1x630kVA	1	293 000
Výměna transformátoru TS2	Transformátor 1x400kVA	1	214 000
Výstavba kabelového vedení	kabel NAYY 50	2366	1317 862
	kabel NAYY 95	969	720 936
	kabel NAYY 150	126	106 974
	kabel NAYY 240	380	381 520
Výstavba kabelového vedení	kabel NAYY 2x3x240	93	93 000
demontáž starého vedení		3934	262 029
Zádlažba	Kostky malé	557	269 588
Zádlažba	Asfalt	278	250 756
celkové náklady			4 174 665
rezerva 10%			417 457
celkem			4 592 132

10 TECHNICKÉ A EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH VARIANT

V předcházející kapitole jsou uvedené tři možné varianty rekonstrukce sítě nn. První varianta představuje výměnu pouze nevyhovujícího přetíženého vedení za nové vedení s holými vodiči typu AlFe s větším průřezem. Druhá varianta uvažuje výměnu stávajícího venkovního vedení za vedení s izolovanými vodiči typu NFA2X a třetí varianta uvažuje výměnu stávajícího venkovního vedení za kabelové vedení NAYY uložené v zemi. Při druhé a třetí variantě uvažujeme s tím, že stávající kabelové zemní vedení bude zachováno. U všech tří variant došlo k výstavbě čtvrtého transformátoru TS4 –PALMOVKA 630kVA, z důvodu plánované výstavby nízkoenergetických rodinných domů, a k výměně transformátoru TS2 – ŠKOLKA 250kVA za transformátor s výkonem 400kVA. Postavením čtvrtého transformátoru TS4 a výměnou transformátoru TS2 za výkonnější se nám instalovaný výkon zvýšil z původních 1050kVA na 1830kVA. Celkový zdánlivý odběr sítě je při $\cos\varphi=0,95$ $S=1183,6\text{kVA}$. Výkonová rezerva v síti je tedy 646,4kVA.

Technické porovnání jednotlivých variant:

Tab. 10-1: Porovnání jednotlivých variant

Varianta	Ztráty v síti		Nejnižší napětí v síti		Celková délka rekonstruovaného vedení
			Uzel	Napětí	
	[kW]	[%]		[V]	[m]
Původní stav	165,5	18,06	u18	165,4	-
Vedení typu AlFe	68,9	6,13	u7/1	215,4	1193
Vedení typu NFA2X	47	4,18	u26/2	233,6	3934
Kabelové vedení NAYY	44,5	3,96	u7/1	233,9	3934

V Tab.10-1 lze vidět, že rekonstrukcí vedení došlo ke zmenšení ztrát v síti minimálně 2,5-krát (závisí na variantě provedené rekonstrukce), dále vidíme, že nejnižší napětí v uzlu nám stoupl minimálně o 50V. Z Tab.10-1 také vyplývá, že z technického hlediska je nejvýhodnější použít při rekonstrukci zemní kabel NAYY, jelikož při použití kabelu dochází k nejmenším ztrátám v síti a tím pádem i k nejmenším úbytkům napětí v síti. Nejhorší varianta z technického hlediska je varianta výměny pouze části nevyhovujícího vedení za vedení s holými vodiči AlFe. Zde jsou ztráty nejvyšší a také je v síti nejvyšší úbytek napětí. Na druhou stranu je toto řešení nejjednodušší na provedení, jelikož se mění pouze 1193m vedení oproti 3934m.

Ekonomické hodnocení jednotlivých variant:

Tab. 10-2: Ekonomické porovnání jednotlivých variant

Varianta	Celková investice	Průměrná cena na 1m délky vedení
	[Kč]	[Kč]
Vedení typu AlFe	1 267 628	1062,55
Vedení typu NFA2X	3 856 675	980,34
Kabelové vedení NAYY	4 592 132	1167,29

Z Tab.10-2 vyplývá, že z ekonomického hlediska je nejvýhodnější varianta výměna jen části nevyhovujícího vedení sítě holými vodiči typu AlFe, která ovšem z technického hlediska dopadla v porovnání s ostatními variantami nejhůř. Z ekonomického hlediska nejhůře dopadla varianta výměny venkovního vedení za kabelové vedení NAYY uložené v zemi, ale z technického hlediska dopadla nejlépe. Pokud srovnáme ceny jednotlivých variant na jeden metr délky vedení, vidíme, že je na tom nejlépe varianta s izolovanými vodiči typu NFA2X.

Při výběru optimální varianty je nutno posoudit mnoho faktorů. Varianta, kde se mění jen nevyhovující část sítě vedením AlFe je sice nejlevnější, nejjednodušší na provedení, z technického hlediska v současné době přijatelná, ale s předpokládaným rozvojem obce a tím i zvyšováním spotřeby, by bylo nutné tuto síť za několik let rekonstruovat znovu, což by znamenalo další náklady. Varianta, kde se venkovní vedení mění za kabelové vedení NAYY je z technického hlediska nejvýhodnější, ale z ekonomického hlediska nejdražší. A i provedení by bylo náročnější, neboť by se musela odstranit celá nadzemní část sítě a provést rozsáhlé zemní práce včetně zádlahy, která činí značnou část nákladu při této rekonstrukci. Tato varianta má však obrovskou výhodu v tom, že se zlepší celkový estetický dojem obce, neboť by celá síť byla uložena v zemi.

Z výše uvedených poznatků vyplývá, že neoptimálnější varianta je varianta rekonstrukce pomocí vedení s izolovanými vodiči typu NFA2X. Z technického hlediska je srovnatelná s variantou se zemními kabely, neboť nejnižší napětí v uzlu sítě je při obou variantách stejné i když jsou ztráty u NFA2X o něco málo vyšší viz. Tab.10-1. Použití izolovaných vodičů má mnoho výhod, některé jsou popsány v kapitole 4.2 například snížená poruchovost, zvýšená životnost vedení atd. Z ekonomického hlediska jsou celkové investiční náklady přijatelné a průměrná cena na 1m délky je nejnižší.

Pro variantu rekonstrukce sítě pomocí vedení typu NFA2X, kterou se provede rekonstrukce sítě je také navrženo jištění. Návrh jištění byl proveden pomocí programu SICHR 9. 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. Výsledky jsou uvedeny v příloze K.

11 KONTROLA VEDENÍ VN

Obec Hrubá Vrbka je napájena čtyřmi transformátory připojenými na odbočku z kmenové linky vn 349. Kmenová linka je tvořena holým vedením 70AlFe. Transformátory TS1, TS2, TS3 jsou připojeny pomocí vedení 35AlFe, transformátor TS4 vedením 42/7AlFe. Při výpočtu bylo uvažováno napětí 22 kV.

Stávající zatížení odbočky se vypočítá ze vztahu :

$$I_1 = I_2 \cdot \frac{U_2}{U_1}$$

kde I_1 (I_2) primární (sekundární) proud transformátoru

U_1 (U_2) primární (sekundární) napětí transformátoru

Maximální zatížení vedení lze vypočítat ze vztahu:

$$I_{nm} = \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U_n}$$

kde I_{nm} jmenovitý primární proud transformátoru

S_n jmenovitý zdánlivý výkon transformátoru

U_n jmenovité primární napětí transformátoru

Tab. 11-1: Zatížení vedení

	S_n [kVA]	I_{nm} [A]	Zatížení transformátorů [%]	I_s [A]	Vedení - typy vodičů	I_d [A]	zatížení vn vedení I_{nm}/I_d [%]
TS1	400	10,50	55,3	5,81	35AlFe	153	6,86
TS2	400	10,50	63,8	6,69	35AlFe	153	6,86
TS3	400	10,50	67,9	7,13	35AlFe	153	6,86
TS4	630	16,53	78,6	12,99	42/7AlFe	191	8,66

kde: I_s - značí skutečný primární proud transformátorů

I_d – dovolené zatížení vedení

Jak je vidět v Tab. 11-1 jednotlivá vedení jimiž jsou připojeny transformátory ve VN síti jsou dostatečně dimenzovány. Zatížení vedení je nejvyšší u transformátoru TS4 a to 8,66%.

12 ZÁVĚR

Diplomová práce se v úvodu zabývá stručnou historií elektrizační soustavy, která se datuje do roku 1882, kdy se v Německu uskutečnil první přenos elektrické energie. Následuje rozdělení distribučních sítí vysokého a nízkého napětí podle různých hledisek. Rozdělení sítí podle uložení vodičů, podle jmenovitého napětí a podle způsobu zapojení sítí, kde jsou stručně popsány sítě paprskové, okružní a zauzlené (mřížové). Dále se práce zabývá vedeními distribučních sítí a jejich parametry. Jsou zde stručně popsány vedení venkovní holé i izolované, které se v dnešní době využívají nejčastěji a nahrazují tak vedení s holými vodiči AlFe, jsou zde uvedeny jejich vlastnosti, dále pak vedení kabelové a rovněž jejich vlastnosti. Nakonec jsou v této kapitole uvedeny a popsány vodiče používané ve společnosti E.ON. V následující kapitole jsou uvedeny hlediska návrhu elektrického vedení, do kterých patří hledisko mechanické pevnosti, oteplení, úbytku napětí, hospodárnosti, bezpečnosti, kvality dodávky elektrické energie a zajištění dodávky.

Následující část diplomové práce se zabývá výpočtem ustáleného chodu sítě. Proto, abychom jej mohli vypočítat, jsou zde uvedeny výpočtové metody 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. Dalšími možnými způsoby výpočtu ustáleného chodu sítě může být řešení pomocí stejnosměrného modelu nebo redukce odběrových uzlů.

Pro výpočet ustáleného stavu jsem použil program KASI, který k výpočtu používá metodu uzlových napětí a při řešení soustavy lineárních rovnic využívá Gauss-Seidlovu iterační metodu. Po výpočtu ustáleného chodu stávající sítě nízkého napětí v obci Hrubá Vrbka jsem zjistil, že některé transformátory a vedení jsou přetížená nad dovolenou mez a napětí v některých uzlech je mimo dovolené hodnoty, které určuje norma ČSN 33 0121 což je $230 \text{ V} \pm 10\%$. Proto jsem provedl tři návrhy na rekonstrukci dané sítě, a to výměnu pouze nevyhovujících vedení za vedení AlFe, výměnu všech venkovních vedení za izolované vedení s vodiči NFA2X a nakonec výměnu všech venkovních vedení za kabelové typu NAYY. Při návrhu rekonstrukce bylo ponecháno stávající kabelové vedení. Ve všech variantách se uvažuje výstavba čtvrtého transformátoru TS4-Palmovka o výkonu 630 kVA a výměně transformátoru TS1-Školka o výkonu 250 kVA za transformátor o výkonu 400 kVA.

První varianta spočívá pouze ve výměně nevyhovujících částí sítě holým hliníkovým vedením AlFe s vhodným průřezem. Tato varianta je z pohledu investičních nákladů nejvýhodnější a představuje investici ve výši 1 267 628 Kč, ale měrné náklady činí 1062,55 Kč/m. Z technického hlediska je tato varianta rekonstrukce s porovnáním s ostatními variantami nejméně výhodná, jelikož celkové ztráty v síti by byly 6,13%. Výhody této varianty spočívají v jednoduchosti provedení, kdy se dají použít všechny nepoškozené sloupy a konzoly, její nízké ceně a minimálnímu zásahu do stávající sítě. Nevýhoda této varianty spočívá ve velikosti ztrát v síti a ve velké poruchovosti při předpokládané 20-ti leté životnosti.

Druhou variantou rekonstrukce je výměna nadzemní části sítě za izolované vedení s vodiči NFA2X, kabelové zemní vedení bude ponecháno. Investiční náklady na tuto variantu činí 3 856 675 Kč a měrné náklady jsou ze všech variant nejnižší, činí 980,34 Kč/m. Z technického hlediska je na tom mnohem lépe než varianta předchozí, neboť celkové ztráty v síti činí 4,18%. Výhodou této varianty je dobrý poměr mezi ztrátami v síti a velikosti investičních nákladů. Tato varianta má také nejnižší měrné náklady na 1 m délky vedení. Použitím vedení NFA2X má přednosti ve velké provozní spolehlivosti a bezpečnosti, relativně jednoduché montáži. Uvažujeme výměnu jen 30% podpěrných bodů za nové.

Třetí varianta spočívá v odstranění cele nadzemní části sítě a položením kabelového vedení typu NAYY. Tato varianta je z pohledu investičních nákladů v porovnání s ostatními variantami nejhorší, neboť v investici se výrazně projevují náklady na rozsáhlé výkopové práce spojené s položením kabelu a také zádlažba. Investiční náklady činí 4 592 163 Kč a měrné náklady 1167,29 Kč/m. Z technického hlediska je tato varianta nejvýhodnější, neboť celkové ztráty jsou ze všech variant nejnižší 3,96%. Hlavní výhodou této varianty je estetický vzhled obce a její bezúdržbovost. Hlavní nevýhodou této varianty je její vysoká cena.

Vzhledem k výše popsaným skutečnostem a porovnáním investičních nákladů a technických parametrů se rekonstrukce sítě v obci Hrubá Vrbka provede pomocí venkovního vedení s vodiči typu NFA2X. Pro tuto variantu rekonstrukce sítě jsem také navrhnul jištění pomocí programu SICHR 9 viz. příloha K. 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. A úplně na závěr jsem provedl kontrolu napájecího vedení vysokého napětí, kdy jsem zjistil, že zatížení napájecího vedení je nejvíce 8,66%, a tedy plně vyhovuje.

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] PAVLOVSKÝ, B.: Elektrické sítě v městech a sídlištích. SNTL, Praha 1975, 432 stran
- [2] HORÁK, K.: Výpočet elektrických sítí. SNTL, Praha 1980, 179 stran
- [3] REISS, L.A KOLEKTIV.: Teoretická elektroenergetika I. ALFA, Bratislava 1977, 420 stran
- [4] BLAŽEK, V.: Distribuce elektrické energie. VUT v Brně, Brno 2003
- [5] ORSÁGOVÁ, J.: Rozvodná zařízení. VUT v Brně, Brno 2002
- [6] HALUZÍK, E.: Řízení provozu elektrizačních soustav. VUT v Brně, Brno 1983
- [7] Allkabel s.r.o., 10.12.2008, www.allkabel.cz
- [8] Nkt cablo s.r.o , 10.12.2008, www.kablo.cz
- [9] Izolované vodiče VN a VVN, zemní lana 110kV., 17.4.2008,
http://www.ensto.com/www/czech/index/verkonrakennus/overheadlinesolutions/Files/Attachment/Izolovane_vodice_VN_a_VVN,_zemni_kabely_110_kV.pdf
- [10] KARPISS, J.: Popis výpočetního programu KASI
- [11] BLAŽEK.: Výkonové podklady pro navrhování distribučních sítí, směrnice č.13/98, JME,a.s. Brno 1998.
- [12] JINDERLE, M.: Měrné investiční náklady

Příloha A	Výkres – stávající stav sítě Hrubá Vrbka
Příloha B	Výkres – rekonstrukce sítě pomocí AlFe
Příloha C	Výkres – rekonstrukce sítě pomocí izolovaného vedení s vodiči NFA2X
Příloha D	Výkres - rekonstrukce sítě pomocí kabelového vedení NAYY
Příloha E	Výkres – umístění odběrů
Příloha F	Výkres – situace v obci Hrubá Vrbka (F/1, F/2)

Příloha G Vypočtené hodnoty programem KASI pro stávající stav v obci Hrubá Vrbka

ZADANA GLOB. SITOVA DATA:

```
=====
Nazev dat: STAV_T Okres: 200 Obec: Hrubá Vrbka
Komentar: Stavající síť nn
Odb.jed.: 2.4kW Ucinik: 0.95 Trend: 0.0% Poc.rok: 1 Kon.rok: 20
Unom: 230V Chyba: 0.10A Nakl.ot.st.: 0t.Kc Km: 1.00 Hod.vyp.: 7
```

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

```
=====
Souct. odbery v síti: primo zadane: J0:1.kat.: 937.3 A( 256.00j.) 614.4 kW
                                     2.kat.: 0.0 A( 0.00j.) 0.0 kW
                                     3.kat.: 0.0 A( 0.00j.) 0.0 kW
                                     4.kat.: 0.0 A( 0.00j.) 0.0 kW
                                     celk.J0: 937.3 A( 256.00j.) 614.4 kW
                                     VO: 460.7 A( 19 ks.) 302.0 kW
                                     Celkem: 1398.0 A 916.4 kW
                                     zatiz.prip. a DS: 0.0 A 0.0 kW
-----
Celkem: 1398.0 A 916.4 kW
```

Ztráty v transform.: Fe: 2.3 kW; Cu: 12.3 kW; celkem: 14.6 kW;
 Ztráty ve ved.: 150.9 kW; Ztráty celk.: 165.5 kW; tj.18.06 % celk.odb.;

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

STATISTIKA POUZ. PRVKU V SITI: STAV_T

```
=====
Typ prvku Poc.tr.stan. Poc.transf. Del.trasy Del.potahu
          - tras ved. - pot.ved. [m] [m]
-----
1x16a      2          2          561          561
1x25a     14         14         1310         1310
1x35a      5          5          591          591
1x50a      2          2          352          352
1x70a      2          2           90           90
1x10c      5          5          239          239
1x16c      3          3          617          617
1x50k      1          1           51           51
1x120k     5          5          618          618
2x120k     3          6          361          723
2x150k     1          2           43           86
1x240k     5          5          646          646
2x240k     2          4          370          741
1x35kz     2          2           81           81
1x.250t    1          1           -           -
1x.400t    2          2           -           -

vse x120k   8         11          980         1341
vse x240k   7          9         1016         1386

Tr.st.celkem 3          3           -           -
Vedeni celk. 52         58         5931         6706
```

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

=====

Komentar:Stavajici sit nn

Nazev bodu	Cislo vnitr.uz.	Red.odb. [A]	Ubytek nap. [V]	Odchylka [%]	Napeti [V]
=====					
TS1	1		6.20	2.70	246.8
TS2	1		5.96	2.59	247.0
TS3	1		5.94	2.58	247.1
u1	1		6.32	2.75	246.7
u2	1		11.04	4.80	242.0
u2	1		12.28	5.34	240.7
u4	1		11.93	5.19	241.1
u5	1		71.13	30.92	-20.92
	2		70.16	30.50	-20.50
u6	1		83.42	36.27	-26.27
u7	1		84.43	36.71	-26.71
u8	1		28.72	12.49	-2.49
	2		83.42	36.27	-26.27
u9	1		36.52	15.88	-5.88
u10	1		36.88	16.04	-6.04
u11	1		40.38	17.56	-7.56
u12	1		70.16	30.50	-20.50
u13	1		63.09	27.43	-17.43
u14	1		35.20	15.30	-5.30
u15	1		10.49	4.56	5.44
u16	1		83.09	36.13	-26.13
u17	1		83.93	36.49	-26.49
u18	1		87.60	38.09	-28.09
	2		61.85	26.89	-16.89
u19	1		63.06	27.42	-17.42
u20	1		87.37	37.99	-27.99
u21	1		87.16	37.90	-27.90
u22	1		87.49	38.04	-28.04
u23	1		76.65	33.33	-23.33
u24	1		76.76	33.37	-23.37
u25	1		14.53	6.32	3.68
	2		87.47	38.03	-28.03
u26	1		31.44	13.67	-3.67
u27	1		31.59	13.74	-3.74
u28	1		12.40	5.39	4.61
u29	1		27.64	12.02	-2.02
u30	1		41.44	18.02	-8.02
u31	1		47.74	20.76	-10.76
u32	1		43.45	18.89	-8.89
u33	1		6.54	2.84	7.16
u34	1		6.32	2.75	7.25
u35	1		39.79	17.30	-7.30
u36	1		40.09	17.43	-7.43
u37	1		35.36	15.37	-5.37
u38	1		9.71	4.22	5.78
u39	1		8.86	3.85	6.15
u40	1		8.86	3.85	6.15
u41	1		7.37	3.21	6.79
u42	1		7.37	3.21	6.79

VETVOVE HOD. VYP. SITE : STAV_T - 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]	
TS1	(0)	TS1/1	.400t	- -	1	521.1	521.1	94.4	5.13
TS2	(0)	TS2/1	.250t	- -	1	377.7	377.7	109.5	4.69
TS3	(0)	TS3/1	.400t	- -	1	499.2	499.2	90.4	4.77
v1	TS2/1	u2/1	120k	126	1	150.7	150.7	60.3	2.22
	TS2/1	u2/1	- " -	- -	2	150.7	150.7	60.3	2.22
v2	TS2/1	u1/1	150k	43	1	38.1	38.1	15.3	0.04
	TS2/1	u1/1	- " -	- -	2	38.1	38.1	15.3	0.04
v3	u2/1	u2/1	25a	90	1	14.6	7.3	11.7	0.04
v4	u2/1	u4/1	120k	176	1	19.1	19.1	7.6	0.05
	u2/1	u4/1	- " -	- -	2	19.1	19.1	7.6	0.05
v5	u2/1	u35/1	25a	96	1	241.3	234.0	193.1	20.08
v6	u35/1	u5/1	25a	125	1	212.1	196.8	169.6	18.26
v7	u35/1	u36/1	35kz	46	1	7.3	7.3	14.6	0.01
v8	u5/1	u6/1	25a	126	1	193.1	25.6	154.5	5.36
v9	u6/1	u7/1	25a	44	1	25.6	11.0	20.5	0.06
v10	u6/1	u8/2	25a	63	1	-0.0	-0.0	0.0	0.00
v11	u8/1	u9/1	25a	67	1	95.2	91.5	76.2	2.12
v12	u9/1	u11/1	25a	67	1	54.9	33.0	43.9	0.54
v13	u9/1	u10/1	25a	39	1	7.3	7.3	5.9	0.01
v14	u8/1	u15/1	25a	108	1	-117.2	-146.5	117.2	7.18
v15	u15/1	u14/1	35a	99	1	307.8	292.9	192.4	20.70
v16	u14/1	u37/1	10c	42	1	3.7	0.0	3.7	0.00
v17	u14/1	u13/1	35a	128	1	285.6	241.6	178.5	20.46
v18	u13/1	u12/1	25a	57	1	98.8	98.8	79.0	2.03
v19	u12/1	u5/2	10c	34	1	-0.0	-0.0	0.0	0.00
v20	u12/1	u16/1	10c	84	1	95.1	73.2	95.1	3.40
v21	u16/1	u17/1	10c	32	1	14.7	14.7	14.7	0.04
v22	TS1/1	u15/1	240k	158	1	188.9	188.9	54.0	2.18
	TS1/1	u15/1	- " -	- -	2	188.9	188.9	54.0	2.18
v23	TS1/1	u34/1	50k	51	1	3.7	3.7	2.9	0.00
v24	u13/1	u23/1	35a	124	1	139.2	117.2	87.0	4.99
v25	u23/1	u24/1	35kz	35	1	3.7	3.7	7.4	0.00
v26	u23/1	u21/1	35a	203	1	102.6	29.3	64.1	2.09
v27	u21/1	u22/1	35a	36	1	11.0	11.0	6.9	0.01
v28	u21/1	u20/1	70a	29	1	14.6	14.6	5.9	0.01
v29	u20/1	u18/1	70a	62	1	7.3	7.3	2.9	0.00
v30	u20/1	u25/2	50a	76	1	3.7	0.0	1.8	0.00
v31	u25/1	u28/1	50a	275	1	30.7	-53.5	26.7	0.49
v32	u16/1	u18/1	16c	204	1	47.5	-7.4	38.0	0.44
v33	u18/2	u19/1	10c	47	1	14.6	14.6	14.6	0.05
v34	u18/2	u26/1	16c	377	1	-14.6	-124.5	99.6	7.74
v35	u26/1	u27/1	16c	36	1	3.7	3.7	2.9	0.00
v36	u28/1	u26/1	25a	69	1	220.0	220.0	176.0	12.18
v37	u26/1	u30/1	25a	108	1	88.2	58.9	70.5	2.20
v38	u30/1	u31/1	25a	252	1	43.9	-0.0	35.1	0.54
v39	u30/1	u32/1	16a	219	1	7.6	1.5	9.5	0.03
v40	u28/1	u29/1	16a	342	1	50.6	1.5	63.3	1.49
v41	u28/1	TS3/1	240k	212	1	-211.4	-211.4	60.4	3.67
	u28/1	TS3/1	- " -	- -	2	-211.4	-211.4	60.4	3.67
v42	TS3/1	u33/1	120k	59	1	38.1	38.1	15.3	0.07
	TS3/1	u33/1	- " -	- -	2	38.1	38.1	15.3	0.07
v43	u28/1	u25/1	240k	287	1	51.7	51.7	14.8	0.30
v44	u28/1	u25/1	120k	297	1	43.5	-9.9	17.4	0.29
v45	TS1/1	u42/1	240k	70	1	116.7	116.7	33.3	0.37
v46	u42/1	u39/1	240k	135	1	76.1	76.1	21.7	0.30
v47	u39/1	u38/1	240k	86	1	69.4	69.4	19.8	0.16
v48	u38/1	u15/1	240k	68	1	80.1	80.1	22.9	0.17

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]
v49	u38/1	u39/1	120k	115	1	-10.7	-43.7	17.5	0.08
v50	u40/1	u39/1	120k	47	1	-0.0	-0.0	0.0	0.00
v51	u42/1	u41/1	120k	18	1	-0.0	-0.0	0.0	0.00
v52	u39/1	u42/1	120k	141	1	-36.9	-40.6	16.2	0.17

Příloha H Vypočtené hodnoty programem KASI pro rekonstrukci nevyhovujících částí vedení vodiči typu AlFe v obci Hrubá Vrbka

ZADANA GLOB. SITOVA DATA:

=====

Nazev dat: ALFE Okres: 200 Obec: Hrubá Vrbka
 Komentar: Rekonstrukce AlFe
 Odb.jed.: 2.4kW Ucinik: 0.95 Trend: 0.0% Poc.rok: 1 Kon.rok: 20
 Unom: 230V Chyba: 0.10A Nakl.ot.st.: 0t.Kc Km: 1.00 Hod.vyp.: 7

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

=====

Souct. odbery v siti: primo zadane:	J0:1.kat.:	937.3 A(256.00j.)	614.4 kW
	2.kat.:	317.3 A(26.00j.)	208.0 kW
	3.kat.:	0.0 A(0.00j.)	0.0 kW
	4.kat.:	0.0 A(0.00j.)	0.0 kW
	celk.J0:	1254.6 A(282.00j.)	822.4 kW
	V0:	460.7 A(19 ks.)	302.0 kW
	Celkem:	1715.3 A	1124.4 kW
	zatiz.prip. a DS:	0.0 A	0.0 kW

	Celkem:	1715.3 A	1124.4 kW

Ztraty v transform.: Fe: 3.8 kW; Cu: 9.9 kW; celkem: 13.6 kW;
 Ztraty ve ved.: 55.2 kW; Ztraty celk.: 68.9 kW; tj. 6.13 % celk.odb.;

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

STATISTIKA POUZ. PRVKU V SITI: ALFE

=====

Typ prvku	Poc.tr.stan. - tras ved.	Poc.transf. - pot.ved.	Del.trasy [m]	Del.potahu [m]

1x16a	2	2	561	561
1x25a	9	9	787	787
1x35a	5	5	591	591
1x42/7a	3	3	650	650
1x50a	2	2	352	352
1x70a	2	2	90	90
1x70/11a	4	4	455	455
1x10c	5	5	239	239
1x16c	1	1	36	36
1x50k	1	1	51	51
1x120k	5	5	618	618
2x120k	3	6	361	723
2x150k	1	2	43	86
1x240k	5	5	646	646
2x240k	3	6	463	927
1x35kz	2	2	81	81
1x.400t	3	3	-	-
1x.630t	1	1	-	-
vse x120k	8	11	980	1341
vse x240k	8	11	1109	1572
Tr.st.celkem	4	4	-	-
Vedeni celk.	53	60	6024	6892

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

Komentar: Rekonstrukce AlFe

Nazev bodu	Cislo vnitr.uz.	Red.odb. [A]	Ubytek nap. [V]	Odchylka [%]	Napeti [V]
TS1	1		3.33	1.45	249.7
TS2	1		4.50	1.95	248.5
TS3	1		4.46	1.94	248.5
TS4	1		4.98	2.16	248.0
u1	1		4.85	2.11	248.1
u2	1		9.57	4.16	243.4
u2	1		10.81	4.70	242.2
u4	1		10.47	4.55	242.5
u5	1		32.02	13.92	221.0
	2		23.65	10.28	229.4
u6	1		36.62	15.92	216.4
u7	1		37.63	16.36	215.4
u8	1		12.27	5.34	240.7
	2		36.62	15.92	216.4
u9	1		20.08	8.73	232.9
u10	1		20.44	8.89	232.6
u11	1		23.94	10.41	229.1
u12	1		23.65	10.28	229.4
	2		30.16	13.11	222.8
u13	1		23.39	10.17	229.6
	2		12.31	5.35	240.7
u14	1		10.22	4.44	242.8
u15	1		5.46	2.38	247.5
u16	1		29.04	12.63	224.0
u17	1		29.88	12.99	223.1
u18	1		17.78	7.73	235.2
u19	1		18.99	8.26	234.0
u20	1		10.77	4.68	242.2
u21	1		7.43	3.23	245.6
u22	1		7.76	3.37	245.2
u23	1		21.76	9.46	231.2
u24	1		21.87	9.51	231.1
u25	1		11.15	4.85	241.9
	2		10.86	4.72	242.1
u26	1		32.90	14.30	220.1
	2		13.81	6.00	239.2
u27	1		13.96	6.07	239.0
u28	1		9.02	3.92	244.0
u29	1		24.25	10.54	228.7
u30	1		23.81	10.35	229.2
u31	1		30.12	13.09	222.9
u32	1		25.83	11.23	227.2
u33	1		5.06	2.20	247.9
u34	1		3.44	1.50	249.6
u35	1		20.32	8.83	232.7
u36	1		20.61	8.96	232.4
u37	1		10.38	4.51	242.6
u38	1		5.19	2.26	247.8
u39	1		4.79	2.08	248.2
u40	1		4.79	2.08	248.2
u41	1		3.98	1.73	249.0
u42	1		3.98	1.73	249.0

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

Komentar: Rekonstrukce ALFe

Nazev ved, tr.	Spojuje body	Typ vedeni	Del. [m]	Vn. cis.	I-zac [A]	I-kon [A]	I/Id [%]	P-ztr [kW]	
TS1	(0)	TS1/1	.400t	- -	1	279.5	279.5	50.6	2.08
TS2	(0)	TS2/1	.400t	- -	1	377.8	377.8	68.4	3.10
TS3	(0)	TS3/1	.400t	- -	1	374.7	374.7	67.9	3.06
TS4	(0)	TS4/1	.630t	- -	1	683.4	683.4	78.6	5.41
v1	TS2/1	u2/1	120k	126	1	150.7	150.7	60.3	2.22
	TS2/1	u2/1	- " -	- -	2	150.7	150.7	60.3	2.22
v2	TS2/1	u1/1	150k	43	1	38.2	38.2	15.3	0.04
	TS2/1	u1/1	- " -	- -	2	38.2	38.2	15.3	0.04
v3	u2/1	u2/1	25a	90	1	14.6	7.3	11.7	0.04
v4	u2/1	u4/1	120k	176	1	19.1	19.1	7.6	0.05
	u2/1	u4/1	- " -	- -	2	19.1	19.1	7.6	0.05
v5	u2/1	u35/1	70/11a	96	1	241.3	234.0	80.4	6.63
v6	u35/1	u5/1	70/11a	125	1	212.1	196.8	70.7	6.03
v7	u35/1	u36/1	35kz	46	1	7.3	7.3	14.7	0.01
v8	u5/1	u6/1	70/11a	126	1	193.1	25.6	64.4	1.77
v9	u6/1	u7/1	25a	44	1	25.6	11.0	20.5	0.06
v10	u6/1	u8/2	25a	63	1	-0.0	-0.0	0.0	0.00
v11	u8/1	u9/1	25a	67	1	95.2	91.5	76.2	2.12
v12	u9/1	u11/1	25a	67	1	54.9	33.0	43.9	0.54
v13	u9/1	u10/1	25a	39	1	7.3	7.3	5.9	0.01
v14	u8/1	u15/1	70/11a	108	1	-117.2	-146.5	48.8	2.37
v15	u15/1	u14/1	35a	99	1	66.2	51.3	41.4	0.78
v16	u14/1	u37/1	10c	42	1	3.7	0.0	3.7	0.00
v17	u14/1	u13/2	35a	128	1	43.9	-0.0	27.5	0.19
v18	u13/1	u12/1	25a	57	1	3.7	3.7	2.9	0.00
v19	u12/1	u5/2	10c	34	1	0.0	0.0	0.0	0.00
v20	u12/2	u16/1	10c	84	1	0.0	-22.0	22.0	0.06
v21	u16/1	u17/1	10c	32	1	14.6	14.6	14.6	0.04
v22	TS1/1	u15/1	240k	158	1	94.1	94.1	26.9	0.54
	TS1/1	u15/1	- " -	- -	2	94.1	94.1	26.9	0.54
v23	TS1/1	u34/1	50k	51	1	3.7	3.7	2.9	0.00
v24	u13/1	u23/1	35a	124	1	-7.3	-29.3	18.3	0.09
v25	u23/1	u24/1	35kz	35	1	3.7	3.7	7.3	0.00
v26	u23/1	u21/1	35a	203	1	-43.9	-117.2	73.2	3.65
v27	u21/1	u22/1	35a	36	1	11.0	11.0	6.9	0.01
v28	u21/1	u20/1	70a	29	1	234.3	234.3	93.7	2.04
v29	u20/1	u18/1	70a	62	1	227.0	227.0	90.8	4.14
v30	u20/1	u25/2	50a	76	1	3.7	0.0	1.8	0.00
v31	u25/1	u28/1	50a	275	1	30.7	-53.5	26.7	0.49
v32	u16/1	u18/1	42/7a	204	1	-47.6	-102.5	64.1	2.47
v33	u18/1	u19/1	10c	47	1	14.6	14.6	14.6	0.05
v34	u18/1	u26/1	42/7a	377	1	109.8	0.0	68.7	3.27
v35	u26/2	u27/1	16c	36	1	3.7	3.7	2.9	0.00
v36	u28/1	u26/2	42/7a	69	1	95.5	95.5	59.7	1.26
v37	u26/2	u30/1	25a	108	1	88.2	58.9	70.5	2.20
v38	u30/1	u31/1	25a	252	1	43.9	0.0	35.1	0.54
v39	u30/1	u32/1	16a	219	1	7.6	1.5	9.5	0.03
v40	u28/1	u29/1	16a	342	1	50.6	1.5	63.3	1.49
v41	u28/1	TS3/1	240k	212	1	-149.2	-149.2	42.6	1.83
	u28/1	TS3/1	- " -	- -	2	-149.2	-149.2	42.6	1.83
v42	TS3/1	u33/1	120k	59	1	38.1	38.1	15.3	0.07
	TS3/1	u33/1	- " -	- -	2	38.1	38.1	15.3	0.07
v43	u28/1	u25/1	240k	287	1	51.7	51.7	14.8	0.30
v44	u28/1	u25/1	120k	297	1	43.5	-9.9	17.4	0.29
v45	TS1/1	u42/1	240k	70	1	64.7	64.7	18.5	0.11
v46	u42/1	u39/1	240k	135	1	41.9	41.9	12.0	0.09
v47	u39/1	u38/1	240k	86	1	32.3	32.3	9.2	0.03

Komentář: Rekonstrukce AlFe

Název ved, tr.	Spojuje body		Typ vedení	Del. [m]	Vn. cis.	I-zac [A]	I-kon [A]	I/Id [%]	P-ztr [kW]
v48	u38/1	u15/1	240k	68	1	28.1	28.1	8.0	0.02
v49	u38/1	u39/1	120k	115	1	4.2	-28.8	11.5	0.03
v50	u40/1	u39/1	120k	47	1	-0.0	-0.0	0.0	0.00
v51	u42/1	u41/1	120k	18	1	0.0	0.0	0.0	0.00
v52	u39/1	u42/1	120k	141	1	-19.2	-22.8	9.1	0.05
v55	TS4/1	u21/1	240k	93	1	183.1	183.1	52.3	1.21
	TS4/1	u21/1	- " -	- -	2	183.1	183.1	52.3	1.21

Příloha I Vypočtené hodnoty programem KASI pro rekonstrukci izolovaným vedením s vodiči typu NFA2X v obci Hrubá Vrbka

ZADANA GLOB. SITOVA DATA:

```
=====
Nazev dat:      NFA2X  Okres: 200  Obec: Hrubá Vrbka
Komentar: Rekonstrukce NFA2X
Odb.jed.: 2.4kW  Ucinik: 0.95  Trend: 0.0%  Poc.rok: 1  Kon.rok: 20
Unom: 230V  Chyba: 0.10A  Nakl.ot.st.: 0t.Kc  Km: 1.00  Hod.vyp.: 7
```

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

```
=====
Souct. odbery v siti: primo zadane: J0:1.kat.: 937.3 A( 256.00j.) 614.4 kW
                                           2.kat.: 317.3 A( 26.00j.) 208.0 kW
                                           3.kat.: 0.0 A( 0.00j.) 0.0 kW
                                           4.kat.: 0.0 A( 0.00j.) 0.0 kW
                                           celk.J0: 1254.6 A( 282.00j.) 822.4 kW
                                           V0: 460.7 A( 19 ks.) 302.0 kW
                                           Celkem: 1715.3 A 1124.4 kW
                                           zatiz.prip. a DS: 0.0 A 0.0 kW
-----
                                           Celkem: 1715.3 A 1124.4 kW
```

Ztraty v transform.: Fe: 3.8 kW; Cu: 9.8 kW; celkem: 13.6 kW;
 Ztraty ve ved.: 33.4 kW; Ztraty celk.: 47.0 kW; tj. 4.18 % celk.odb.;

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

STATISTIKA POUZ. PRVKU V SITI: ASE

```
=====
Typ prvku      Poc.tr.stan. Poc.transf. Del.trasy Del.potahu
               - tras ved. - pot.ved. [m] [m]
-----
1x50AES        22          22        2140      2140
1x70AES         6           6        1087      1087
1x95AES         1           1         108         108
1x120AES        3           3         320         320
2x120AES        3           6         186         372
1x50k           1           1          51          51
1x120k          5           5         618         618
2x120k          3           6         361         723
2x150k          1           2          43          86
1x240k          5           5         646         646
2x240k          3           6         463         927
1x.400t         3           3          -          -
1x.630t         1           1          -          -

vse x120AES     6           9         505         691
vse x120k       8          11         980        1341
vse x240k       8          11        1109        1572

Tr.st.celkem    4           4          -          -
Vedeni celk.   53          63        6024        7077
```

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

Komentar: Rekonstrukce NFA2X

Nazev bodu	Cislo vnitr.uz.	Red.odb. [A]	Ubytek nap. [V]	Odchylka [%]	Napeti [V]
TS1	1		3.63	1.58	249.4
TS2	1		4.19	1.82	248.8
TS3	1		4.46	1.94	248.5
TS4	1		4.98	2.16	248.0
u1	1		4.55	1.98	248.5
u2	1		8.83	3.84	244.2
u2	1		9.44	4.10	243.6
u4	1		9.73	4.23	243.3
u5	1		17.38	7.56	235.6
	2		16.35	7.11	236.7
u6	1		12.73	5.53	240.3
	2		19.14	8.32	233.9
u7	1		13.22	5.75	239.8
u8	1		11.75	5.11	241.3
u9	1		15.55	6.76	237.4
u10	1		15.73	6.84	237.3
u11	1		17.43	7.58	235.6
u13	1		16.22	7.05	236.8
	2		9.63	4.19	243.4
u14	1		8.52	3.70	244.5
u15	1		6.00	2.61	247.0
u16	1		17.04	7.41	236.0
u17	1		17.33	7.54	235.7
u18	1		10.19	4.43	242.8
u19	1		10.61	4.61	242.4
u20	1		8.32	3.62	244.7
u21	1		7.43	3.23	245.6
u22	1		7.67	3.33	245.3
u23	1		15.03	6.54	238.0
u24	1		15.11	6.57	237.9
u25	1		11.12	4.84	241.9
	2		8.38	3.64	244.6
u26	1		10.78	4.69	242.2
	2		19.39	8.43	233.6
u27	1		10.86	4.72	242.1
u28	1		9.02	3.92	244.0
u29	1		13.94	6.06	239.1
u30	1		15.65	6.81	237.3
u31	1		18.73	8.14	234.3
u32	1		16.30	7.09	236.7
u33	1		5.06	2.20	247.9
u34	1		3.75	1.63	249.3
u35	1		11.57	5.03	241.4
u36	1		11.77	5.12	241.2
u37	1		8.58	3.73	244.4
u38	1		5.67	2.46	247.3
u39	1		5.22	2.27	247.8
u40	1		5.22	2.27	247.8
u41	1		4.34	1.89	248.7
u42	1		4.34	1.89	248.7
u(42)	1		16.35	7.11	236.7
	2		17.43	7.58	235.6

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

Komentar: Rekonstrukce NFA2X

Nazev ved, tr.	Spojuje body	Typ vedeni	Del. [m]	Vn. cis.	I-zac [A]	I-kon [A]	I/Id [%]	P-ztr [kW]	
TS1	(0)	TS1/1	.400t	- -	1	305.0	305.0	55.3	2.32
TS2	(0)	TS2/1	.400t	- -	1	352.0	352.0	63.8	2.80
TS3	(0)	TS3/1	.400t	- -	1	374.8	374.8	67.9	3.06
TS4	(0)	TS4/1	.630t	- -	1	683.5	683.5	78.6	5.41
v1	TS2/1	u2/1	120k	126	1	137.9	137.9	55.2	1.86
	TS2/1	u2/1	- " -	- -	2	137.9	137.9	55.2	1.86
v2	TS2/1	u1/1	150k	43	1	38.1	38.1	15.3	0.04
	TS2/1	u1/1	- " -	- -	2	38.1	38.1	15.3	0.04
v3	u2/1	u2/1	50AES	90	1	14.6	7.3	11.7	0.02
v4	u2/1	u4/1	120k	176	1	19.1	19.1	7.6	0.05
	u2/1	u4/1	- " -	- -	2	19.1	19.1	7.6	0.05
v5	u2/1	u35/1	120AES	96	1	108.5	101.2	43.4	0.85
	u2/1	u35/1	- " -	- -	2	107.2	107.2	42.9	0.85
v6	u35/1	u5/1	120AES	125	1	186.4	171.1	74.6	2.95
v7	u35/1	u36/1	50AES	46	1	7.3	7.3	5.9	0.00
v8	u5/1	u6/2	120AES	126	1	167.5	-0.0	67.0	0.81
v9	u6/1	u7/1	50AES	44	1	25.6	11.0	20.5	0.03
v10	u6/1	u8/1	50AES	63	1	-25.6	-25.6	20.5	0.08
v11	u8/1	u9/1	50AES	67	1	95.2	91.5	76.2	1.08
v12	u9/1	u11/1	50AES	67	1	54.9	33.0	43.9	0.28
v13	u9/1	u10/1	50AES	39	1	7.3	7.3	5.9	0.00
v14	u8/1	u15/1	95AES	108	1	-142.8	-172.1	76.5	2.72
v15	u15/1	u14/1	70AES	99	1	66.2	51.2	41.4	0.44
v16	u14/1	u37/1	50AES	42	1	3.7	0.0	2.9	0.00
v17	u14/1	u13/2	70AES	128	1	43.9	-0.0	27.5	0.11
v18	u13/1	u(42)/1	50AES	57	1	3.7	3.7	2.9	0.00
v19	u(42)/1	u5/2	50AES	34	1	-0.0	-0.0	0.0	0.00
v20	u(42)/2	u16/1	50AES	84	1	0.0	-22.0	17.6	0.02
v21	u16/1	u17/1	50AES	32	1	14.6	14.6	11.7	0.01
v22	TS1/1	u15/1	240k	158	1	104.1	104.1	29.8	0.66
	TS1/1	u15/1	- " -	- -	2	104.1	104.1	29.8	0.66
v23	TS1/1	u34/1	50k	51	1	3.7	3.7	2.9	0.00
v24	u13/1	u23/1	50AES	124	1	-7.3	-29.3	23.4	0.08
v25	u23/1	u24/1	50AES	35	1	3.7	3.7	2.9	0.00
v26	u23/1	u21/1	70AES	203	1	-43.9	-117.2	73.2	2.08
v27	u21/1	u22/1	50AES	36	1	10.9	10.9	8.8	0.01
v28	u21/1	u20/1	120AES	29	1	117.2	117.2	46.9	0.30
	u21/1	u20/1	- " -	- -	2	117.2	117.2	46.9	0.30
v29	u20/1	u18/1	120AES	62	1	113.5	113.5	45.4	0.62
	u20/1	u18/1	- " -	- -	2	113.5	113.5	45.4	0.62
v30	u20/1	u25/2	70AES	76	1	3.6	-0.0	2.3	0.00
v31	u25/1	u28/1	50AES	275	1	29.7	-54.5	43.6	0.50
v32	u16/1	u18/1	70AES	204	1	-47.6	-102.5	64.1	1.64
v33	u18/1	u19/1	50AES	47	1	14.6	14.6	11.7	0.02
v34	u18/1	u26/2	70AES	377	1	109.8	-0.0	68.6	2.17
v35	u26/1	u27/1	50AES	36	1	3.7	3.7	2.9	0.00
v36	u28/1	u26/1	120AES	69	1	95.5	95.5	38.2	0.49
v37	u26/1	u30/1	50AES	108	1	88.2	58.9	70.5	1.12
v38	u30/1	u31/1	50AES	252	1	43.9	-0.0	35.1	0.27
v39	u30/1	u32/1	50AES	219	1	7.6	1.5	6.1	0.01
v40	u28/1	u29/1	50AES	342	1	50.6	1.5	40.5	0.49
v41	u28/1	TS3/1	240k	212	1	-149.2	-149.2	42.6	1.83
	u28/1	TS3/1	- " -	- -	2	-149.2	-149.2	42.6	1.83
v42	TS3/1	u33/1	120k	59	1	38.2	38.2	15.3	0.07
	TS3/1	u33/1	- " -	- -	2	38.2	38.2	15.3	0.07
v43	u28/1	u25/1	240k	287	1	51.0	51.0	14.6	0.29
v44	u28/1	u25/1	120k	297	1	43.1	-10.3	17.2	0.29

Komentář: Rekonstrukce NFA2X

Nazev ved, tr.	Spojuje body		Typ vedeni	Del. [m]	Vn. cis.	I-zac [A]	I-kon [A]	I/Id [%]	P-ztr [kW]
v45	TS1/1	u42/1	240k	70	1	70.2	70.2	20.1	0.13
v46	u42/1	u39/1	240k	135	1	45.5	45.5	13.0	0.11
v47	u39/1	u38/1	240k	86	1	36.2	36.2	10.3	0.04
v48	u38/1	u15/1	240k	68	1	33.7	33.7	9.6	0.03
v49	u38/1	u39/1	120k	115	1	2.6	-30.3	12.1	0.03
v50	u40/1	u39/1	120k	47	1	-0.0	-0.0	0.0	0.00
v51	u42/1	u41/1	120k	18	1	0.0	0.0	0.0	0.00
v52	u39/1	u42/1	120k	141	1	-21.1	-24.7	9.9	0.06
v55	TS4/1	u21/1	240k	93	1	183.1	183.1	52.3	1.21
	TS4/1	u21/1	- " -	- -	2	183.1	183.1	52.3	1.21

Příloha J Vypočtené hodnoty programem KASI pro rekonstrukci pomocí kabelového vedení NAYY v obci Hrubá Vrbka

ZADANA GLOB. SITOVA DATA:

```
=====
Nazev dat:      KABEL NAYY Okres: 200      Obec: Hrubá Vrbka
Komentar: Rekonstrukce NAYY
Odb.jed.: 2.4kW Ucinik: 0.95 Trend: 0.0% Poc.rok: 1 Kon.rok: 20
Unom: 230V Chyba: 0.10A Nakl.ot.st.: 0t.Kc Km: 1.00 Hod.vyp.: 7
```

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

```
=====
Souct. odbery v siti: primo zadane: J0:1.kat.: 937.3 A( 256.00j.) 614.4 kW
                                           2.kat.: 317.3 A( 26.00j.) 208.0 kW
                                           3.kat.: 0.0 A( 0.00j.) 0.0 kW
                                           4.kat.: 0.0 A( 0.00j.) 0.0 kW
                                           celk.J0: 1254.6 A( 282.00j.) 822.4 kW
                                           V0: 460.7 A( 19 ks.) 302.0 kW
                                           Celkem: 1715.3 A 1124.4 kW
                                           zatiz.prip. a DS: 0.0 A 0.0 kW
-----
Celkem: 1715.3 A 1124.4 kW
```

Ztraty v transform.: Fe: 3.8 kW; Cu: 9.9 kW; celkem: 13.6 kW;
 Ztraty ve ved.: 30.9 kW; Ztraty celk.: 44.5 kW; tj. 3.96 % celk.odb.;

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

STATISTIKA POUZ. PRVKU V SITI: KABEL

```
=====
Typ prvku      Poc.tr.stan. Poc.transf. Del.trasy Del.potahu
               - tras ved. - pot.ved. [m] [m]
-----
1x50k          25          25          2418      2418
1x95k           5           5           969       969
1x120k          5           5           618       618
2x120k          3           6           361       723
1x150k          1           1           126       126
2x150k          1           2           43         86
1x240k         10          10          1026      1026
2x240k          3           6           463       927
1x.400t         3           3            -         -
1x.630t         1           1            -         -

vse x120k        8          11           980      1341
vse x150k        2           3           169       212
vse x240k       13          16          1489      1952

Tr.st.celkem     4           4            -         -
Vedeni celk.    53          60          6024      6892
```

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

Komentar: Rekonstrukce NAYY

Nazev bodu	Cislo vnitr.uz.	Red.odb. [A]	Ubytek nap. [V]	Odchylka [%]	Napeti [V]
TS1	1		3.33	1.45	249.7
TS2	1		4.50	1.95	248.5
TS3	1		4.46	1.94	248.5
TS4	1		4.98	2.16	248.0
u1	1		4.85	2.11	248.1
u2	1		9.57	4.16	243.4
u2	1		10.18	4.43	242.8
u4	1		10.47	4.55	242.5
u5	1		16.47	7.16	236.5
	2		14.45	6.28	238.6
u6	1		18.60	8.09	234.4
u7	1		19.09	8.30	233.9
u8	1		10.29	4.47	242.7
	2		18.60	8.09	234.4
u9	1		14.10	6.13	238.9
u10	1		14.27	6.21	238.7
u11	1		15.98	6.95	237.0
u12	1		14.45	6.28	238.6
	2		15.93	6.93	237.1
u13	1		14.32	6.23	238.7
	2		10.48	4.56	242.5
u14	1		8.95	3.89	244.1
u15	1		5.46	2.38	247.5
u16	1		15.55	6.76	237.5
u17	1		15.84	6.89	237.2
u18	1		10.40	4.52	242.6
u19	1		10.82	4.71	242.2
u20	1		8.39	3.65	244.6
u21	1		7.43	3.23	245.6
u22	1		7.67	3.33	245.3
u23	1		13.13	5.71	239.9
u24	1		13.21	5.74	239.8
u25	1		11.12	4.83	241.9
	2		8.43	3.67	244.6
u26	1		9.96	4.33	243.0
	2		17.31	7.52	235.7
u27	1		10.05	4.37	243.0
u28	1		9.02	3.92	244.0
u29	1		13.94	6.06	239.1
u30	1		14.84	6.45	238.2
u31	1		17.92	7.79	235.1
u32	1		15.49	6.74	237.5
u33	1		5.06	2.20	247.9
u34	1		3.44	1.50	249.6
u35	1		12.87	5.60	240.1
u36	1		13.08	5.69	239.9
u37	1		9.00	3.92	244.0
u38	1		5.19	2.26	247.8
u39	1		4.79	2.08	248.2
u40	1		4.79	2.08	248.2
u41	1		3.98	1.73	249.0
u42	1		3.98	1.73	249.0

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

Komentar: Rekonstrukce NAYY

Nazev ved, tr.	Spojuje body		Typ vedeni	Del. [m]	Vn. cis.	I-zac [A]	I-kon [A]	I/Id [%]	P-ztr [kW]
TS1	(0)	TS1/1	.400t	- -	1	279.5	279.5	50.6	2.08
TS2	(0)	TS2/1	.400t	- -	1	377.7	377.7	68.4	3.10
TS3	(0)	TS3/1	.400t	- -	1	374.7	374.7	67.9	3.06
TS4	(0)	TS4/1	.630t	- -	1	683.4	683.4	78.6	5.41
v1	TS2/1	u2/1	120k	126	1	150.7	150.7	60.3	2.22
	TS2/1	u2/1	- " -	- -	2	150.7	150.7	60.3	2.22
v2	TS2/1	u1/1	150k	43	1	38.1	38.1	15.3	0.04
	TS2/1	u1/1	- " -	- -	2	38.1	38.1	15.3	0.04
v3	u2/1	u2/1	50k	90	1	14.6	7.3	11.7	0.02
v4	u2/1	u4/1	120k	176	1	19.1	19.1	7.6	0.05
	u2/1	u4/1	- " -	- -	2	19.1	19.1	7.6	0.05
v5	u2/1	u35/1	240k	96	1	241.3	234.0	69.0	2.13
v6	u35/1	u5/1	240k	125	1	212.1	196.8	60.6	1.94
v7	u35/1	u36/1	50k	46	1	7.3	7.3	5.9	0.00
v8	u5/1	u6/1	150k	126	1	193.1	25.6	77.3	0.91
v9	u6/1	u7/1	50k	44	1	25.6	11.0	20.5	0.03
v10	u6/1	u8/2	50k	63	1	-0.0	-0.0	0.0	0.00
v11	u8/1	u9/1	50k	67	1	95.2	91.5	76.2	1.08
v12	u9/1	u11/1	50k	67	1	54.9	33.0	43.9	0.28
v13	u9/1	u10/1	50k	39	1	7.3	7.3	5.9	0.00
v14	u8/1	u15/1	95k	108	1	-117.2	-146.5	73.2	1.93
v15	u15/1	u14/1	50k	99	1	66.2	51.3	53.0	0.62
v16	u14/1	u37/1	50k	42	1	3.7	0.0	2.9	0.00
v17	u14/1	u13/2	50k	128	1	43.9	-0.0	35.1	0.15
v18	u13/1	u12/1	50k	57	1	3.7	3.7	2.9	0.00
v19	u12/1	u5/2	50k	34	1	-0.0	-0.0	0.0	0.00
v20	u12/2	u16/1	50k	84	1	0.0	-22.0	17.6	0.02
v21	u16/1	u17/1	50k	32	1	14.7	14.7	11.7	0.01
v22	TS1/1	u15/1	240k	158	1	94.1	94.1	26.9	0.54
	TS1/1	u15/1	- " -	- -	2	94.1	94.1	26.9	0.54
v23	TS1/1	u34/1	50k	51	1	3.7	3.7	2.9	0.00
v24	u13/1	u23/1	50k	124	1	-7.3	-29.3	23.4	0.08
v25	u23/1	u24/1	50k	35	1	3.7	3.7	2.9	0.00
v26	u23/1	u21/1	95k	203	1	-43.9	-117.2	58.6	1.53
v27	u21/1	u22/1	50k	36	1	11.0	11.0	8.8	0.01
v28	u21/1	u20/1	240k	29	1	234.3	234.3	67.0	0.61
v29	u20/1	u18/1	240k	62	1	227.0	227.0	64.9	1.23
v30	u20/1	u25/2	95k	76	1	3.7	0.0	1.8	0.00
v31	u25/1	u28/1	50k	275	1	29.7	-54.5	43.6	0.50
v32	u16/1	u18/1	95k	204	1	-47.6	-102.5	51.3	1.21
v33	u18/1	u19/1	50k	47	1	14.6	14.6	11.7	0.02
v34	u18/1	u26/2	95k	377	1	109.8	0.0	54.9	1.60
v35	u26/1	u27/1	50k	36	1	3.7	3.7	2.9	0.00
v36	u28/1	u26/1	240k	69	1	95.5	95.5	27.3	0.24
v37	u26/1	u30/1	50k	108	1	88.2	58.9	70.5	1.12
v38	u30/1	u31/1	50k	252	1	43.9	-0.0	35.1	0.27
v39	u30/1	u32/1	50k	219	1	7.6	1.5	6.1	0.01
v40	u28/1	u29/1	50k	342	1	50.6	1.5	40.5	0.49
v41	u28/1	TS3/1	240k	212	1	-149.2	-149.2	42.6	1.83
	u28/1	TS3/1	- " -	- -	2	-149.2	-149.2	42.6	1.83
v42	TS3/1	u33/1	120k	59	1	38.1	38.1	15.3	0.07
	TS3/1	u33/1	- " -	- -	2	38.1	38.1	15.3	0.07
v43	u28/1	u25/1	240k	287	1	51.0	51.0	14.6	0.29
v44	u28/1	u25/1	120k	297	1	43.1	-10.3	17.2	0.29
v45	TS1/1	u42/1	240k	70	1	64.7	64.7	18.5	0.11
v46	u42/1	u39/1	240k	135	1	41.9	41.9	12.0	0.09

Komentář: Rekonstrukce NAYY

Název ved, tr.	Spojuje body		Typ vedení	Del. [m]	Vn. cis.	I-zac [A]	I-kon [A]	I/Id [%]	P-ztr [kW]
v47	u39/1	u38/1	240k	86	1	32.3	32.3	9.2	0.03
v48	u38/1	u15/1	240k	68	1	28.1	28.1	8.0	0.02
v49	u38/1	u39/1	120k	115	1	4.2	-28.8	11.5	0.03
v50	u40/1	u39/1	120k	47	1	0.0	0.0	0.0	0.00
v51	u42/1	u41/1	120k	18	1	0.0	0.0	0.0	0.00
v52	u39/1	u42/1	120k	141	1	-19.2	-22.8	9.1	0.05
v55	TS4/1	u21/1	240k	93	1	183.1	183.1	52.3	1.21
	TS4/1	u21/1	- " -	- -	2	183.1	183.1	52.3	1.21

Příloha K Návrh jištění pro vedení NFA2X vypočtením programem SICHR9.0



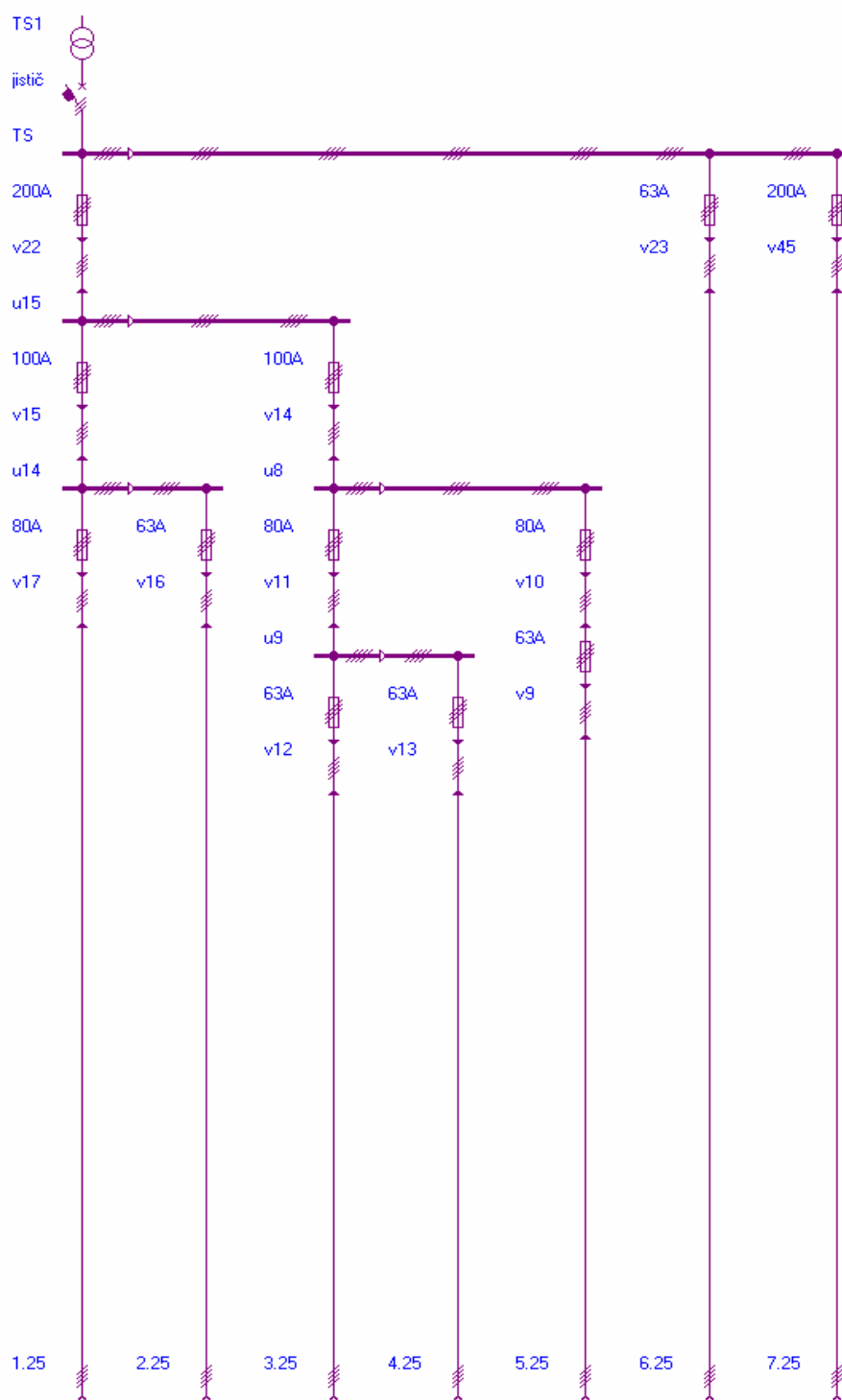
Projekt : Hrubá Vrbka

Celkové schéma

Datum : 5.3.2009

Soubor : pokus

Sít TN, Un = 230 / 400 V





Projekt : Hrubá Vrbka Impedanční smyčky

Datum : 5.3.2009

Soubor : pokus

Síť TN, $U_n = 230 / 400 \text{ V}$

Zapojení	Přístroj	Poznámka
TS1	aTO354 22/0.42 $I_n = 550 \text{ A}$ $S_r = 400 \text{ kVA}$ $I_k'' = 9.04 \text{ kA}$ $U_2 = 242/420 \text{ V}$ $i_p = 19.9 \text{ kA}$	
jistič	BL1000-DTV3 $I_n = 800 \text{ A}$ $I_r = 315 \text{ A}$ $I_{cu} = 65 \text{ kA}$ $I_r = 315 \text{ A}$, $I_{rm} = 3.00 \text{ kA}$, $I_{mz} = 15 \text{ kA}$ $Z_s(30s) = 229 \text{ m}\Omega$ ($I_a = 1.06 \text{ kA}$) $i_p = 19.9 \text{ kA}$	
TS	Sběrnice $B = 1$ $I_k'' = 9.04 \text{ kA}$ O.K. $Z_{sv} < Z_s(30s)$ ($26.8 \text{ m}\Omega < 218 \text{ m}\Omega$) $U = 420 \text{ V}$ ($U_n + 5.0\%$) $i_p = 19.9 \text{ kA}$	
200A	PN2qG $I_n = 200 \text{ A}$ $I_l = 120 \text{ kA}$ Připojeno pomocí SPB2; Cd/Pb free $Z_s(30s) = 377 \text{ m}\Omega$ ($I_a = 644 \text{ A}$) $i_o = 11.3 \text{ kA}$	
v22	2II1-AYKY 4x240 $I_z = 344.6 \text{ A}$ $t_m = 49^\circ \text{ C}$ O.K. $Z_{sv} < Z_s(30s)$ ($47.4 \text{ m}\Omega < 359 \text{ m}\Omega$) $dU = 0.0\%$ $I^2 t < k^2 S^2$ $i_o = 10.2 \text{ kA}$	
u15	Sběrnice $B = 1$ O.K. $Z_{sv} < Z_s(30s)$ ($47.4 \text{ m}\Omega < 359 \text{ m}\Omega$) $U = 420 \text{ V}$ ($U_n + 5.0\%$) $i_o = 10.2 \text{ kA}$	
100A	PN2qG $I_n = 100 \text{ A}$ $I_l = 120 \text{ kA}$ Připojeno pomocí SPB2; Cd/Pb free $Z_s(30s) = 825 \text{ m}\Omega$ ($I_a = 295 \text{ A}$) $i_o = 5.92 \text{ kA}$	
v15	1-AES 4x70 $I_z = 150 \text{ A}$ $t_m = 68^\circ \text{ C}$ O.K. $Z_{sv} < Z_s(30s)$ ($137 \text{ m}\Omega < 784 \text{ m}\Omega$) $dU = 0.0\%$ $I^2 t < k^2 S^2$ $i_o = 4.65 \text{ kA}$	
u14	Sběrnice $B = 1$ O.K. $Z_{sv} < Z_s(30s)$ ($137 \text{ m}\Omega < 784 \text{ m}\Omega$) $U = 420 \text{ V}$ ($U_n + 5.0\%$) $i_o = 4.65 \text{ kA}$	
80A	PN2qG $I_n = 80 \text{ A}$ $I_l = 120 \text{ kA}$ Připojeno pomocí SPB2; Cd/Pb free $Z_s(30s) = 1.12 \text{ }\Omega$ ($I_a = 217 \text{ A}$) $i_o = 3.94 \text{ kA}$	
v17	1-AES 4x70 $I_z = 150 \text{ A}$ $t_m = 51^\circ \text{ C}$ $I_k'' = 1.91 \text{ kA}$ O.K. $Z_{sv} < Z_s(30s)$ ($258 \text{ m}\Omega < 1.06 \text{ }\Omega$) $dU = 0.0\%$ $I^2 t < k^2 S^2$ $i_p = 2.76 \text{ kA}$	
1.25	Vývod $I_k'' = 1.91 \text{ kA}$ O.K. $Z_{sv} < Z_s(30s)$ ($258 \text{ m}\Omega < 1.06 \text{ }\Omega$) $S = 0 \text{ VA}$ $U = 420 \text{ V}$ ($U_n + 5.0\%$) $i_p = 2.76 \text{ kA}$	
TS1	aTO354 22/0.42 $U_2 = 242/420 \text{ V}$ $S_r = 400 \text{ kVA}$ $I_k'' = 9.04 \text{ kA}$ Parametry vn sítě : $S_k = 500 \text{ MVA}$, $X/R = 10$ $I_n = 550 \text{ A}$ $u_k = 6\%$ $i_p = 19.9 \text{ kA}$ $dU = 0.0\%$	
jistič	BL1000-DTV3 $I_n = 800 \text{ A}$ $I_r = 315 \text{ A}$ $I_{cu} = 65 \text{ kA}$ $I_r = 315 \text{ A}$, $I_{rm} = 3.00 \text{ kA}$, $I_{mz} = 15 \text{ kA}$ $i_p = 19.9 \text{ kA}$ $Z_s(30s) = 229 \text{ m}\Omega$ ($I_a = 1.06 \text{ kA}$)	
TS	Sběrnice $B = 1$ $I_k'' = 9.04 \text{ kA}$ O.K. $Z_{sv} < Z_s(30s)$ ($26.8 \text{ m}\Omega < 218 \text{ m}\Omega$) $U = 420 \text{ V}$ ($U_n + 5.0\%$) $i_p = 19.9 \text{ kA}$	
200A	PN2qG $I_n = 200 \text{ A}$ $I_l = 120 \text{ kA}$ Připojeno pomocí SPB2; Cd/Pb free $i_o = 11.3 \text{ kA}$ $Z_s(30s) = 377 \text{ m}\Omega$ ($I_a = 644 \text{ A}$) jistič-200A zaručena plná selektivita	
v22	2II1-AYKY 4x240 $I_z = 344.6 \text{ A}$ $t_m = 49^\circ \text{ C}$ $i_o = 10.2 \text{ kA}$ 158 m v zemi (D) $dU = 0.0\%$ $I^2 t < k^2 S^2$ O.K. $Z_{sv} < Z_s(30s)$ ($47.4 \text{ m}\Omega < 359 \text{ m}\Omega$) 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] : 0
				Uspořádání seskupených obvodů : Seskupené ve svazku, zapuštěné nebo uzavřené
				Způsob uložení : Na vodorovných perforovaných lávkách
				Počet seskupených obvodů : 1
<u>u15</u>	<u>Sběrnice</u>			
	B = 1		io = 10.2 kA	O.K. Zsv < Zs(30s) (47.4 mOhm < 359 mOhm)
	U = 420 V (Un + 5.0%)			
<u>100A</u>	<u>PN2gG</u>			
	In = 100 A		l1 = 120 kA	Připojeno pomocí SPB2; Cd/Pb free
			io = 5.92 kA	Zs(30s) = 825 mOhm (Ia = 295 A)
				200A-100A zaručena plná selektivita
<u>v15</u>	<u>1-AES 4x70</u>			
	Iz = 150 A	tm = 68 ° C	io = 4.65 kA	99 m ve vzduchu (E,F)
	dU = 0.0 %	I2t < k2S2		O.K. Zsv < Zs(30s) (137 mOhm < 784 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
<u>u14</u>	<u>Sběrnice</u>			
	B = 1		io = 4.65 kA	O.K. Zsv < Zs(30s) (137 mOhm < 784 mOhm)
	U = 420 V (Un + 5.0%)			
<u>80A</u>	<u>PN2gG</u>			
	In = 80 A		l1 = 120 kA	Připojeno pomocí SPB2; Cd/Pb free
			io = 3.94 kA	Zs(30s) = 1.12 Ohm (Ia = 217 A)
				100A-80A selektivní minimálně do 1.6 kA
<u>v17</u>	<u>1-AES 4x70</u>			
	Iz = 150 A	tm = 51 ° C	Ik"= 1.91 kA	128 m ve vzduchu (E,F)
	dU = 0.0 %	I2t < k2S2	ip = 2.76 kA	O.K. Zsv < Zs(30s) (258 mOhm < 1.06 Ohm)
				Teplota okolí [st. C] : 30
				Uspořádání seskupených obvodů : Seskupené ve svazku, zapuštěné nebo uzavřené
				Způsob uložení : Na vodorovných perforovaných lávkách
				Počet seskupených obvodů : 1
<u>1.25</u>	<u>Vývod</u>			
	S = 0 VA		Ik"= 1.91 kA	O.K. Zsv < Zs(30s) (258 mOhm < 1.06 Ohm)
	U = 420 V (Un + 5.0%)		ip = 2.76 kA	
<u>63A</u>	<u>PN2gG</u>			
	In = 63 A		l1 = 120 kA	Připojeno pomocí SPB2; Cd/Pb free
			io = 3.44 kA	Zs(30s) = 1.48 Ohm (Ia = 164 A)
				100A-63A zaručena plná selektivita
<u>v16</u>	<u>1-AES 4x50</u>			
	Iz = 119 A	tm = 50 ° C	io = 3.12 kA	42 m ve vzduchu (E,F)
	dU = 0.0 %	I2t < k2S2		O.K. Zsv < Zs(30s) (190 mOhm < 1.41 Ohm)
				Teplota okolí [st. C] : 30
				Uspořádání seskupených obvodů : Seskupené ve svazku, zapuštěné nebo uzavřené

		Způsob uložení : Na vodorovných perforovaných lávkách	
		Počet seskupených obvodů : 1	
<u>2.25</u>	<u>Vývod</u>		
	S = 0 VA	io = 3.12 kA	O.K. Zsv < Zs(30s) (190 mOhm < 1.41 Ohm)
	U = 420 V (Un + 5.0%)		
<u>100A</u>	<u>PN2qG</u>		
	In = 100 A	I1 = 120 kA	Připojeno pomocí SPB2; Cd/Pb free
		io = 5.92 kA	Zs(30s) = 825 mOhm (Ia = 295 A)
		200A-100A zaručena plná selektivita	
<u>v14</u>	<u>1-AES 4x95</u>		
	Iz = 186 A	tm = 51 ° C	io = 4.80 kA 108 m ve vzduchu (E,F)
	dU = 0.0 %	I2t < k2S2	O.K. Zsv < Zs(30s) (118 mOhm < 784 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
<u>u8</u>	<u>Sběrnice</u>		
	B = 1	io = 4.80 kA	O.K. Zsv < Zs(30s) (118 mOhm < 784 mOhm)
	U = 420 V (Un + 5.0%)		
<u>80A</u>	<u>PN2qG</u>		
	In = 80 A	I1 = 120 kA	Připojeno pomocí SPB2; Cd/Pb free
		io = 4.07 kA	Zs(30s) = 1.12 Ohm (Ia = 217 A)
		100A-80A selektivní minimálně do 1.6 kA	
<u>v11</u>	<u>1-AES 4x50</u>		
	Iz = 119 A	tm = 68 ° C	Ik"= 2.34 kA 67 m ve vzduchu (E,F)
	dU = 0.0 %	I2t < k2S2	ip = 3.39 kA O.K. Zsv < Zs(30s) (207 mOhm < 1.06 Ohm)
			Teplota okolí [st. C] : 30
			Uspořádání seskupených obvodů : Seskupené ve svazku, zapuštěné nebo uzavřené
			Způsob uložení : Na vodorovných perforovaných lávkách
			Počet seskupených obvodů : 1
<u>u9</u>	<u>Sběrnice</u>		
	B = 1	Ik"= 2.34 kA	O.K. Zsv < Zs(30s) (207 mOhm < 1.06 Ohm)
	U = 420 V (Un + 5.0%)	ip = 3.39 kA	
<u>63A</u>	<u>PN2qG</u>		
	In = 63 A	I1 = 120 kA	Připojeno pomocí SPB2; Cd/Pb free
		io = 3.04 kA	Zs(30s) = 1.48 Ohm (Ia = 164 A)
		80A-63A selektivní minimálně do 1.1 kA	
<u>v12</u>	<u>1-AES 4x50</u>		
	Iz = 119 A	tm = 50 ° C	Ik"= 1.69 kA 67 m ve vzduchu (E,F)
	dU = 0.0 %	I2t < k2S2	ip = 2.43 kA O.K. Zsv < Zs(30s) (295 mOhm < 1.41 Ohm)
			Teplota okolí [st. C] : 30
			Uspořádání seskupených obvodů : Seskupené ve svazku, zapuštěné nebo uzavřené
			Způsob uložení : Na vodorovných perforovaných lávkách
			Počet seskupených obvodů : 1

<u>3.25</u>	<u>Vývod</u>				
	S = 0 VA		$I_k'' = 1.69 \text{ kA}$	O.K. Zsv < Zs(30s) (295 mOhm < 1.41 Ohm)	
	U = 420 V (Un + 5.0%)		$i_p = 2.43 \text{ kA}$		
<u>63A</u>	<u>PN2gG</u>				
	In = 63 A		$I_1 = 120 \text{ kA}$	Připojeno pomocí SPB2; Cd/Pb free	
			$i_o = 3.04 \text{ kA}$	Zs(30s) = 1.48 Ohm (Ia = 164 A)	
				80A-63A selektivní minimálně do 1.1 kA	
<u>v13</u>	<u>1-AES 4x50</u>				
	Iz = 119 A	$t_m = 50 \text{ ° C}$	$I_k'' = 1.91 \text{ kA}$	39 m ve vzduchu (E,F)	
	dU = 0.0 %	$I_{2t} < k2S2$	$i_p = 2.76 \text{ kA}$	O.K. Zsv < Zs(30s) (258 mOhm < 1.41 Ohm)	
				Teplota okolí [st. C] : 30	
				Uspořádání seskupených obvodů : Seskupené ve svazku,	
				zapuštěné nebo uzavřené	
				Způsob uložení : Na vodorovných perforovaných lávkách	
				Počet seskupených obvodů : 1	
<u>4.25</u>	<u>Vývod</u>				
	S = 0 VA		$I_k'' = 1.91 \text{ kA}$	O.K. Zsv < Zs(30s) (258 mOhm < 1.41 Ohm)	
	U = 420 V (Un + 5.0%)		$i_p = 2.76 \text{ kA}$		
<u>80A</u>	<u>PN2gG</u>				
	In = 80 A		$I_1 = 120 \text{ kA}$	Připojeno pomocí SPB2; Cd/Pb free	
			$i_o = 4.07 \text{ kA}$	Zs(30s) = 1.12 Ohm (Ia = 217 A)	
				100A-80A selektivní minimálně do 1.6 kA	
<u>v10</u>	<u>1-AES 4x50</u>				
	Iz = 119 A	$t_m = 50 \text{ ° C}$	$I_k'' = 2.39 \text{ kA}$	63 m ve vzduchu (E,F)	
	dU = 0.0 %	$I_{2t} < k2S2$	$i_p = 3.47 \text{ kA}$	O.K. Zsv < Zs(30s) (202 mOhm < 1.06 Ohm)	
				Teplota okolí [st. C] : 30	
				Uspořádání seskupených obvodů : Seskupené ve svazku,	
				zapuštěné nebo uzavřené	
				Způsob uložení : Na vodorovných perforovaných lávkách	
				Počet seskupených obvodů : 1	
<u>63A</u>	<u>PN2gG</u>				
	In = 63 A		$I_1 = 120 \text{ kA}$	Připojeno pomocí SPB2; Cd/Pb free	
			$i_o = 3.07 \text{ kA}$	Zs(30s) = 1.48 Ohm (Ia = 164 A)	
				80A-63A selektivní minimálně do 1.1 kA	
<u>v9</u>	<u>1-AES 4x50</u>				
	Iz = 119 A	$t_m = 50 \text{ ° C}$	$I_k'' = 1.90 \text{ kA}$	44 m ve vzduchu (E,F)	
	dU = 0.0 %	$I_{2t} < k2S2$	$i_p = 2.75 \text{ kA}$	O.K. Zsv < Zs(30s) (259 mOhm < 1.41 Ohm)	
				Teplota okolí [st. C] : 30	
				Uspořádání seskupených obvodů : Seskupené ve svazku,	
				zapuštěné nebo uzavřené	
				Způsob uložení : Na vodorovných perforovaných lávkách	
				Počet seskupených obvodů : 1	
<u>5.25</u>	<u>Vývod</u>				
	S = 0 VA		$I_k'' = 1.90 \text{ kA}$	O.K. Zsv < Zs(30s) (259 mOhm < 1.41 Ohm)	
	U = 420 V (Un + 5.0%)		$i_p = 2.75 \text{ kA}$		
<u>63A</u>	<u>PN2gG</u>				
	In = 63 A		$I_1 = 120 \text{ kA}$	Připojeno pomocí SPB2; Cd/Pb free	

			$i_o = 4.80 \text{ kA}$	$Z_s(30s) = 1.48 \text{ Ohm}$ ($I_a = 164 \text{ A}$) jistič-63A zaručena plná selektivita
<u>v23</u>	<u>1-AYKY 4x50</u>			
	$I_z = 94.1 \text{ A}$	$t_m = 61 \text{ ° C}$	$i_o = 3.94 \text{ kA}$	51 m v zemi (D)
	$dU = 0.0 \%$	$I_{2t} < k2S2$		O.K. $Z_{sv} < Z_s(30s)$ ($81.9 \text{ mOhm} < 1.41 \text{ Ohm}$) Teplota okolí [st. C] : 20 Uspořádání seskupených obvodů : Seskupené ve svazku, zapuštěné nebo uzavřené Způsob uložení : Na vodorovných perforovaných lávkách Počet seskupených obvodů : 1
<u>6.25</u>	<u>Vývod</u>			
	$S = 0 \text{ VA}$		$i_o = 3.94 \text{ kA}$	O.K. $Z_{sv} < Z_s(30s)$ ($81.9 \text{ mOhm} < 1.41 \text{ Ohm}$)
	$U = 420 \text{ V}$ ($U_n + 5.0\%$)			
<u>200A</u>	<u>PN2qG</u>			
	$I_n = 200 \text{ A}$		$I_1 = 120 \text{ kA}$	Připojeno pomocí SPB2; Cd/Pb free
			$i_o = 11.3 \text{ kA}$	$Z_s(30s) = 377 \text{ mOhm}$ ($I_a = 644 \text{ A}$) jistič-200A zaručena plná selektivita
<u>v45</u>	<u>1-AYKY 4x240</u>			
	$I_z = 229.8 \text{ A}$	$t_m = 98 \text{ ° C}$	$i_o = 10.3 \text{ kA}$	70 m v zemi (D)
	$dU = 0.0 \%$	$I_{2t} < k2S2$		O.K. $Z_{sv} < Z_s(30s)$ ($45.9 \text{ mOhm} < 359 \text{ mOhm}$) Měrný tepelný odpor [K.m/W] : 2.5 = suchá půda, velmi řídké deště Teplota okolí [st. C] : 20 Uspořádání seskupených obvodů : 1 x přímo v zemi
<u>7.25</u>	<u>Vývod</u>			
	$S = 0 \text{ VA}$		$i_o = 10.3 \text{ kA}$	O.K. $Z_{sv} < Z_s(30s)$ ($45.9 \text{ mOhm} < 359 \text{ mOhm}$)
	$U = 420 \text{ V}$ ($U_n + 5.0\%$)			

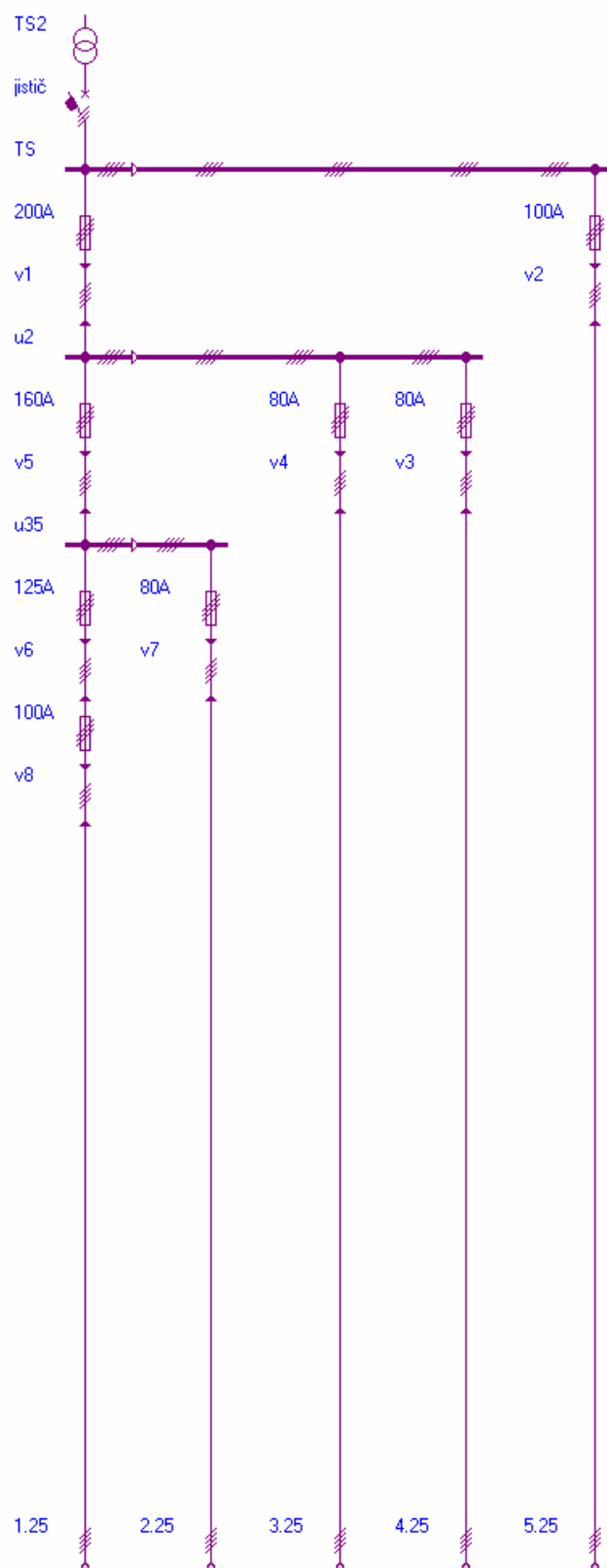


Projekt : Hrubá Vrbka
Celkové schéma

Datum : 5.3.2009

Soubor : pokus2

Sít TN, $U_n = 230 / 400 \text{ V}$





Projekt : Hrubá Vrbka Impedanční smyčky

Datum : 5.3.2009

Soubor : pokus2

Síť TN, $U_n = 230 / 400 \text{ V}$

Zapojení	Přístroj	Poznámka
TS2	aTO354 22/0.42 $I_n = 550 \text{ A}$ $S_r = 400 \text{ kVA}$ $I_k'' = 9.04 \text{ kA}$ $U_2 = 242/420 \text{ V}$ $i_p = 19.9 \text{ kA}$	
jistič	BL1600-DTV3 $I_n = 1000 \text{ A}$ $I_r = 400 \text{ A}$ $I_{cu} = 65 \text{ kA}$ $I_r = 400 \text{ A}$, $I_{rm} = 3.00 \text{ kA}$, $I_{mz} = 24 \text{ kA}$ $Z_s(30s) = 180 \text{ m}\Omega$ ($I_a = 1.35 \text{ kA}$) $i_p = 19.9 \text{ kA}$	
TS	Sběrnice $B = 1$ $I_k'' = 9.04 \text{ kA}$ O.K. $Z_{sv} < Z_s(30s)$ ($26.8 \text{ m}\Omega < 171 \text{ m}\Omega$) $U = 420 \text{ V}$ ($U_n + 5.0\%$) $i_p = 19.9 \text{ kA}$	
200A	PN2qG $I_n = 200 \text{ A}$ $I_l = 120 \text{ kA}$ Připojeno pomocí SPB2; Cd/Pb free $Z_s(30s) = 377 \text{ m}\Omega$ ($I_a = 644 \text{ A}$) $i_o = 11.3 \text{ kA}$	
v1	2II1-AKY 4x120 $I_z = 424 \text{ A}$ $t_m = 45^\circ \text{ C}$ O.K. $Z_{sv} < Z_s(30s)$ ($54.3 \text{ m}\Omega < 359 \text{ m}\Omega$) $dU = 0.0\%$ $I^2 t < k^2 S^2$ $i_o = 10.0 \text{ kA}$	
u2	Sběrnice $B = 1$ O.K. $Z_{sv} < Z_s(30s)$ ($54.3 \text{ m}\Omega < 359 \text{ m}\Omega$) $U = 420 \text{ V}$ ($U_n + 5.0\%$) $i_o = 10.0 \text{ kA}$	
160A	PN2qG $I_n = 160 \text{ A}$ $I_l = 120 \text{ kA}$ Připojeno pomocí SPB2; Cd/Pb free $Z_s(30s) = 459 \text{ m}\Omega$ ($I_a = 530 \text{ A}$) $i_o = 8.20 \text{ kA}$	
v5	2II1-AES 4x120 $I_z = 430 \text{ A}$ $t_m = 38^\circ \text{ C}$ O.K. $Z_{sv} < Z_s(30s)$ ($79.7 \text{ m}\Omega < 436 \text{ m}\Omega$) $dU = 0.0\%$ $I^2 t < k^2 S^2$ $i_o = 7.50 \text{ kA}$	
u35	Sběrnice $B = 1$ O.K. $Z_{sv} < Z_s(30s)$ ($79.7 \text{ m}\Omega < 436 \text{ m}\Omega$) $U = 420 \text{ V}$ ($U_n + 5.0\%$) $i_o = 7.50 \text{ kA}$	
125A	PN2qG $I_n = 125 \text{ A}$ $I_l = 120 \text{ kA}$ Připojeno pomocí SPB2; Cd/Pb free $Z_s(30s) = 693 \text{ m}\Omega$ ($I_a = 351 \text{ A}$) $i_o = 6.19 \text{ kA}$	
v6	1-AES 4x120 $I_z = 215 \text{ A}$ $t_m = 44^\circ \text{ C}$ $I_k'' = 3.02 \text{ kA}$ O.K. $Z_{sv} < Z_s(30s)$ ($151 \text{ m}\Omega < 659 \text{ m}\Omega$) $dU = 0.0\%$ $I^2 t < k^2 S^2$ $i_p = 4.41 \text{ kA}$	
100A	PN2qG $I_n = 100 \text{ A}$ $I_l = 120 \text{ kA}$ Připojeno pomocí SPB2; Cd/Pb free $Z_s(30s) = 825 \text{ m}\Omega$ ($I_a = 295 \text{ A}$) $i_p = 4.41 \text{ kA}$	
v8	1-AES 4x120 $I_z = 215 \text{ A}$ $t_m = 44^\circ \text{ C}$ $I_k'' = 2.14 \text{ kA}$ O.K. $Z_{sv} < Z_s(30s)$ ($223 \text{ m}\Omega < 784 \text{ m}\Omega$) $dU = 0.0\%$ $I^2 t < k^2 S^2$ $i_p = 3.10 \text{ kA}$	
1.25	Vývod $I_k'' = 2.14 \text{ kA}$ O.K. $Z_{sv} < Z_s(30s)$ ($223 \text{ m}\Omega < 784 \text{ m}\Omega$) $S = 0 \text{ VA}$ $U = 420 \text{ V}$ ($U_n + 5.0\%$) $i_p = 3.10 \text{ kA}$	

TS2	aTO354 22/0.42 $U_2 = 242/420 \text{ V}$ $S_r = 400 \text{ kVA}$ $I_k'' = 9.04 \text{ kA}$ Parametry vn síť : $S_k = 500 \text{ MVA}$, $X/R = 10$ $I_n = 550 \text{ A}$ $u_k = 6\%$ $i_p = 19.9 \text{ kA}$ $dU = 0.0\%$
jistič	BL1600-DTV3 $I_n = 1000 \text{ A}$ $I_r = 400 \text{ A}$ $I_{cu} = 65 \text{ kA}$ $I_r = 400 \text{ A}$, $I_{rm} = 3.00 \text{ kA}$, $I_{mz} = 24 \text{ kA}$ $i_p = 19.9 \text{ kA}$ $Z_s(30s) = 180 \text{ m}\Omega$ ($I_a = 1.35 \text{ kA}$)
TS	Sběrnice $B = 1$ $I_k'' = 9.04 \text{ kA}$ O.K. $Z_{sv} < Z_s(30s)$ ($26.8 \text{ m}\Omega < 171 \text{ m}\Omega$) $U = 420 \text{ V}$ ($U_n + 5.0\%$) $i_p = 19.9 \text{ kA}$
200A	PN2qG $I_n = 200 \text{ A}$ $I_l = 120 \text{ kA}$ Připojeno pomocí SPB2; Cd/Pb free $i_o = 11.3 \text{ kA}$ $Z_s(30s) = 377 \text{ m}\Omega$ ($I_a = 644 \text{ A}$) jistič-200A zaručena plná selektivita

<u>v1</u>	<u>2II1-AYKY 4x120</u>				
	I _z = 424 A	t _m = 45 ° C	io = 10.0 kA	126 m ve vzduchu (E,F)	
	dU = 0.0 %	I _{2t} < k2S2		O.K. Zsv < Zs(30s) (54.3 mOhm < 359 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	
<u>u2</u>	<u>Sběrnice</u>				
	B = 1		io = 10.0 kA	O.K. Zsv < Zs(30s) (54.3 mOhm < 359 mOhm)	
	U = 420 V (Un + 5.0%)				
<u>160A</u>	<u>PN2qG</u>				
	I _n = 160 A		I ₁ = 120 kA	Připojeno pomocí SPB2; Cd/Pb free	
			io = 8.20 kA	Zs(30s) = 459 mOhm (I _a = 530 A)	
				200A-160A selektivní minimálně do 3.4 kA	
<u>v5</u>	<u>2II1-AES 4x120</u>				
	I _z = 430 A	t _m = 38 ° C	io = 7.50 kA	96 m ve vzduchu (E,F)	
	dU = 0.0 %	I _{2t} < k2S2		O.K. Zsv < Zs(30s) (79.7 mOhm < 436 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	
<u>u35</u>	<u>Sběrnice</u>				
	B = 1		io = 7.50 kA	O.K. Zsv < Zs(30s) (79.7 mOhm < 436 mOhm)	
	U = 420 V (Un + 5.0%)				
<u>125A</u>	<u>PN2qG</u>				
	I _n = 125 A		I ₁ = 120 kA	Připojeno pomocí SPB2; Cd/Pb free	
			io = 6.19 kA	Zs(30s) = 693 mOhm (I _a = 351 A)	
				160A-125A selektivní minimálně do 2.7 kA	
<u>v6</u>	<u>1-AES 4x120</u>				
	I _z = 215 A	t _m = 44 ° C	I _k " = 3.02 kA	125 m ve vzduchu (E,F)	
	dU = 0.0 %	I _{2t} < k2S2	ip = 4.41 kA	O.K. Zsv < Zs(30s) (151 mOhm < 659 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	
<u>100A</u>	<u>PN2qG</u>				
	I _n = 100 A		I ₁ = 120 kA	Připojeno pomocí SPB2; Cd/Pb free	
			ip = 4.41 kA	Zs(30s) = 825 mOhm (I _a = 295 A)	
				125A-100A selektivní minimálně do 1.8 kA	
<u>v8</u>	<u>1-AES 4x120</u>				
	I _z = 215 A	t _m = 44 ° C	I _k " = 2.14 kA	126 m ve vzduchu (E,F)	
	dU = 0.0 %	I _{2t} < k2S2	ip = 3.10 kA	O.K. Zsv < Zs(30s) (223 mOhm < 784 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
<u>1.25</u>	<u>Vývod</u> S = 0 VA U = 420 V (Un + 5.0%)		Ik"= 2.14 kA ip = 3.10 kA	O.K. Zsv < Zs(30s) (223 mOhm < 784 mOhm)
<u>80A</u>	<u>PN2qG</u> In = 80 A		I1 = 120 kA io = 4.50 kA	Připojeno pomocí SPB2; Cd/Pb free Zs(30s) = 1.12 Ohm (Ia = 217 A) 160A-80A zaručena plná selektivita
<u>v7</u>	<u>1-AES 4x50</u> Iz = 119 A dU = 0.0 %	tm = 68 ° C I2t < k2S2	io = 3.91 kA	46 m ve vzduchu (E,F) O.K. Zsv < Zs(30s) (140 mOhm < 1.06 Ohm) Teplota okolí [st. C] : 30 Uspořádání seskupených obvodů : Seskupené ve svazku, zapuštěné nebo uzavřené Způsob uložení : Na vodorovných perforovaných lávkách Počet seskupených obvodů : 1
<u>2.25</u>	<u>vývod</u> S = 0 VA U = 420 V (Un + 5.0%)		io = 3.91 kA	O.K. Zsv < Zs(30s) (140 mOhm < 1.06 Ohm)
<u>80A</u>	<u>PN2qG</u> In = 80 A		I1 = 120 kA io = 4.90 kA	Připojeno pomocí SPB2; Cd/Pb free Zs(30s) = 1.12 Ohm (Ia = 217 A) 200A-80A zaručena plná selektivita
<u>v4</u>	<u>2II1-AYKY 4x120</u> Iz = 424 A dU = 0.0 %	tm = 31 ° C I2t < k2S2	io = 4.23 kA	176 m ve vzduchu (E,F) O.K. Zsv < Zs(30s) (101 mOhm < 1.06 Ohm) Teplota okolí [st. C] : 30 Uspořádání seskupených obvodů : Seskupené ve svazku, zapuštěné nebo uzavřené Způsob uložení : Na vodorovných perforovaných lávkách Počet seskupených obvodů : 1
<u>3.25</u>	<u>Vývod</u> S = 0 VA U = 420 V (Un + 5.0%)		io = 4.23 kA	O.K. Zsv < Zs(30s) (101 mOhm < 1.06 Ohm)
<u>80A</u>	<u>PN2qG</u> In = 80 A		I1 = 120 kA io = 4.90 kA	Připojeno pomocí SPB2; Cd/Pb free Zs(30s) = 1.12 Ohm (Ia = 217 A) 200A-80A zaručena plná selektivita
<u>v3</u>	<u>1-AES 4x50</u> Iz = 119 A dU = 0.0 %	tm = 68 ° C I2t < k2S2	io = 3.70 kA	90 m ve vzduchu (E,F) O.K. Zsv < Zs(30s) (173 mOhm < 1.06 Ohm) Teplota okolí [st. C] : 30 Uspořádání seskupených obvodů : Seskupené ve svazku, zapuštěné nebo uzavřené

Způsob uložení : Na vodorovných perforovaných lávkách

Počet seskupených obvodů : 1

4.25 Vývod

$S = 0 \text{ VA}$

$U = 420 \text{ V (} U_n + 5.0\% \text{)}$

$i_o = 3.70 \text{ kA}$

O.K. $Z_{sv} < Z_s(30s)$ ($173 \text{ m}\Omega < 1.06 \text{ }\Omega$)

100A PN2qG

$I_n = 100 \text{ A}$

$I_1 = 120 \text{ kA}$

Připojeno pomocí SPB2; Cd/Pb free

$i_o = 6.57 \text{ kA}$

$Z_s(30s) = 825 \text{ m}\Omega$ ($I_a = 295 \text{ A}$)

jistič-100A zaručena plná selektivita

v2

2II1-AYKY 3x150+70

$I_z = 490 \text{ A}$

$t_m = 32 \text{ }^\circ \text{C}$

$i_o = 6.34 \text{ kA}$

43 m ve vzduchu (E,F)

$dU = 0.0 \text{ }\%$

$I_{2t} < k_2 S_2$

O.K. $Z_{sv} < Z_s(30s)$ ($35.8 \text{ m}\Omega < 784 \text{ m}\Omega$)

Teplota okolí [st. C] : 30

Uspořádání seskupených obvodů : Seskupené ve svazku,
zapuštěné nebo uzavřené

Způsob uložení : Na vodorovných perforovaných lávkách

Počet seskupených obvodů : 1

5.25 Vývod

$S = 0 \text{ VA}$

$U = 420 \text{ V (} U_n + 5.0\% \text{)}$

$i_o = 6.34 \text{ kA}$

O.K. $Z_{sv} < Z_s(30s)$ ($35.8 \text{ m}\Omega < 784 \text{ m}\Omega$)

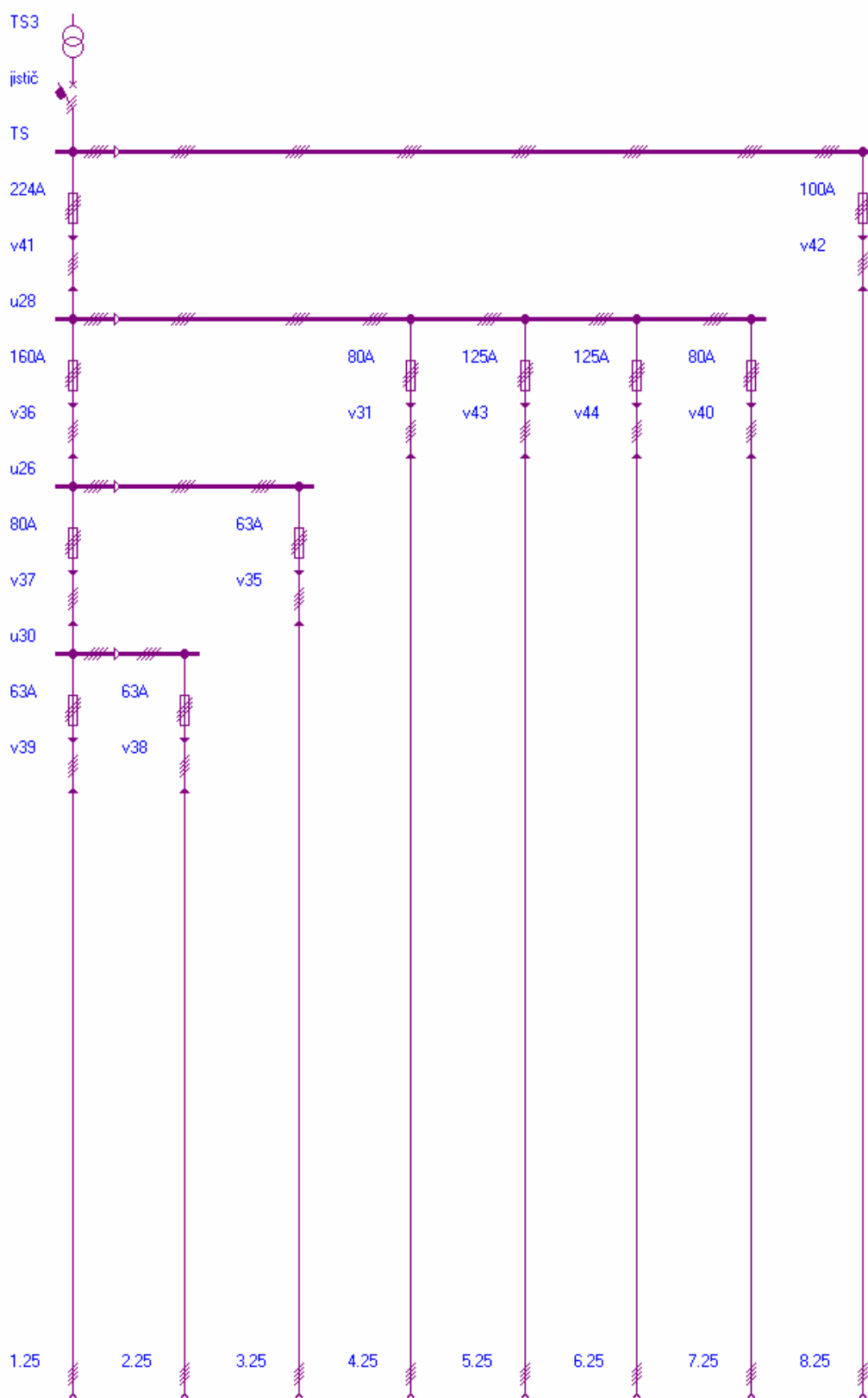


Projekt : Hrubá Vrbka
Celkové schéma

Datum : 5.3.2009

Soubor : pokus3

Sít TN, Un = 230 / 400 V





Projekt : Hrubá Vrbka Impedanční smyčky

Datum : 5.3.2009

Soubor : pokus3

Síť TN, $U_n = 230 / 400 \text{ V}$

Zapojení	Přístroj	Poznámka
TS3	aTO354 22/0.42 $I_n = 550 \text{ A}$ $S_r = 400 \text{ kVA}$ $I_k'' = 9.04 \text{ kA}$	
	$U_2 = 242/420 \text{ V}$ $i_p = 19.9 \text{ kA}$	
jistič	BL1000-DTV3 $I_n = 800 \text{ A}$ $I_r = 500 \text{ A}$ $I_{cu} = 65 \text{ kA}$ $I_r = 500 \text{ A}$, $I_{rm} = 9.00 \text{ kA}$, $I_{mz} = 15 \text{ kA}$	
	$Z_s(30s) = 145 \text{ m}\Omega$ ($I_a = 1.68 \text{ kA}$) $i_p = 19.9 \text{ kA}$	
TS	Sběrnice $B = 1$ $I_k'' = 9.04 \text{ kA}$ O.K. $Z_{sv} < Z_s(30s)$ ($26.8 \text{ m}\Omega < 138 \text{ m}\Omega$)	
	$U = 420 \text{ V}$ ($U_n + 5.0\%$) $i_p = 19.9 \text{ kA}$	
224A	PN2qG $I_n = 224 \text{ A}$ $I_l = 120 \text{ kA}$ Připojeno pomocí SPB2; Cd/Pb free	
	$Z_s(30s) = 324 \text{ m}\Omega$ ($I_a = 750 \text{ A}$) $i_o = 12.4 \text{ kA}$	
v41	2II1-AYKY 4x240 $I_z = 459.5 \text{ A}$ $t_m = 39^\circ \text{ C}$ $I_k'' = 6.12 \text{ kA}$ O.K. $Z_{sv} < Z_s(30s)$ ($54.9 \text{ m}\Omega < 308 \text{ m}\Omega$)	
	$dU = 0.0\%$ $I^2 t < k^2 S^2$ $i_p = 10.5 \text{ kA}$	
u28	Sběrnice $B = 1$ $I_k'' = 6.12 \text{ kA}$ O.K. $Z_{sv} < Z_s(30s)$ ($54.9 \text{ m}\Omega < 308 \text{ m}\Omega$)	
	$U = 420 \text{ V}$ ($U_n + 5.0\%$) $i_p = 10.5 \text{ kA}$	
160A	PN2qG $I_n = 160 \text{ A}$ $I_l = 120 \text{ kA}$ Připojeno pomocí SPB2; Cd/Pb free	
	$Z_s(30s) = 459 \text{ m}\Omega$ ($I_a = 530 \text{ A}$) $i_o = 8.09 \text{ kA}$	
v36	1-AES 4x120 $I_z = 215 \text{ A}$ $t_m = 76^\circ \text{ C}$ $I_k'' = 4.44 \text{ kA}$ O.K. $Z_{sv} < Z_s(30s)$ ($92.2 \text{ m}\Omega < 436 \text{ m}\Omega$)	
	$dU = 0.0\%$ $I^2 t < k^2 S^2$ $i_p = 6.80 \text{ kA}$	
u26	Sběrnice $B = 1$ $I_k'' = 4.44 \text{ kA}$ O.K. $Z_{sv} < Z_s(30s)$ ($92.2 \text{ m}\Omega < 436 \text{ m}\Omega$)	
	$U = 420 \text{ V}$ ($U_n + 5.0\%$) $i_p = 6.80 \text{ kA}$	
80A	PN2qG $I_n = 80 \text{ A}$ $I_l = 120 \text{ kA}$ Připojeno pomocí SPB2; Cd/Pb free	
	$Z_s(30s) = 1.12 \text{ }\Omega$ ($I_a = 217 \text{ A}$) $i_o = 4.33 \text{ kA}$	
v37	1-AES 4x50 $I_z = 119 \text{ A}$ $t_m = 68^\circ \text{ C}$ $I_k'' = 2.11 \text{ kA}$ O.K. $Z_{sv} < Z_s(30s)$ ($235 \text{ m}\Omega < 1.06 \text{ }\Omega$)	
	$dU = 0.0\%$ $I^2 t < k^2 S^2$ $i_p = 3.05 \text{ kA}$	
u30	Sběrnice $B = 1$ $I_k'' = 2.11 \text{ kA}$ O.K. $Z_{sv} < Z_s(30s)$ ($235 \text{ m}\Omega < 1.06 \text{ }\Omega$)	
	$U = 420 \text{ V}$ ($U_n + 5.0\%$) $i_p = 3.05 \text{ kA}$	
63A	PN2qG $I_n = 63 \text{ A}$ $I_l = 120 \text{ kA}$ Připojeno pomocí SPB2; Cd/Pb free	
	$Z_s(30s) = 1.48 \text{ }\Omega$ ($I_a = 164 \text{ A}$) $i_o = 2.94 \text{ kA}$	
v39	1-AES 4x50 $I_z = 119 \text{ A}$ $t_m = 50^\circ \text{ C}$ $I_k'' = 974 \text{ A}$ O.K. $Z_{sv} < Z_s(30s)$ ($527 \text{ m}\Omega < 1.41 \text{ }\Omega$)	
	$dU = 0.0\%$ $I^2 t < k^2 S^2$ $i_p = 1.40 \text{ kA}$	
1.25	Vývod $I = 0 \text{ A}$ $x_B = 0 \text{ A}$ $\cos \phi_i = 0.95$ $I_k'' = 974 \text{ A}$ O.K. $Z_{sv} < Z_s(30s)$ ($527 \text{ m}\Omega < 1.41 \text{ }\Omega$)	
	$I = 0 \text{ A}$ $U = 420 \text{ V}$ ($U_n + 5.0\%$) $B = 1$ $i_p = 1.40 \text{ kA}$	

TS3 aTO354 22/0.42

$U_2 = 242/420 \text{ V}$ $S_r = 400 \text{ kVA}$ $I_k'' = 9.04 \text{ kA}$ Parametry vn sítě : $S_k = 500 \text{ MVA}$, $X/R = 10$
 $I_n = 550 \text{ A}$ $u_k = 6\%$ $i_p = 19.9 \text{ kA}$
 $dU = 0.0\%$

jistič BL1000-DTV3

$I_n = 800 \text{ A}$ $I_r = 500 \text{ A}$ $I_{cu} = 65 \text{ kA}$ $I_r = 500 \text{ A}$, $I_{rm} = 9.00 \text{ kA}$, $I_{mz} = 15 \text{ kA}$
 $i_p = 19.9 \text{ kA}$ $Z_s(30s) = 145 \text{ m}\Omega$ ($I_a = 1.68 \text{ kA}$)

TS Sběrnice

$B = 1$ $I_k'' = 9.04 \text{ kA}$ O.K. $Z_{sv} < Z_s(30s)$ ($26.8 \text{ m}\Omega < 138 \text{ m}\Omega$)
 $U = 420 \text{ V}$ ($U_n + 5.0\%$) $i_p = 19.9 \text{ kA}$

224A PN2qG

$I_n = 224 \text{ A}$ $I_l = 120 \text{ kA}$ Připojeno pomocí SPB2; Cd/Pb free
 $i_o = 12.4 \text{ kA}$ $Z_s(30s) = 324 \text{ m}\Omega$ ($I_a = 750 \text{ A}$)
jistič-224A zaručena plná selektivita

<u>v41</u>	<u>2II1-AYKY 4x240</u>				
	Iz = 459.5 A	tm = 39 ° C	Ik"= 6.12 kA	212 m v zemi (D)	
	dU = 0.0 %	I2t < k2S2	ip = 10.5 kA	O.K. Zsv < Zs(30s) (54.9 mOhm < 308 mOhm)	
				Měrný tepelný odpor [K.m/W] : 2.5 = suchá půda, velmi řídké deště	
				Teplota okolí [st. C] : 20	
				Uspořádání seskupených obvodů : 1 x přímo v zemi	
				Uspořádání seskupených obvodů : Seskupené ve svazku, zapuštěné nebo uzavřené	
				Způsob uložení : Na vodorovných perforovaných lávkách	
				Počet seskupených obvodů : 1	
<u>u28</u>	<u>Sběrnice</u>				
	B = 1		Ik"= 6.12 kA	O.K. Zsv < Zs(30s) (54.9 mOhm < 308 mOhm)	
	U = 420 V (Un + 5.0%)		ip = 10.5 kA		
<u>160A</u>	<u>PN2qG</u>				
	In = 160 A		I1 = 120 kA	Připojeno pomocí SPB2; Cd/Pb free	
			io = 8.09 kA	Zs(30s) = 459 mOhm (Ia = 530 A)	
				224A-160A zaručena plná selektivita	
<u>v36</u>	<u>1-AES 4x120</u>				
	Iz = 215 A	tm = 76 ° C	Ik"= 4.44 kA	69 m ve vzduchu (E,F)	
	dU = 0.0 %	I2t < k2S2	ip = 6.80 kA	O.K. Zsv < Zs(30s) (92.2 mOhm < 436 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	
<u>u26</u>	<u>Sběrnice</u>				
	B = 1		Ik"= 4.44 kA	O.K. Zsv < Zs(30s) (92.2 mOhm < 436 mOhm)	
	U = 420 V (Un + 5.0%)		ip = 6.80 kA		
<u>80A</u>	<u>PN2qG</u>				
	In = 80 A		I1 = 120 kA	Připojeno pomocí SPB2; Cd/Pb free	
			io = 4.33 kA	Zs(30s) = 1.12 Ohm (Ia = 217 A)	
				160A-80A zaručena plná selektivita	
<u>v37</u>	<u>1-AES 4x50</u>				
	Iz = 119 A	tm = 68 ° C	Ik"= 2.11 kA	108 m ve vzduchu (E,F)	
	dU = 0.0 %	I2t < k2S2	ip = 3.05 kA	O.K. Zsv < Zs(30s) (235 mOhm < 1.06 Ohm)	
				Teplota okolí [st. C] : 30	
				Uspořádání seskupených obvodů : Seskupené ve svazku, zapuštěné nebo uzavřené	
				Způsob uložení : Na vodorovných perforovaných lávkách	
				Počet seskupených obvodů : 1	
<u>u30</u>	<u>Sběrnice</u>				
	B = 1		Ik"= 2.11 kA	O.K. Zsv < Zs(30s) (235 mOhm < 1.06 Ohm)	
	U = 420 V (Un + 5.0%)		ip = 3.05 kA		
<u>63A</u>	<u>PN2qG</u>				
	In = 63 A		I1 = 120 kA	Připojeno pomocí SPB2; Cd/Pb free	
			io = 2.94 kA	Zs(30s) = 1.48 Ohm (Ia = 164 A)	

				80A-63A selektivní minimálně do 1.1 kA
<u>v39</u>	<u>1-AES 4x50</u>			
	$I_z = 119 \text{ A}$	$t_m = 50^\circ \text{ C}$	$I_k'' = 974 \text{ A}$	219 m ve vzduchu (E,F)
	$dU = 0.0 \%$	$I_{2t} < k2S2$	$i_p = 1.40 \text{ kA}$	O.K. $Z_{sv} < Z_s(30s)$ (527 mOhm < 1.41 Ohm)
				Teplota okolí [st. C] : 30
				Uspořádání seskupených obvodů : Seskupené ve svazku, zapuštěné nebo uzavřené
				Způsob uložení : Na vodorovných perforovaných lávkách
				Počet seskupených obvodů : 1
<u>1.25</u>	<u>Vývod</u>			
	$I = 0 \text{ A}$ xB= 0 A	$\cos \phi_i = 0.95$	$I_k'' = 974 \text{ A}$	O.K. $Z_{sv} < Z_s(30s)$ (527 mOhm < 1.41 Ohm)
	$I = 0 \text{ A}$	B = 1	$i_p = 1.40 \text{ kA}$	
	U = 420 V (Un + 5.0%)			
<u>63A</u>	<u>PN2qG</u>			
	$I_n = 63 \text{ A}$		$I_1 = 120 \text{ kA}$	Připojeno pomocí SPB2; Cd/Pb free
			$i_o = 2.94 \text{ kA}$	$Z_s(30s) = 1.48 \text{ Ohm}$ ($I_a = 164 \text{ A}$)
				80A-63A selektivní minimálně do 1.1 kA
<u>v38</u>	<u>1-AES 4x50</u>			
	$I_z = 119 \text{ A}$	$t_m = 50^\circ \text{ C}$	$I_k'' = 900 \text{ A}$	252 m ve vzduchu (E,F)
	$dU = 0.0 \%$	$I_{2t} < k2S2$	$i_p = 1.30 \text{ kA}$	O.K. $Z_{sv} < Z_s(30s)$ (572 mOhm < 1.41 Ohm)
				Teplota okolí [st. C] : 30
				Uspořádání seskupených obvodů : Seskupené ve svazku, zapuštěné nebo uzavřené
				Způsob uložení : Na vodorovných perforovaných lávkách
				Počet seskupených obvodů : 1
<u>2.25</u>	<u>Vývod</u>			
	S = 0 VA		$I_k'' = 900 \text{ A}$	O.K. $Z_{sv} < Z_s(30s)$ (572 mOhm < 1.41 Ohm)
	U = 420 V (Un + 5.0%)		$i_p = 1.30 \text{ kA}$	
<u>63A</u>	<u>PN2qG</u>			
	$I_n = 63 \text{ A}$		$I_1 = 120 \text{ kA}$	Připojeno pomocí SPB2; Cd/Pb free
			$i_o = 3.78 \text{ kA}$	$Z_s(30s) = 1.48 \text{ Ohm}$ ($I_a = 164 \text{ A}$)
				160A-63A zaručena plná selektivita
<u>v35</u>	<u>1-AES 4x50</u>			
	$I_z = 119 \text{ A}$	$t_m = 50^\circ \text{ C}$	$i_o = 3.42 \text{ kA}$	36 m ve vzduchu (E,F)
	$dU = 0.0 \%$	$I_{2t} < k2S2$		O.K. $Z_{sv} < Z_s(30s)$ (136 mOhm < 1.41 Ohm)
				Teplota okolí [st. C] : 30
				Uspořádání seskupených obvodů : Seskupené ve svazku, zapuštěné nebo uzavřené
				Způsob uložení : Na vodorovných perforovaných lávkách
				Počet seskupených obvodů : 1
<u>3.25</u>	<u>Vývod</u>			
	S = 0 VA		$i_o = 3.42 \text{ kA}$	O.K. $Z_{sv} < Z_s(30s)$ (136 mOhm < 1.41 Ohm)
	U = 420 V (Un + 5.0%)			
<u>80A</u>	<u>PN2qG</u>			
	$I_n = 80 \text{ A}$		$I_1 = 120 \text{ kA}$	Připojeno pomocí SPB2; Cd/Pb free
			$i_o = 4.84 \text{ kA}$	$Z_s(30s) = 1.12 \text{ Ohm}$ ($I_a = 217 \text{ A}$)
				224A-80A zaručena plná selektivita

<u>v31</u>	<u>1-AES 4x50</u>				
	I _z = 119 A	t _m = 68 ° C	I _k " = 1.22 kA	275 m ve vzduchu (E,F)	
	dU = 0.0 %	I _{2t} < k2S2	i _p = 1.77 kA	O.K. Zsv < Zs(30s) (425 mOhm < 1.06 Ohm)	
				Teplota okolí [st. C] : 30	
				Uspořádání seskupených obvodů : Seskupené ve svazku,	
				zapuštěné nebo uzavřené	
				Způsob uložení : Na vodorovných perforovaných lávkách	
				Počet seskupených obvodů : 1	
<u>4.25</u>	<u>Vývod</u>				
	S = 0 VA		I _k " = 1.22 kA	O.K. Zsv < Zs(30s) (425 mOhm < 1.06 Ohm)	
	U = 420 V (Un + 5.0%)		i _p = 1.77 kA		
<u>125A</u>	<u>PN2gG</u>				
	I _n = 125 A		I ₁ = 120 kA	Připojeno pomocí SPB2; Cd/Pb free	
			i _o = 6.66 kA	Zs(30s) = 693 mOhm (I _a = 351 A)	
				224A-125A zaručena plná selektivita	
<u>v43</u>	<u>1-AYKY 4x240</u>				
	I _z = 330 A	t _m = 38 ° C	I _k " = 3.01 kA	287 m ve vzduchu (E,F)	
	dU = 0.0 %	I _{2t} < k2S2	i _p = 4.58 kA	O.K. Zsv < Zs(30s) (143 mOhm < 659 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	
<u>5.25</u>	<u>Vývod</u>				
	S = 0 VA		I _k " = 3.01 kA	O.K. Zsv < Zs(30s) (143 mOhm < 659 mOhm)	
	U = 420 V (Un + 5.0%)		i _p = 4.58 kA		
<u>125A</u>	<u>PN2gG</u>				
	I _n = 125 A		I ₁ = 120 kA	Připojeno pomocí SPB2; Cd/Pb free	
			i _o = 6.66 kA	Zs(30s) = 693 mOhm (I _a = 351 A)	
				224A-125A zaručena plná selektivita	
<u>v44</u>	<u>1-AYKY 4x120</u>				
	I _z = 212 A	t _m = 56 ° C	I _k " = 2.16 kA	297 m ve vzduchu (E,F)	
	dU = 0.0 %	I _{2t} < k2S2	i _p = 3.14 kA	O.K. Zsv < Zs(30s) (221 mOhm < 659 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	
<u>6.25</u>	<u>Vývod</u>				
	S = 0 VA		I _k " = 2.16 kA	O.K. Zsv < Zs(30s) (221 mOhm < 659 mOhm)	
	U = 420 V (Un + 5.0%)		i _p = 3.14 kA		
<u>80A</u>	<u>PN2gG</u>				
	I _n = 80 A		I ₁ = 120 kA	Připojeno pomocí SPB2; Cd/Pb free	
			i _o = 4.84 kA	Zs(30s) = 1.12 Ohm (I _a = 217 A)	
				224A-80A zaručena plná selektivita	
<u>v40</u>	<u>1-AES 4x50</u>				
	I _z = 119 A	t _m = 68 ° C	I _k " = 1.01 kA	342 m ve vzduchu (E,F)	

	dU = 0.0 %	I _{2t} < k ₂ S ₂	i _p = 1.46 kA	O.K. Z _{sv} < Z _s (30s) (519 mOhm < 1.06 Ohm) Teplota okolí [st. C] : 30 Uspořádání seskupených obvodů : Seskupené ve svazku, zapuštěné nebo uzavřené Způsob uložení : Na vodorovných perforovaných lávkách Počet seskupených obvodů : 1
<u>7.25</u>	<u>Vývod</u>			
	S = 0 VA		I _{k"} = 1.01 kA	O.K. Z _{sv} < Z _s (30s) (519 mOhm < 1.06 Ohm)
	U = 420 V (U _n + 5.0%)		i _p = 1.46 kA	
<u>100A</u>	<u>PN2gG</u>			
	I _n = 100 A		I ₁ = 120 kA	Připojeno pomocí SPB2; Cd/Pb free
			i _o = 6.57 kA	Z _s (30s) = 825 mOhm (I _a = 295 A) jistič-100A zaručena plná selektivita
<u>v42</u>	<u>2II1-AYKY 4x120</u>			
	I _z = 313.6 A	t _m = 27 ° C	i _o = 6.21 kA	59 m v zemi (D)
	dU = 0.0 %	I _{2t} < k ₂ S ₂		O.K. Z _{sv} < Z _s (30s) (37.4 mOhm < 784 mOhm) Teplota okolí [st. C] : 20 Uspořádání seskupených obvodů : Seskupené ve svazku, zapuštěné nebo uzavřené Způsob uložení : Na vodorovných perforovaných lávkách Počet seskupených obvodů : 1
<u>8.25</u>	<u>Vývod</u>			
	S = 0 VA		i _o = 6.21 kA	O.K. Z _{sv} < Z _s (30s) (37.4 mOhm < 784 mOhm)
	U = 420 V (U _n + 5.0%)			

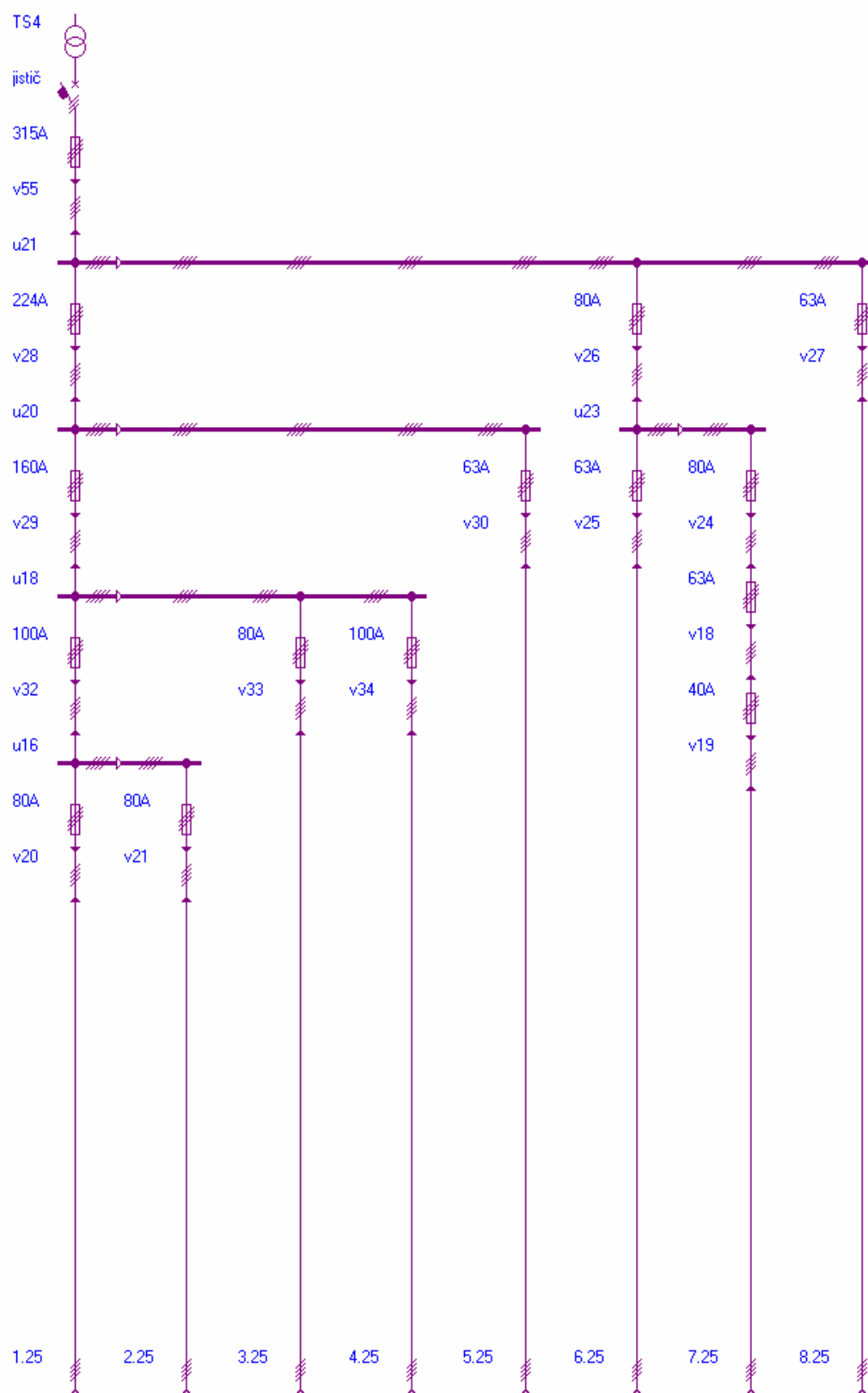


Projekt : Hrubá Vrbka
Celkové schéma

Datum : 5.3.2009

Soubor : pokus4

Sít TN, $U_n = 230 / 400 \text{ V}$





Projekt : Hrubá Vrbka Impedanční smyčky

Datum : 5.3.2009

Soubor : pokus4

Síť TN, $U_n = 230 / 400 \text{ V}$

Zapojení	Přístroj	Poznámka
TS4	aTO374 22/0.40 $I_n = 909 \text{ A}$ $S_r = 630 \text{ kVA}$ $I_k'' = 14.8 \text{ kA}$ $U_2 = 231/400 \text{ V}$ $i_p = 33.0 \text{ kA}$	
jistič	BL1000-DTV3 $I_n = 1000 \text{ A}$ $I_r = 550 \text{ A}$ $I_{cu} = 65 \text{ kA}$ $I_r = 550 \text{ A}$, $I_{rm} = 7.00 \text{ kA}$, $I_{mz} = 15 \text{ kA}$ $Z_s(30s) = 133 \text{ m}\Omega$ ($I_a = 1.83 \text{ kA}$) $i_p = 33.0 \text{ kA}$	
315A	PN2qG $I_n = 315 \text{ A}$ $I_l = 120 \text{ kA}$ Připojeno pomocí SPB2; Cd/Pb free $Z_s(30s) = 215 \text{ m}\Omega$ ($I_a = 1.13 \text{ kA}$) $i_o = 17.9 \text{ kA}$	
v55	2II1-AKY 4x240 $I_z = 367.6 \text{ A}$ $t_m = 101^\circ \text{ C}$ O.K. $Z_{sv} < Z_s(30s)$ ($18.3 \text{ m}\Omega < 204 \text{ m}\Omega$) $dU = 0.0\%$ $I^2 t < k^2 S^2$ $i_o = 17.4 \text{ kA}$	
u21	Sběrnice $B = 1$ O.K. $Z_{sv} < Z_s(30s)$ ($18.3 \text{ m}\Omega < 204 \text{ m}\Omega$) $U = 400 \text{ V}$ ($U_n + 0.0\%$) $i_o = 17.4 \text{ kA}$	
224A	PN2qG $I_n = 224 \text{ A}$ $I_l = 120 \text{ kA}$ Připojeno pomocí SPB2; Cd/Pb free $Z_s(30s) = 324 \text{ m}\Omega$ ($I_a = 750 \text{ A}$) $i_o = 14.4 \text{ kA}$	
v28	2II1-AES 4x120 $I_z = 430 \text{ A}$ $t_m = 50^\circ \text{ C}$ O.K. $Z_{sv} < Z_s(30s)$ ($24.2 \text{ m}\Omega < 308 \text{ m}\Omega$) $dU = 0.0\%$ $I^2 t < k^2 S^2$ $i_o = 13.7 \text{ kA}$	
u20	Sběrnice $B = 1$ O.K. $Z_{sv} < Z_s(30s)$ ($24.2 \text{ m}\Omega < 308 \text{ m}\Omega$) $U = 400 \text{ V}$ ($U_n + 0.0\%$) $i_o = 13.7 \text{ kA}$	
160A	PN2qG $I_n = 160 \text{ A}$ $I_l = 120 \text{ kA}$ Připojeno pomocí SPB2; Cd/Pb free $Z_s(30s) = 459 \text{ m}\Omega$ ($I_a = 530 \text{ A}$) $i_o = 10.3 \text{ kA}$	
v29	2II1-AES 4x120 $I_z = 430 \text{ A}$ $t_m = 38^\circ \text{ C}$ O.K. $Z_{sv} < Z_s(30s)$ ($39.7 \text{ m}\Omega < 436 \text{ m}\Omega$) $dU = 0.0\%$ $I^2 t < k^2 S^2$ $i_o = 9.29 \text{ kA}$	
u18	Sběrnice $B = 1$ O.K. $Z_{sv} < Z_s(30s)$ ($39.7 \text{ m}\Omega < 436 \text{ m}\Omega$) $U = 400 \text{ V}$ ($U_n + 0.0\%$) $i_o = 9.29 \text{ kA}$	
100A	PN2qG $I_n = 100 \text{ A}$ $I_l = 120 \text{ kA}$ Připojeno pomocí SPB2; Cd/Pb free $Z_s(30s) = 825 \text{ m}\Omega$ ($I_a = 295 \text{ A}$) $i_o = 6.56 \text{ kA}$	
v32	1-AES 4x70 $I_z = 150 \text{ A}$ $t_m = 68^\circ \text{ C}$ $I_k'' = 2.05 \text{ kA}$ O.K. $Z_{sv} < Z_s(30s)$ ($241 \text{ m}\Omega < 784 \text{ m}\Omega$) $dU = 0.0\%$ $I^2 t < k^2 S^2$ $i_p = 2.96 \text{ kA}$	
u16	Sběrnice $B = 1$ $I_k'' = 2.05 \text{ kA}$ O.K. $Z_{sv} < Z_s(30s)$ ($241 \text{ m}\Omega < 784 \text{ m}\Omega$) $U = 400 \text{ V}$ ($U_n + 0.0\%$) $i_p = 2.96 \text{ kA}$	
80A	PN2qG $I_n = 80 \text{ A}$ $I_l = 120 \text{ kA}$ Připojeno pomocí SPB2; Cd/Pb free $Z_s(30s) = 1.12 \text{ }\Omega$ ($I_a = 217 \text{ A}$) $i_p = 2.96 \text{ kA}$	
v20	1-AES 4x50 $I_z = 119 \text{ A}$ $t_m = 68^\circ \text{ C}$ $I_k'' = 1.40 \text{ kA}$ O.K. $Z_{sv} < Z_s(30s)$ ($355 \text{ m}\Omega < 1.06 \text{ }\Omega$) $dU = 0.0\%$ $I^2 t < k^2 S^2$ $i_p = 2.03 \text{ kA}$	
1.25	Vývod $I_k'' = 1.40 \text{ kA}$ O.K. $Z_{sv} < Z_s(30s)$ ($355 \text{ m}\Omega < 1.06 \text{ }\Omega$) $S = 0 \text{ VA}$ $U = 400 \text{ V}$ ($U_n + 0.0\%$) $i_p = 2.03 \text{ kA}$	

TS4	aTO374 22/0.40			
	$U_2 = 231/400 \text{ V}$	$S_r = 630 \text{ kVA}$	$I_k'' = 14.8 \text{ kA}$	Parametry vn sítě : $S_k = 500 \text{ MVA}$, $X/R = 10$
	$I_n = 909 \text{ A}$	$u_k = 6\%$	$i_p = 33.0 \text{ kA}$	
	$dU = 0.0\%$			
jistič	BL1000-DTV3			
	$I_n = 1000 \text{ A}$	$I_r = 550 \text{ A}$	$I_{cu} = 65 \text{ kA}$	$I_r = 550 \text{ A}$, $I_{rm} = 7.00 \text{ kA}$, $I_{mz} = 15 \text{ kA}$
			$i_p = 33.0 \text{ kA}$	$Z_s(30s) = 133 \text{ m}\Omega$ ($I_a = 1.83 \text{ kA}$)
315A	PN2qG			
	$I_n = 315 \text{ A}$		$I_l = 120 \text{ kA}$	Připojeno pomocí SPB2; Cd/Pb free
			$i_o = 17.9 \text{ kA}$	$Z_s(30s) = 215 \text{ m}\Omega$ ($I_a = 1.13 \text{ kA}$)
				jistič-315A zaručena plná selektivita

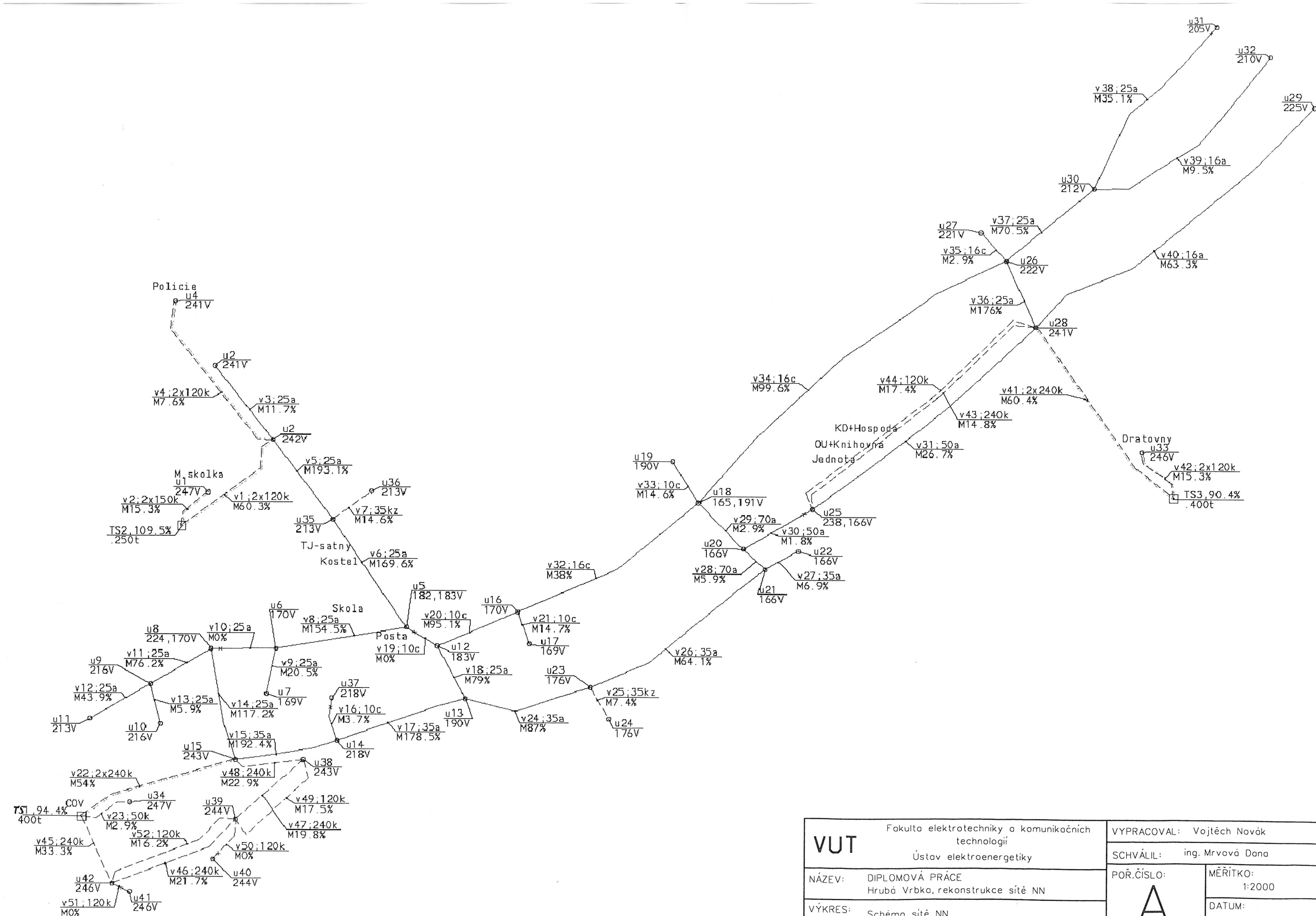
<u>v55</u>	<u>2II1-AYKY 4x240</u>				
	Iz = 367.6 A	tm = 101 ° C	io = 17.4 kA	23 m v zemi (D)	
	dU = 0.0 %	I2t < k2S2		O.K. Zsv < Zs(30s) (18.3 mOhm < 204 mOhm)	
				Měrný tepelný odpor [K.m/W] : 2.5 = suchá půda, velmi řídké deště	
				Teplota okolí [st. C] : 20	
				Uspořádání seskupených obvodů : 2 x přímo v zemi	
				Vzdálenost [m] : 1 x d	
				Uspořádání seskupených obvodů : Seskupené ve svazku, zapuštěné nebo uzavřené	
				Způsob uložení : Na vodorovných perforovaných lávkách	
				Počet seskupených obvodů : 1	
<u>u21</u>	<u>Sběrnice</u>				
	B = 1		io = 17.4 kA	O.K. Zsv < Zs(30s) (18.3 mOhm < 204 mOhm)	
	U = 400 V (Un + 0.0%)				
<u>224A</u>	<u>PN2qG</u>				
	In = 224 A		I1 = 120 kA	Připojeno pomocí SPB2; Cd/Pb free	
			io = 14.4 kA	Zs(30s) = 324 mOhm (Ia = 750 A)	
				315A-224A selektivita ověřena do 10.0 kA	
<u>v28</u>	<u>2II1-AES 4x120</u>				
	Iz = 430 A	tm = 50 ° C	io = 13.7 kA	29 m ve vzduchu (E,F)	
	dU = 0.0 %	I2t < k2S2		O.K. Zsv < Zs(30s) (24.2 mOhm < 308 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	
<u>u20</u>	<u>Sběrnice</u>				
	B = 1		io = 13.7 kA	O.K. Zsv < Zs(30s) (24.2 mOhm < 308 mOhm)	
	U = 400 V (Un + 0.0%)				
<u>160A</u>	<u>PN2qG</u>				
	In = 160 A		I1 = 120 kA	Připojeno pomocí SPB2; Cd/Pb free	
			io = 10.3 kA	Zs(30s) = 459 mOhm (Ia = 530 A)	
				224A-160A selektivita ověřena do 8.0 kA	
<u>v29</u>	<u>2II1-AES 4x120</u>				
	Iz = 430 A	tm = 38 ° C	io = 9.29 kA	62 m ve vzduchu (E,F)	
	dU = 0.0 %	I2t < k2S2		O.K. Zsv < Zs(30s) (39.7 mOhm < 436 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	
<u>u18</u>	<u>Sběrnice</u>				
	B = 1		io = 9.29 kA	O.K. Zsv < Zs(30s) (39.7 mOhm < 436 mOhm)	
	U = 400 V (Un + 0.0%)				
<u>100A</u>	<u>PN2qG</u>				
	In = 100 A		I1 = 120 kA	Připojeno pomocí SPB2; Cd/Pb free	

			$i_o = 6.56 \text{ kA}$	$Z_s(30s) = 825 \text{ m}\Omega$ ($I_a = 295 \text{ A}$) 160A-100A selektivita ověřena do 8.0 kA
<u>v32</u>	<u>1-AES 4x70</u>			
	$I_z = 150 \text{ A}$	$t_m = 68^\circ \text{ C}$	$I_k'' = 2.05 \text{ kA}$	204 m ve vzduchu (E,F)
	$dU = 0.0 \%$	$I_{2t} < k_2 S_2$	$i_p = 2.96 \text{ kA}$	O.K. $Z_{sv} < Z_s(30s)$ ($241 \text{ m}\Omega < 784 \text{ m}\Omega$) Teplota okolí [st. C] : 30 Uspořádání seskupených obvodů : Seskupené ve svazku, zapuštěné nebo uzavřené Způsob uložení : Na vodorovných perforovaných lávkách Počet seskupených obvodů : 1
<u>u16</u>	<u>Sběrnice</u>			
	$B = 1$		$I_k'' = 2.05 \text{ kA}$	O.K. $Z_{sv} < Z_s(30s)$ ($241 \text{ m}\Omega < 784 \text{ m}\Omega$)
	$U = 400 \text{ V}$ ($U_n + 0.0\%$)		$i_p = 2.96 \text{ kA}$	
<u>80A</u>	<u>PN2qG</u>			
	$I_n = 80 \text{ A}$		$I_1 = 120 \text{ kA}$	Připojeno pomocí SPB2; Cd/Pb free
			$i_p = 2.96 \text{ kA}$	$Z_s(30s) = 1.12 \text{ }\Omega$ ($I_a = 217 \text{ A}$) 100A-80A selektivní minimálně do 1.6 kA
<u>v20</u>	<u>1-AES 4x50</u>			
	$I_z = 119 \text{ A}$	$t_m = 68^\circ \text{ C}$	$I_k'' = 1.40 \text{ kA}$	84 m ve vzduchu (E,F)
	$dU = 0.0 \%$	$I_{2t} < k_2 S_2$	$i_p = 2.03 \text{ kA}$	O.K. $Z_{sv} < Z_s(30s)$ ($355 \text{ m}\Omega < 1.06 \text{ }\Omega$) Teplota okolí [st. C] : 30 Uspořádání seskupených obvodů : Seskupené ve svazku, zapuštěné nebo uzavřené Způsob uložení : Na vodorovných perforovaných lávkách Počet seskupených obvodů : 1
<u>1.25</u>	<u>Vývod</u>			
	$S = 0 \text{ VA}$		$I_k'' = 1.40 \text{ kA}$	O.K. $Z_{sv} < Z_s(30s)$ ($355 \text{ m}\Omega < 1.06 \text{ }\Omega$)
	$U = 400 \text{ V}$ ($U_n + 0.0\%$)		$i_p = 2.03 \text{ kA}$	
<u>80A</u>	<u>PN2qG</u>			
	$I_n = 80 \text{ A}$		$I_1 = 120 \text{ kA}$	Připojeno pomocí SPB2; Cd/Pb free
			$i_p = 2.96 \text{ kA}$	$Z_s(30s) = 1.12 \text{ }\Omega$ ($I_a = 217 \text{ A}$) 100A-80A selektivní minimálně do 1.6 kA
<u>v21</u>	<u>1-AES 4x50</u>			
	$I_z = 119 \text{ A}$	$t_m = 68^\circ \text{ C}$	$I_k'' = 1.75 \text{ kA}$	32 m ve vzduchu (E,F)
	$dU = 0.0 \%$	$I_{2t} < k_2 S_2$	$i_p = 2.52 \text{ kA}$	O.K. $Z_{sv} < Z_s(30s)$ ($283 \text{ m}\Omega < 1.06 \text{ }\Omega$) Teplota okolí [st. C] : 30 Uspořádání seskupených obvodů : Seskupené ve svazku, zapuštěné nebo uzavřené Způsob uložení : Na vodorovných perforovaných lávkách Počet seskupených obvodů : 1
<u>2.25</u>	<u>Vývod</u>			
	$S = 0 \text{ VA}$		$I_k'' = 1.75 \text{ kA}$	O.K. $Z_{sv} < Z_s(30s)$ ($283 \text{ m}\Omega < 1.06 \text{ }\Omega$)
	$U = 400 \text{ V}$ ($U_n + 0.0\%$)		$i_p = 2.52 \text{ kA}$	
<u>80A</u>	<u>PN2qG</u>			
	$I_n = 80 \text{ A}$		$I_1 = 120 \text{ kA}$	Připojeno pomocí SPB2; Cd/Pb free
			$i_o = 5.53 \text{ kA}$	$Z_s(30s) = 1.12 \text{ }\Omega$ ($I_a = 217 \text{ A}$) 160A-80A zaručena plná selektivita

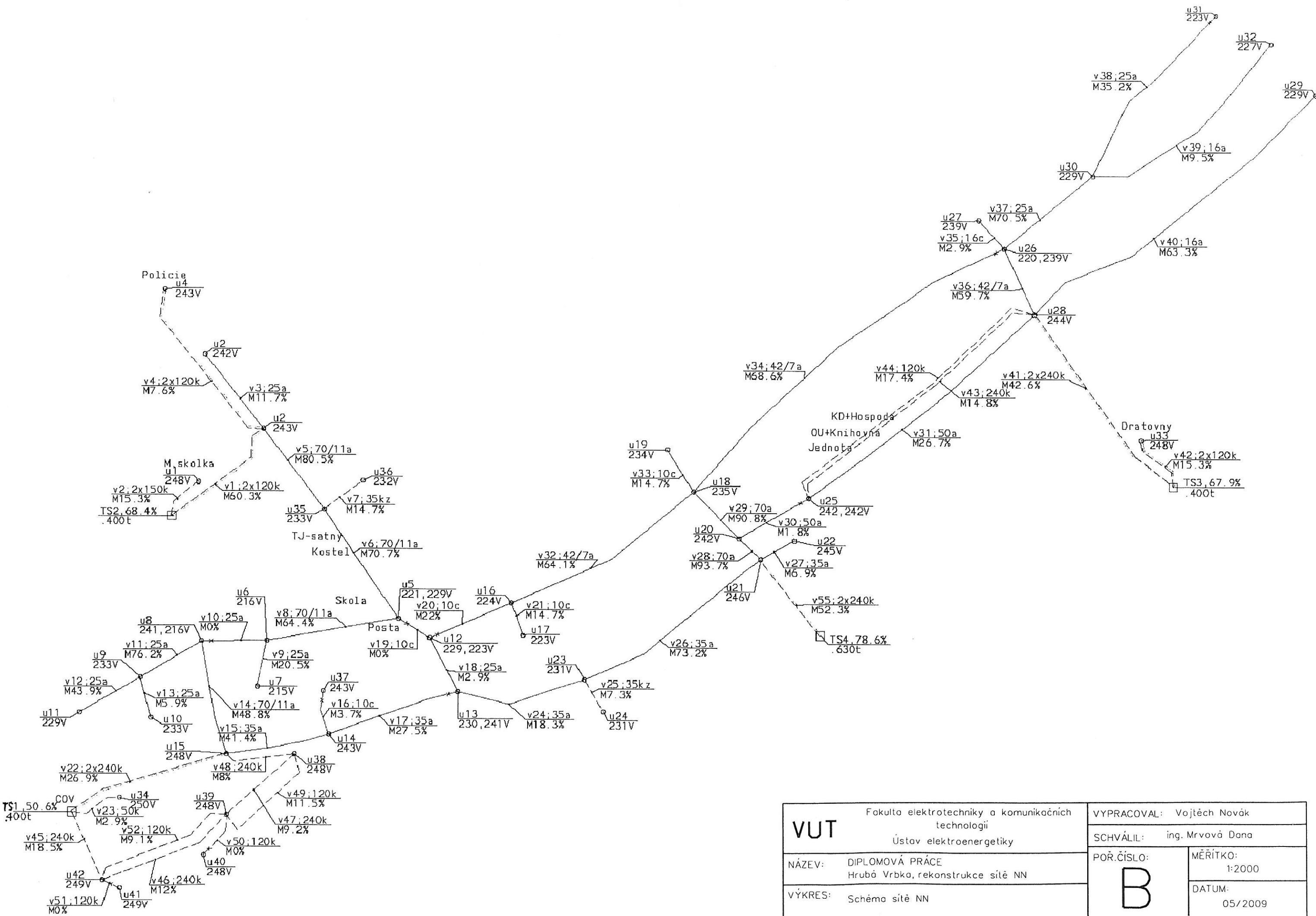
<u>v33</u>	<u>1-AES 4x50</u>				
	I _z = 119 A	t _m = 68 ° C	io = 4.36 kA	47 m ve vzduchu (E,F)	
	dU = 0.0 %	I _{2t} < k2S2		O.K. Zsv < Zs(30s) (102 mOhm < 1.06 Ohm)	
				Teplota okolí [st. C] : 30	
				Uspořádání seskupených obvodů : Seskupené ve svazku,	
				zapuštěné nebo uzavřené	
				Způsob uložení : Na vodorovných perforovaných lávkách	
				Počet seskupených obvodů : 1	
<u>3.25</u>	<u>Vývod</u>				
	S = 0 VA		io = 4.36 kA	O.K. Zsv < Zs(30s) (102 mOhm < 1.06 Ohm)	
	U = 400 V (Un + 0.0%)				
<u>100A</u>	<u>PN2qG</u>				
	In = 100 A		I ₁ = 120 kA	Připojeno pomocí SPB2; Cd/Pb free	
			io = 6.56 kA	Zs(30s) = 825 mOhm (Ia = 295 A)	
				160A-100A selektivita ověřena do 8.0 kA	
<u>v34</u>	<u>1-AES 4x70</u>				
	I _z = 150 A	t _m = 68 ° C	I _k " = 1.22 kA	377 m ve vzduchu (E,F)	
	dU = 0.0 %	I _{2t} < k2S2	ip = 1.75 kA	O.K. Zsv < Zs(30s) (414 mOhm < 784 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	
<u>4.25</u>	<u>Vývod</u>				
	S = 0 VA		I _k " = 1.22 kA	O.K. Zsv < Zs(30s) (414 mOhm < 784 mOhm)	
	U = 400 V (Un + 0.0%)		ip = 1.75 kA		
<u>63A</u>	<u>PN2qG</u>				
	In = 63 A		I ₁ = 120 kA	Připojeno pomocí SPB2; Cd/Pb free	
			io = 5.29 kA	Zs(30s) = 1.48 Ohm (Ia = 164 A)	
				224A-63A zaručena plná selektivita	
<u>v30</u>	<u>1-AES 4x70</u>				
	I _z = 150 A	t _m = 41 ° C	io = 3.88 kA	76 m ve vzduchu (E,F)	
	dU = 0.0 %	I _{2t} < k2S2		O.K. Zsv < Zs(30s) (91.7 mOhm < 1.41 Ohm)	
				Teplota okolí [st. C] : 30	
				Uspořádání seskupených obvodů : Seskupené ve svazku,	
				zapuštěné nebo uzavřené	
				Způsob uložení : Na vodorovných perforovaných lávkách	
				Počet seskupených obvodů : 1	
<u>5.25</u>	<u>Vývod</u>				
	S = 0 VA		io = 3.88 kA	O.K. Zsv < Zs(30s) (91.7 mOhm < 1.41 Ohm)	
	U = 400 V (Un + 0.0%)				
<u>80A</u>	<u>PN2qG</u>				
	In = 100 A		I ₁ = 120 kA	Připojeno pomocí SPB2; Cd/Pb free	
			io = 7.61 kA	Zs(30s) = 825 mOhm (Ia = 295 A)	
				315A-80A zaručena plná selektivita	
<u>v26</u>	<u>1-AES 4x70</u>				
	I _z = 150 A	t _m = 68 ° C	I _k " = 2.31 kA	203 m ve vzduchu (E,F)	

	dU = 0.0 %	I _{2t} < k ₂ S ₂	i _p = 3.34 kA	O.K. Z _{sv} < Z _s (30s) (214 mOhm < 784 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
<u>u23</u>	<u>Sběrnice</u> B = 1 U = 400 V (U _n + 0.0%)		I _k "= 2.31 kA i _p = 3.34 kA	O.K. Z _{sv} < Z _s (30s) (214 mOhm < 784 mOhm)
<u>63A</u>	<u>PN2gG</u> I _n = 63 A		I ₁ = 120 kA i _o = 3.03 kA	Připojeno pomocí SPB2; Cd/Pb free Z _s (30s) = 1.48 Ohm (I _a = 164 A) 80A-63A zaručena plná selektivita
<u>v25</u>	<u>1-AES 4x50</u> I _z = 119 A dU = 0.0 %	t _m = 50 ° C I _{2t} < k ₂ S ₂	I _k "= 1.90 kA i _p = 2.74 kA	35 m ve vzduchu (E,F) O.K. Z _{sv} < Z _s (30s) (258 mOhm < 1.41 Ohm) Teplota okolí [st. C] : 30 Uspořádání seskupených obvodů : Seskupené ve svazku, zapuštěné nebo uzavřené Způsob uložení : Na vodorovných perforovaných lávkách Počet seskupených obvodů : 1
<u>6.25</u>	<u>Vývod</u> S = 0 VA U = 400 V (U _n + 0.0%)		I _k "= 1.90 kA i _p = 2.74 kA	O.K. Z _{sv} < Z _s (30s) (258 mOhm < 1.41 Ohm)
<u>80A</u>	<u>PN2gG</u> I _n = 80 A		I ₁ = 120 kA i _p = 3.34 kA	Připojeno pomocí SPB2; Cd/Pb free Z _s (30s) = 1.12 Ohm (I _a = 217 A) 80A-80A selektivní minimálně do 1.6 kA
<u>v24</u>	<u>1-AES 4x50</u> I _z = 119 A dU = 0.0 %	t _m = 38 ° C I _{2t} < k ₂ S ₂	I _k "= 1.31 kA i _p = 1.89 kA	124 m ve vzduchu (E,F) O.K. Z _{sv} < Z _s (30s) (384 mOhm < 1.06 Ohm) Teplota okolí [st. C] : 30 Uspořádání seskupených obvodů : Seskupené ve svazku, zapuštěné nebo uzavřené Způsob uložení : Na vodorovných perforovaných lávkách Počet seskupených obvodů : 1
<u>63A</u>	<u>PN2gG</u> I _n = 63 A		I ₁ = 120 kA i _p = 1.89 kA	Připojeno pomocí SPB2; Cd/Pb free Z _s (30s) = 1.48 Ohm (I _a = 164 A) 80A-63A selektivní minimálně do 1.1 kA
<u>v18</u>	<u>1-AES 4x50</u> I _z = 119 A dU = 0.0 %	t _m = 38 ° C I _{2t} < k ₂ S ₂	I _k "= 1.09 kA i _p = 1.57 kA	57 m ve vzduchu (E,F) O.K. Z _{sv} < Z _s (30s) (459 mOhm < 1.41 Ohm) Teplota okolí [st. C] : 30 Uspořádání seskupených obvodů : Seskupené ve svazku, zapuštěné nebo uzavřené Způsob uložení : Na vodorovných perforovaných lávkách

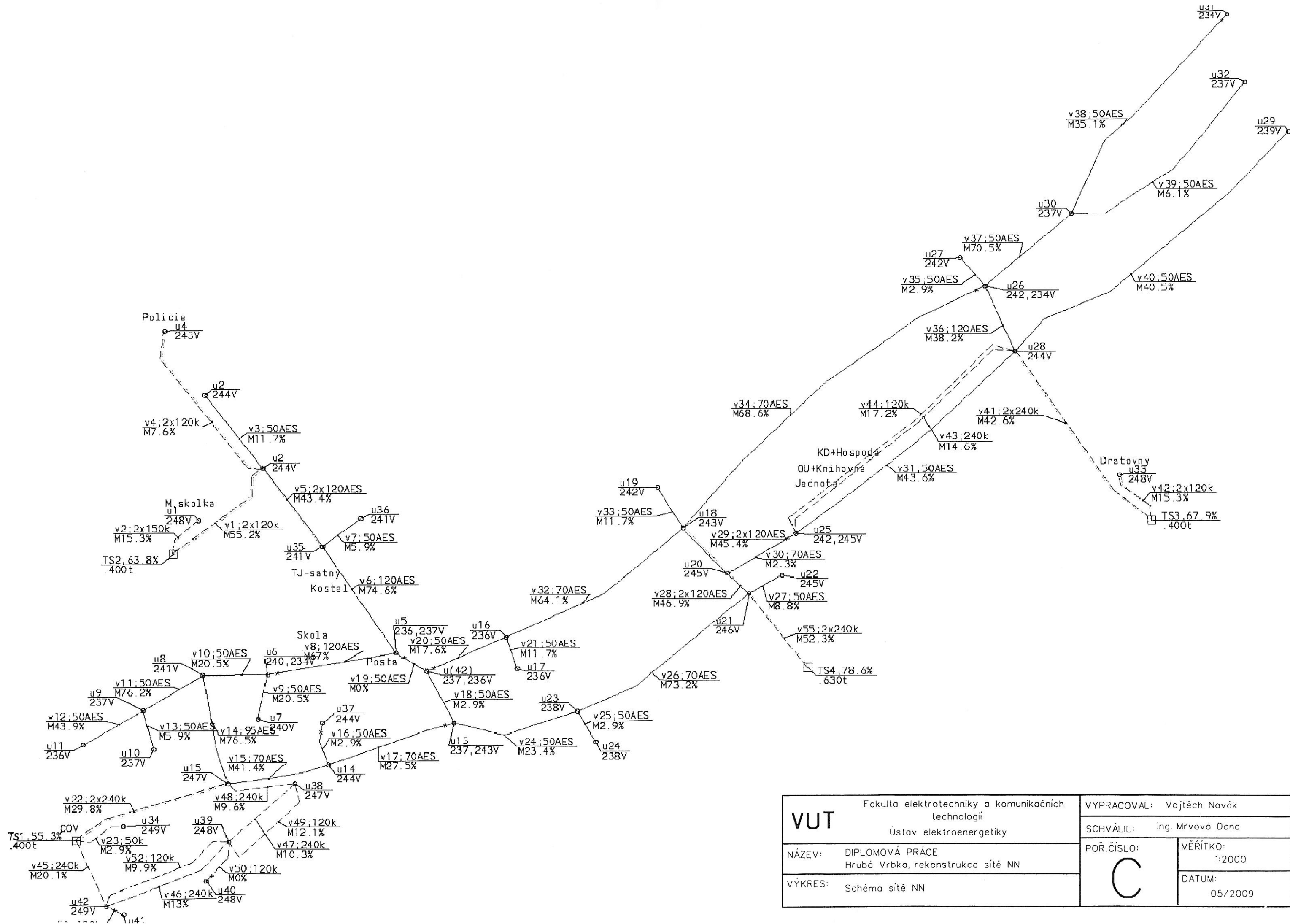
		Počet seskupených obvodů : 1	
<u>40A</u>	<u>PN2qG</u>		
	$I_n = 40 \text{ A}$	$I_1 = 120 \text{ kA}$	Připojeno pomocí SPB2; Cd/Pb free
		$i_p = 1.57 \text{ kA}$	$Z_s(30s) = 2.39 \text{ Ohm}$ ($I_a = 102 \text{ A}$)
			63A-40A zaručena plná selektivita
<u>v19</u>	<u>1-AES 4x50</u>		
	$I_z = 119 \text{ A}$	$t_m = 38 \text{ ° C}$	$I_k'' = 990 \text{ A}$
	$dU = 0.0 \%$	$I_{2t} < k_2 S_2$	$i_p = 1.43 \text{ kA}$
			34 m ve vzduchu (E,F)
			O.K. $Z_{sv} < Z_s(30s)$ (501 mOhm < 2.27 Ohm)
			Teplota okolí [st. C] : 30
			Uspořádání seskupených obvodů : Seskupené ve svazku, zapuštěné nebo uzavřené
			Způsob uložení : Na vodorovných perforovaných lávkách
			Počet seskupených obvodů : 1
<u>7.25</u>	<u>Vývod</u>		
	$S = 0 \text{ VA}$	$I_k'' = 990 \text{ A}$	O.K. $Z_{sv} < Z_s(30s)$ (501 mOhm < 2.27 Ohm)
	$U = 400 \text{ V}$ ($U_n + 0.0\%$)	$i_p = 1.43 \text{ kA}$	
<u>63A</u>	<u>PN2qG</u>		
	$I_n = 63 \text{ A}$	$I_1 = 120 \text{ kA}$	Připojeno pomocí SPB2; Cd/Pb free
		$i_o = 5.53 \text{ kA}$	$Z_s(30s) = 1.48 \text{ Ohm}$ ($I_a = 164 \text{ A}$)
			315A-63A zaručena plná selektivita
<u>v27</u>	<u>1-AES 4x50</u>		
	$I_z = 119 \text{ A}$	$t_m = 50 \text{ ° C}$	$i_o = 4.40 \text{ kA}$
	$dU = 0.0 \%$	$I_{2t} < k_2 S_2$	36 m ve vzduchu (E,F)
			O.K. $Z_{sv} < Z_s(30s)$ (59.4 mOhm < 1.41 Ohm)
			Teplota okolí [st. C] : 30
			Uspořádání seskupených obvodů : Seskupené ve svazku, zapuštěné nebo uzavřené
			Způsob uložení : Na vodorovných perforovaných lávkách
			Počet seskupených obvodů : 1
<u>8.25</u>	<u>Vývod</u>		
	$S = 0 \text{ VA}$	$i_o = 4.40 \text{ kA}$	O.K. $Z_{sv} < Z_s(30s)$ (59.4 mOhm < 1.41 Ohm)
	$U = 400 \text{ V}$ ($U_n + 0.0\%$)		



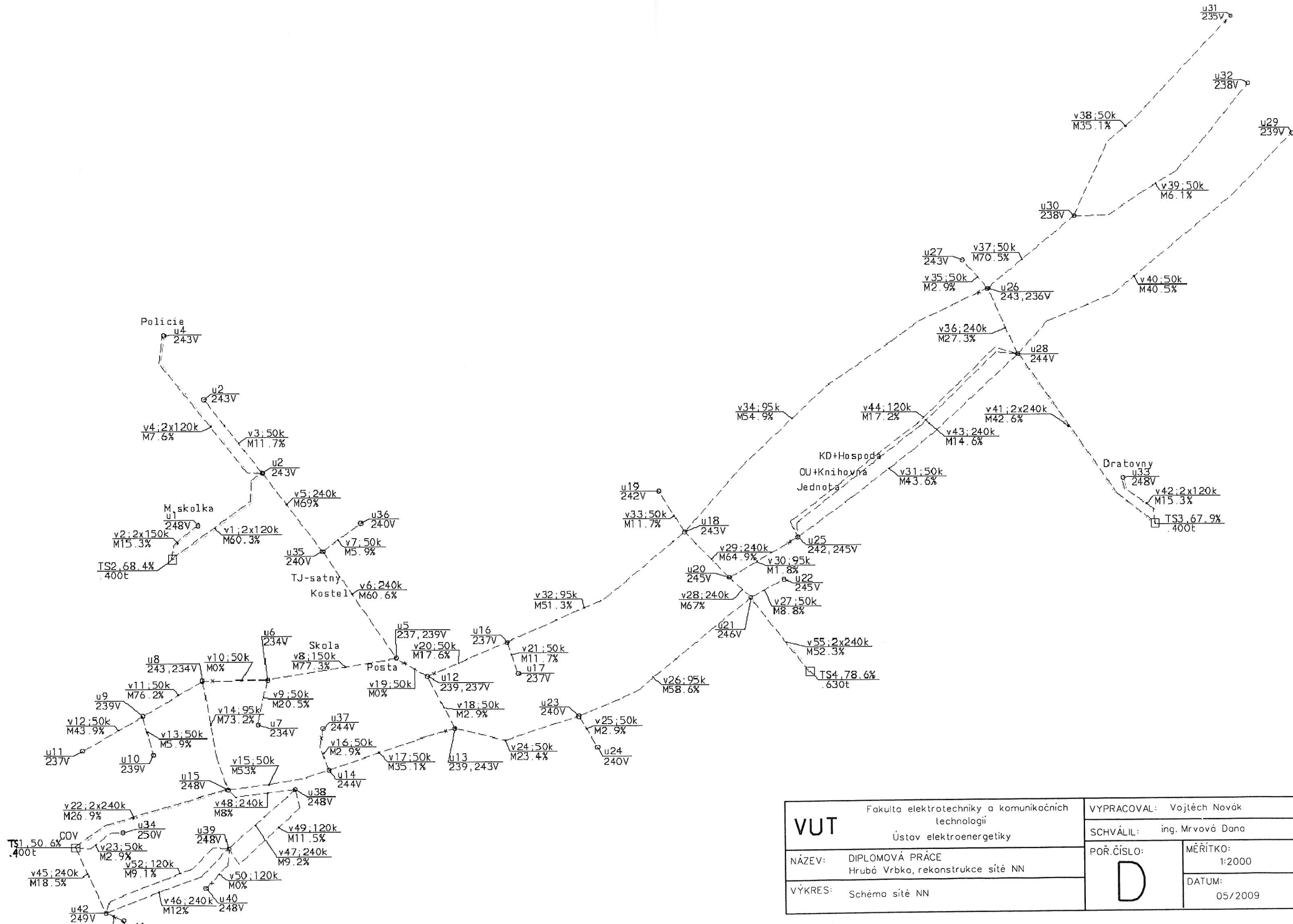
VUT	Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií		VYPRACOVAL: Vojtěch Novák	
	Ústav elektroenergetiky		SCHVÁLIL: ing. Mrvová Dana	
	NÁZEV: DIPLOMOVÁ PRÁCE Hrubá Vrbka, rekonstrukce sítě NN		POŘ.ČÍSLO:	MĚŘÍTKO: 1:2000
	VÝKRES: Schéma sítě NN		A	DATUM: 05/2009



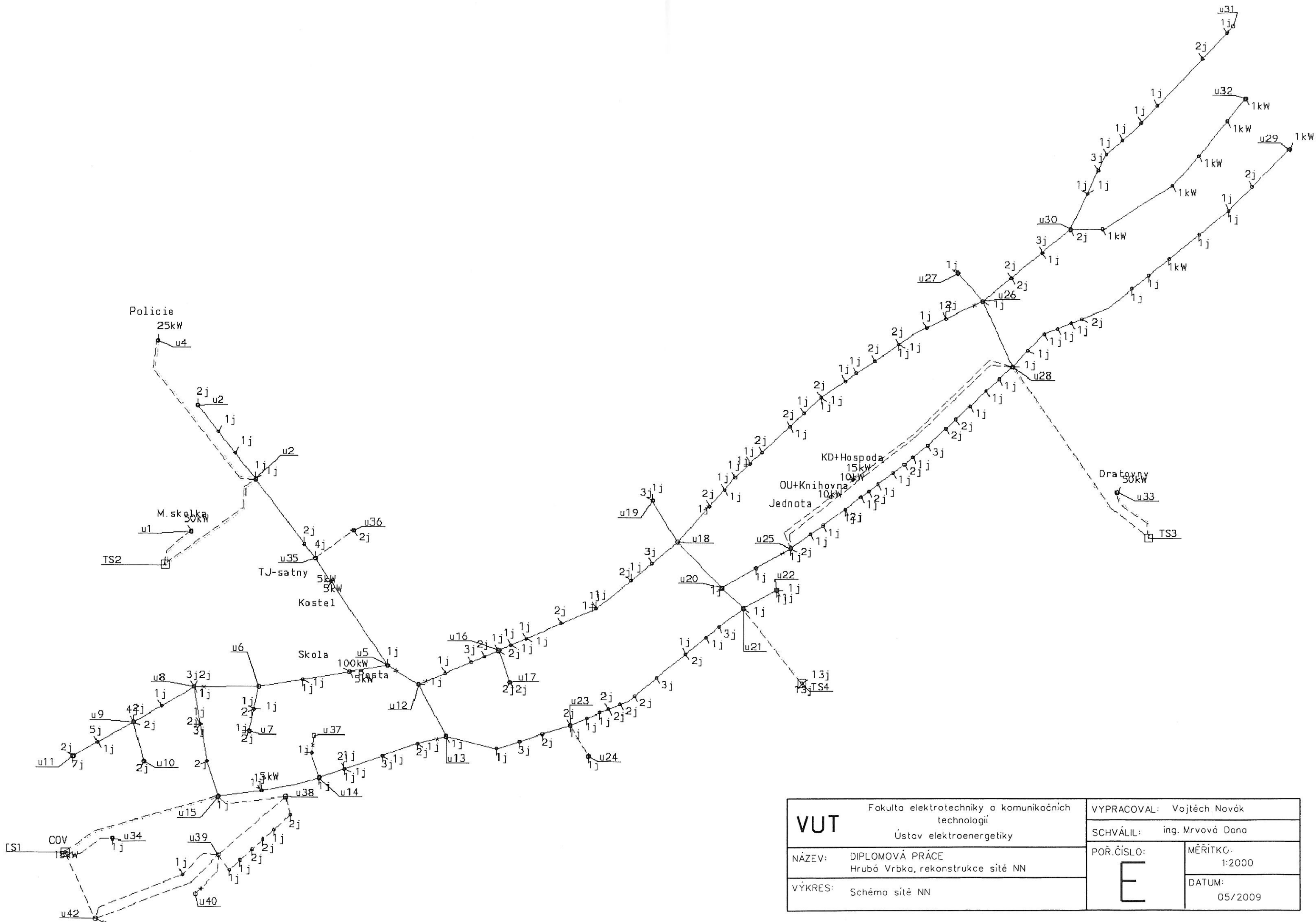
VUT	Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií	VYPRACOVAL: Vojtěch Novák	
	Ústav elektroenergetiky	SCHVÁLIL: ing. Mrvová Dana	
NÁZEV:	DIPLOMOVÁ PRÁCE Hrubá Vrbka, rekonstrukce sítě NN	POŘ.ČÍSLO: B	MĚŘÍTKO: 1:2000
VÝKRES:	Schéma sítě NN		DATUM: 05/2009



VUT		Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií Ústav elektroenergetiky		VYPRACOVAL: Vojtěch Navák	
NÁZEV: DIPLOMOVÁ PRÁCE Hrubá Vrbka, rekonstrukce sítě NN		SCHVÁLIL: ing. Mrvová Dana		MĚŘÍTKO: 1:2000	
VÝKRES: Schéma sítě NN		POŘ.ČÍSLO: C		DATUM: 05/2009	

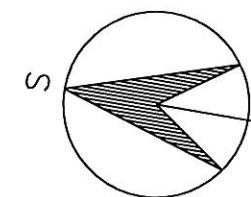
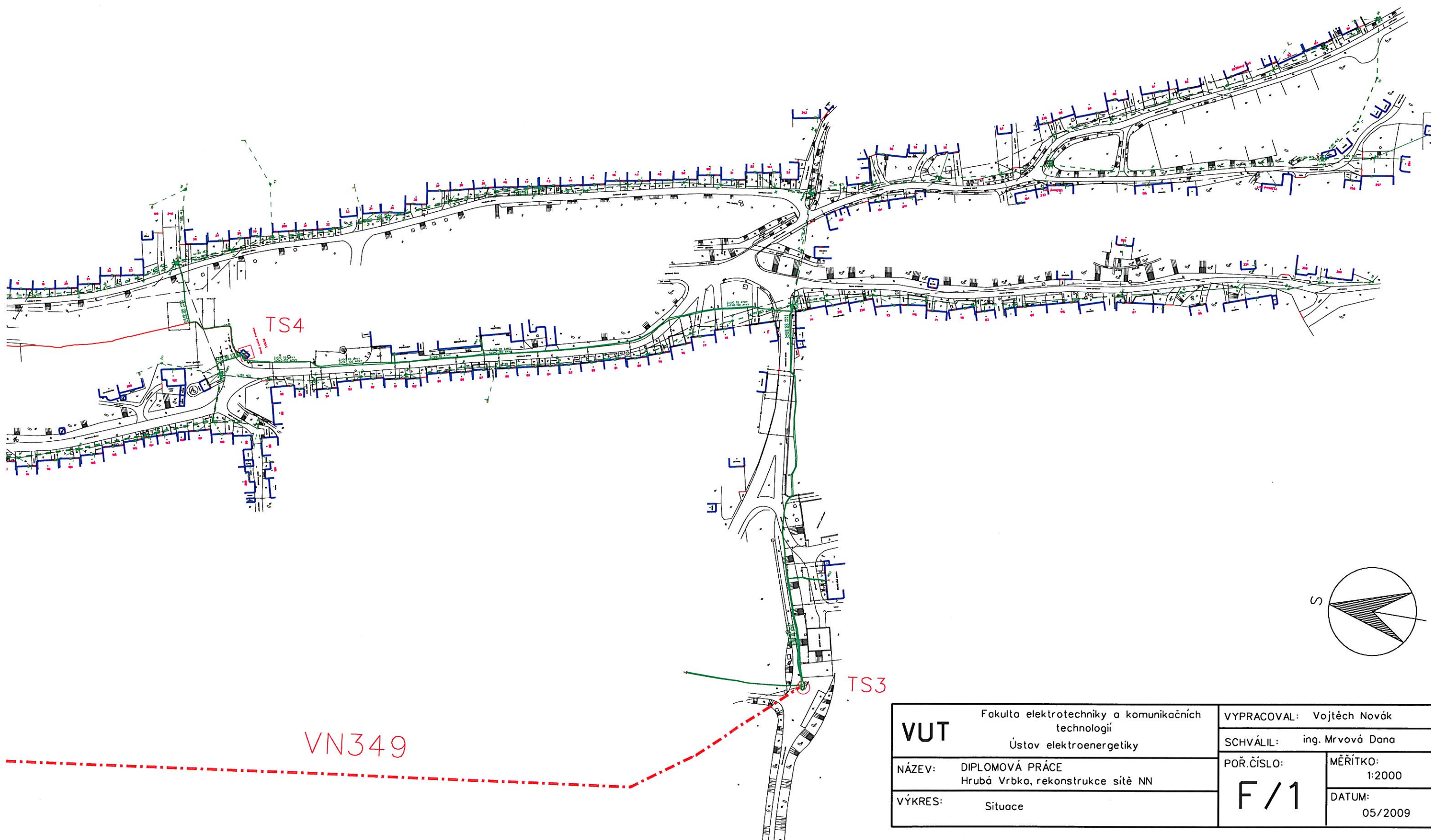


VUT Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií Ústav elektroenergetiky	VYPRACOVAL: Vojtěch Novák	
	SCHVÁLIL: ing. Mrvová Dana	
	POŘ.ČÍSLO:	MĚŘÍTKO: 1:2000
	NÁZEV: DIPLOMOVÁ PRÁCE Hrubá Vrbka, rekonstrukce sítě NN VÝKRES: Schéma sítě NN	D DATUM: 05/2009



VUT	Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií		VYPRACOVAL: Vojtěch Novák	
	Ústav elektroenergetiky		SCHVÁLIL: ing. Mrvová Dana	
NÁZEV:	DIPLOMOVÁ PRÁCE Hrubá Vrbka, rekonstrukce sítě NN		POŘ.ČÍSLO:	MĚŘITKO: 1:2000
VÝKRES:	Schéma sítě NN		E	DATUM: 05/2009

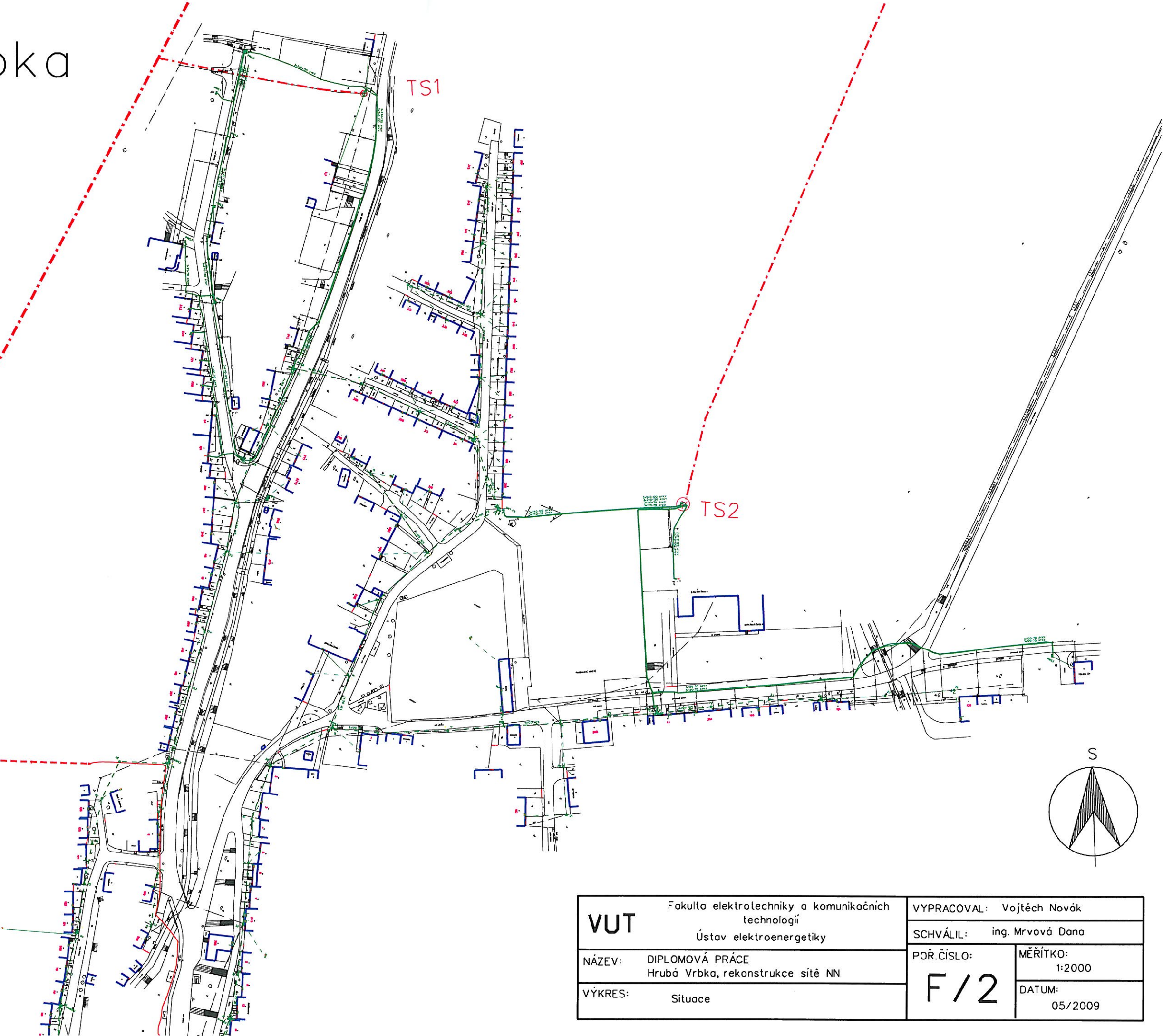
Hrubá Vrbka



VUT	Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií		VYPRACOVAL: Vojtěch Novák	
	Ústav elektroenergetiky		SCHVÁLIL: ing. Mrvová Dana	
NÁZEV:	DIPLOMOVÁ PRÁCE		POŘ.ČÍSLO:	MĚŘÍTKO:
	Hrubá Vrbka, rekonstrukce sítě NN			1:2000
VÝKRES:	Situace		F/1	DATUM:
				05/2009

Hrubá Vrbka

VN349 odb. Hrubá Vrbka



VUT	Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií		VYPRACOVAL: Vojtěch Novák	
	Ústav elektroenergetiky		SCHVÁLIL: ing. Mrvová Dana	
	NÁZEV: DIPLOMOVÁ PRÁCE Hrubá Vrbka, rekonstrukce sítě NN		POŘ.ČÍSLO:	MĚŘÍTKO: 1:2000
	VÝKRES: Situace		F/2	DATUM: 05/2009