

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**

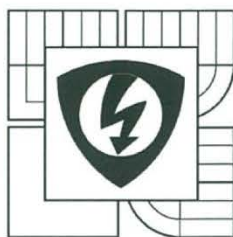
VYVEDENÍ VÝKONU Z ROZVODNY 110/22 KV MORAVANY U BRNA

**DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS**

**AUTOR PRÁCE
AUTHOR**

Bc. ALEŠ CHROMÍK

BRNO 2013



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav elektroenergetiky

Diplomová práce

magisterský navazující studijní obor
Elektroenergetika

Student: Bc. Aleš Chromík

Ročník: 2

ID: 119457

Akademický rok: 2012/13

NÁZEV TÉMATU:

Vyvedení výkonu z rozvodny 110/22 kV Moravany u Brna

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Zásady pro rozvoj a výstavbu sítí vn.
2. Teorie výpočtu ustáleného chodu sítí vn.
3. Napěťové a výkonové poměry v oblasti před vyvedením výkonu z transformátorů T101 a T102.
4. Návrh vyvedení výkonu z T101 do kabelové sítě 22 kV.
5. Návrh vyvedení výkonu z T102 do venkovní sítě 22 kV.
6. Napěťové a výkonové poměry v oblasti po vyvedení výkonu z transformátorů T101 a T102.
7. Návrh úprav sítě 22 kV a optimalizace její konfigurace po vyvedení výkonu z transformátorů T101 a T102.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

podle pokynů vedoucího práce

Termín zadání: 11.2.2013

Termín odevzdání: 24.5.2013

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

Konzultanti diplomové práce:


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 části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

Bibliografická citace práce:

CHROMÍK, A. Vyvedení výkonu z rozvodny 110/22 kV Moravany u Brna. Diplomová práce. Brno: Ústav elektroenergetiky FEKT VUT v Brně, 2013, 105 stran.

Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této diplomové práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. Díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

.....

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat Ing. Janu Benešovi ze společnosti E.ON za odbornou pomoc a poskytnuté materiály důležité k tvorbě při zpracování této diplomové práci. Dále bych rád Poděkoval doc. Ing. Vladimíru Blažkovi, CSc. za účinnou metodickou a pedagogickou pomoc této diplomové práce.

.....



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ



Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií

Ústav elektroenergetiky

Diplomová práce

Vyvedení výkonu z rozvodny 110/22 kV Moravany u Brna

Bc. Aleš Chromík

vedoucí: doc. Ing. Vladimír Blažek, CSc.

Ústav elektroenergetiky, FEKT VUT v Brně, 2013

Brno



BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

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

Master's Thesis

Feeding power out of 110/22 kV Moravany u Brna substation

by

Bc. Aleš Chromík

Supervisor: doc. Ing. Vladimír Blažek, CSc.

Brno University of Technology, 2013

Brno

ABSTRAKT

Cílem diplomové práce je návrh a rekonstrukce distribuční sítě vn pro společnost E.ON se zaměřením na výpočet ustáleného chodu a naplňování nových kabelových vývodů z transformační stanice Moravany u Brna.

V první části teoretického rozboru se práce zabývá zařazením distribuční sítě v elektrizační soustavě a zásadami pro rozvoj a výstavbu sítí vn. Druhá část obsahuje obecný výpočet ustáleného chodu distribuční elektrické sítě a seznámení se s programem PAS Off - Line Bizon V 4.0.

Praktická část diplomové práce je zaměřena na výpočet ustáleného chodu pomocí programu PAS Off - Line Bizon V 4.0 za současného stavu transformační stanice Moravany u Brna. Dále je v práci uveden návrh šesti nových kabelových linek, jejichž důvodem výstavby je posílení rozvodu elektrické energie v jižní části města Brna. Závěr praktické části práce tvoří rekonstrukce venkovního a kabelového vedení připojeného k transformační stanici Moravany u Brna a následné provedení výpočtu jejich ustáleného chodu.

KLÍČOVÁ SLOVA: Distribuční síť, elektrická síť, vysoké napětí, ustálený chod, kabelové vedení, venkovní vedení, transformační stanice

ABSTRACT

The aim of this Master's thesis is the design and reconstruction of the high voltage distribution network for the company E. ON with focus on calculation of the stabilized operation and on the planning of new cable taps from the transformer substation Moravany u Brna.

The first part of the theoretical analysis of the work deals with the inclusion of the distribution network into the power system and with principles of development and construction of high voltage networks. The second part includes a general calculation of stabilized operation of the power distribution network and a familiarization with the program PAS Off - Line Bison 4.0.

The practical part of the thesis is focused on the calculation of the stabilized operation at the current state of transformer substation Moravany u Brna using the PAS Off - Line Bison 4.0 V programme. This part also contains the design of six new cable lines which are needed to strengthen the power distribution in the southern part of the city Brno. The closing part of this chapter constitutes of a outdoor and indoor cable line renovation. These cables are connected to the transformer substation Moravany u Brna and a calculation of stabilized operation is also included in this part.

KEY WORDS: Distribution network, electrical network, high voltage, stabilized operation, cable lines, overhead line, transformer substation

OBSAH

SEZNAM OBRÁZKŮ.....	11
SEZNAM TABULEK	13
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	15
1 ÚVOD	17
1.1 CÍLE PRÁCE	17
2 HISTORIE ROZVOJE ČESKÉ ELEKTRIZAČNÍ SOUSTAVY.....	18
3 ELEKTRIZAČNÍ SOUSTAVA (ES).....	19
3.1 ROZDĚLENÍ ELEKTRIZAČNÍ SOUSTAVY:.....	19
3.2 ELEKTRICKÉ SÍTĚ A JEJÍCH NAPĚTÍ	19
3.3 ELEKTRICKÉ VEDENÍ V DISTRIBUČNÍ SÍTI.....	21
3.3.1 VENKOVNÍ VEDENÍ	21
3.3.2 KABELOVÉ VEDENÍ	22
3.3.3 DĚLENÍ SÍTÍ VN A NN	23
3.4 ROZDĚLENÍ ELEKTRICKÝCH STANIC	25
3.4.1 TRANSFORMOVNY	25
3.4.2 ROZDĚLENÍ PODLE PŘEVODNÍCH NAPĚTÍ PRO NAPÁJENÍ DVOU SÍTÍ:	25
3.4.3 SPÍNACÍ STANICE	26
3.4.4 MĚNÍRNY	27
3.4.5 KOMPENZAČNÍ STANICE	27
3.4.6 KOLEKTORY	27
3.5 ZÁKLADNÍ POŽADAVKY DISTRIBUČNÍ SÍTĚ	27
3.5.1 KVALITA DODÁVANÉ ELEKTRICKÉ ENERGIE	28
3.5.2 SPOLEHLIVOST DODÁVKY ELEKTRICKÉ ENERGIE	28
3.5.3 HOSPODÁRNOST.....	28
3.5.4 BEZPEČNOSTI ZAŘÍZENÍ A OSOB	29
4 ZÁSADY PRO ROZVOJ A VÝSTAVBU SÍTÍ VN.....	30
4.1 DŮLEŽITÉ ZÁSADY PRO ŘEŠENÍ VÝSTAVBY DISTRIBUČNÍ SÍTĚ	30
4.1.1 DIMENZOVÁNÍ DISTRIBUČNÍCH SÍTÍ.....	30
4.2 KONCEPCE KABELOVÉHO VEDENÍ V SÍTI VN.....	31
4.2.1 ZPŮSOB NÁVRHU KABELOVÉHO VEDENÍ POUŽÍVANÝCH V SÍTÍCH	31
4.2.2 DĚLENÍ VYSOKONAPĚŤOVÝCH KABELŮ S IZOLACÍ ZE ZESÍTĚNÉHO POLYETYLÉNU:.....	31
4.2.3 KABELOVÉ VODIČE VYUŽÍVANÉ VE SPOLEČNOSTI E.ON	32
4.2.4 ULOŽENÍ KABELOVÉHO VEDENÍ DO MULTIKANÁLU	32
4.3 KONCEPCE VENKOVNÍHO VEDENÍ V SÍTI VN	34
4.3.1 ROZDĚLENÍ ÚSEKŮ VENKOVNÍHO VEDENÍ.....	35
4.3.2 PROVEDENÍ VENKOVNÍHO VEDENÍ.....	36
4.3.3 PODPĚRY VENKOVNÍHO VEDENÍ	37
4.3.4 VENKOVNÍ VODIČE VYUŽÍVANÉ VE SPOLEČNOSTI E.ON.....	37
4.4 KONCEPCE TRANSFORMAČNÍCH STANIC.....	38
4.4.1 TRANSFORMAČNÍ STANICE VVN/VN.....	38
4.4.2 TRANSFORMAČNÍ STANICE VN/NN.....	38

4.4.3 ZÁKLADNÍ FAKTORY PRO VÝBĚR DISTRIBUČNÍ TRANSFORMAČNÍ STANICE	39
4.5 ZPŮSOBY PŘIPOJENÍ ODBĚRATELŮ DO DISTRIBUČNÍ SÍTĚ VN.....	40
4.5.1 ZDROJ NAPÁJENÍ JE ZE DVOU VSTUPNÍCH TRANSFORMOVEN 110/22 kV	40
4.5.2 ZDROJ NAPÁJENÍ JE Z JEDNÉ VSTUPNÍ TRANSFORMOVNY 110/22 kV	40
4.5.3 ZDROJ NAPÁJENÍ JE ZE VSTUPNÍ SPÍNACÍ STANICE 110/22 kV.....	41
4.6 KRITÉRIA PRO NÁVRH ELEKTRICKÝCH SÍTÍ VN VE SPOLEČNOSTI E.ON.....	42
5 VÝPOČET USTÁLENÉHO CHODU SÍTĚ VN.....	43
5.1 VÝPOČTY ŘEŠENÍ USTÁLENÉHO CHODU.....	43
5.1.1 PŘI VÝPOČTU ELEKTRICKÉ SÍTĚ VN UVAŽUJEME NĚKOLIK PŘEDPOKLADU PRO ZJEDNODUŠENÍ	43
5.1.2 OBECNÁ METODA ŘEŠENÍ UZLOVÝCH SÍTÍ JAKO LINEÁRNÍ ÚLOHA	44
5.1.3 PRAKTICKÁ METODA VÝPOČTU USTÁLENÉHO CHODU JAKO NELINEÁRNÍ ÚLOHA	47
5.1.4 ITERAČNÍ METODY PRO ŘEŠENÍ USTÁLENÉHO CHODU SÍTĚ	48
6 PROGRAM PAS DAISY OFF-LINE V. 4.00 BIZON	56
6.1 VÝPOČETNÍ METODY PAS DAISY OFF-LINE BIZON.	57
6.1.1 VÝPOČET USTÁLENÉHO CHODU SÍTĚ (LFOFF).....	57
6.1.2 VÝPOČET ZKRATOVÝCH POMĚRŮ SÍTĚ – ZKOFF	57
6.1.3 VÝPOČET ZABEZPEČENOSTI CHODU SÍTĚ (CNOFF)	57
6.1.4 VÝPOČET TOPOLOGIE	57
7 POPIS TRANSFORMAČNÍ STANICE MORAVANY U BRNA	58
7.1 VYVEDENÍ JEDNOTLIVÝCH VÝVODŮ Z ROZVODNY MORAVANY:	58
7.2 POPIS VENKOVNÍHO VEDENÍ VVN DO ROZVODNY MORAVANY	59
7.3 TECHNICKÉ ŘEŠENÍ TRANSFORMÁTORŮ ROZVODNY MORAVANY	60
7.4 TECHNICKÉ ŘEŠENÍ ROZVODNY 22 kV MORAVANY	61
7.5 OCHRANY A ŘÍDICÍ SYSTÉMY	62
7.6 TLUMIVKY	62
7.7 VLASTNÍ SPOTŘEBA	63
8 VÝPOČET USTÁLENÉHO CHODU ROZVODNY 110/22 KV MORAVANY U BRNA V ROCE 2012.....	64
8.1 POPIS JEDNOTLIVÝCH VEDENÍ Z ROZVODNY MORAVANY V ZAČÁTKU ROKU 2012.	64
8.2 VÝSLEDKY VÝPOČTU USTÁLENÉHO CHODU PRO ROZVODNU MOB9 NA ZAČÁTKU ROKU 2012.....	66
9 VÝPOČET AKTUÁLNÍHO STAVU USTÁLENÉHO CHODU ROZVODNY 110/22 KV MORAVANY U BRNA	69
9.1 POPIS VÝSTUPNÍCH VEDENÍ Z ROZVODNY MORAVANY PRO AKTUÁLNÍ STAV V ZAČÁTKU ROKU 2013.....	69
9.2 VÝSLEDKY VÝPOČTU USTÁLENÉHO CHODU PRO ROZVODNU MOB9 V AKTUÁLNÍM STAVU	72
9.2.1 VÝSLEDNÉ HODNOTY ZATÍŽENÍ VYBRANÝCH VEDENÍ V SOUČASNÉM STAVU.	74
9.3 KONTROLA VÝSTUPNÍCH HODNOT Z VÝPOČTU USTÁLENÉHO CHODU SOUVISEJÍCÍ Z ROZVODNY MORAVANY V AKTUÁLNÍM STAVU.....	75
9.3.1 VÝSLEDKY KONTROLY NAPĚTÍ JEHO POKLESU A PŘEPĚTÍ Z ROZVODNY MOB9.	75
9.3.2 VÝSLEDKY KONTROLY ZATÍŽENÍ KABELŮ, VEDENÍ A TRANSFORMÁTORŮ.....	76
9.4 SHRUTÍ SOUČASNÉHO STAVU ROZVODNY MORAVANY U BRNA OPROTI ZAČÁTKU ROKU 2012	76

9.5 EKONOMICKÉ VYHODNOCENÍ SOUBORU STAVEB ROZVODNY MORAVANY U BRNA.	77
10 PLÁNUJÍCÍ STAV VÝVODOVÝCH LINEK Z ROZVODNY MORAVANY U BRNA.....	78
10.1 NÁVRH KABELOVÉ LINKY VN241 I A VN241 II Z ROZVODNY MOB9.....	78
10.2 NÁVRH KABELOVÉ LINKY VN1272 I A VN1272 II Z ROZVODNY MOB9.....	80
10.3 NÁVRH KABELOVÉ LINKY VN289 A VN288 Z ROZVODNY MOB9.....	81
10.4 VÝPOČET USTÁLENÉHO CHODU PRO NOVÁ KABELOVÁ VEDENÍ Z ROZVODNY MOB9.....	84
10.5 SHRNUÍ VÝSLEDKŮ PLÁNUJÍCÍCH NOVÝCH KABELOVÝCH LINEK VN 241 I, II; VN 1272 I, II; VN289 A VN288	87
10.6 NÁVRH KABELOVÉ LINKY VN241 IA, VN241 IB Z ROZVODNY MOB9.....	88
10.6.1 VÝPOČET USTÁLENÉHO CHODU PRO KABELOVÉ VEDENÍ VN241 IB Z ROZVODNY MOB9. .	88
10.6.2 SHRNUÍ VÝSLEDKŮ KABELOVÉ LINKY VN241 IB Z ROZVODNY MOB9.....	91
10.7 NÁVRH A ÚPRAVA NAPÁJENÍ VENKOVNÍ LINKY VN162 A VN166, Z ROZVODNY MOB9	92
10.7.1 VÝPOČET USTÁLENÉHO CHODU PRO VENKOVNÍ VEDENÍ VN162 A VN166.	94
10.7.2 SHRNUÍ VÝSLEDKŮ KABELOVÉ A VENKOVNÍ LINKY VN162 A VN166 Z ROZVODNY MOB9	96
11 NÁVRH NAPÁJENÍ KABELOVÉ A VENKOVNÍ LINKY VN164 Z ROZVODNY MOB9	98
11.1 VÝPOČET USTÁLENÉHO CHODU PRO KABELOVÉ A VENKOVNÍ VEDENÍ VN164.....	98
11.2 SHRNUÍ VÝSLEDKŮ KABELOVÉ A VENKOVNÍ LINKY VN164 Z ROZVODNY MOB9	100
12 ZÁVĚR.....	102
POUŽITÁ LITERATURA	104
SEZNAM PŘÍLOH.....	105

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 3-1. Zjednodušená struktura elektrizační soustavy.....	19
Obr. 3-2. Ukázka vedení vn v městské síti [5].....	20
Obr. 3-3. Ukázka venkovního vedení (kombinované lano).	22
Obr. 3-4. Ukázka paprskové sítě [6].....	23
Obr. 3-5. Ukázka okružní sítě [6].....	24
Obr. 3-6. Ukázka průběžné sítě [6].....	24
Obr. 3-7. Ukázka mřížové sítě [6].....	25
Obr. 4-1. Příklad uložení multikanálu v zemi.	33
Obr. 4-2. Nejvíce využívané multikanály od firmy SITEL.....	33
Obr. 4-3. Příklad zatahování kabelů vn do multikanálu.	34
Obr. 4-4. Uložení kabelu VN do multikanálu [10].....	34
Obr. 4-5. Zjednodušený náhled na úseky venkovní vedení [10].	36
Obr. 4-6. Připojení distribučních transformoven do sítě vn, pro stupeň spolehlivosti I [3].....	40
Obr. 4-7. Připojení distribučních transformoven do sítě VN [3].....	41
Obr. 5-1 K metodě uzlových napětí [4].....	44
Obr. 5-2. Fázorový diagram, proud je zpožděn za napětím.....	47
Obr. 7-1. Místo kde leží nová rozvodna Moravany u Brna [20].....	58
Obr. 7-2. Napojení rozvodny 110 kV Moravany z odbočného stožáru 110 kV [20].....	59
Obr. 7-3. Napájení rozvodny 110 kV Moravany [20].	60
Obr. 7-4. Omezovače přepětí na vstupu rozv. 110 kV Moravany [20].	60
Obr. 7-5. Pohled na prostor pro transformátory 110/22 kV v TS Moravany.....	60
Obr. 7-6. Pohled na rozvaděče vývodových polí rozvodny 22 kV Moravany.	61
Obr. 7-7. Pohled na zhášecí tlumivku a odporník pro transformátor T101 v rozvodně Moravany.	63
Obr. 8-1. Vývody vedení z rozvodny Moravany na začátku roku 2012 s dispeč. schématu sítě VN.	65
Obr. 8-2. Přehledová mapa umístění jednotlivých tras vedení a odběratelů související s rozvodnou MOB9 na začátku roku 2012.	66
Obr. 9-1. Vývody vedení z rozvodny Moravany v roce 2013 s dispečerského schématu sítě VN .	69
Obr. 9-2. Přehledová mapa umístění jednotlivých tras vedení a odběratelů související s rozvodnou MOB9 na začátku roku 2013.	71
Obr. 9-3. Ukázky kontrol výpočtů el. sítě z programu Bizon.	75
Obr. 10-1. Návrhy uložení nových linek VN241 I, II; VN1272 I, II; VN289 a VN288 v mapě.	79

Obr. 10-2. Zakreslení plánovaných linek VN241 I, II; VN1272 I, II v dispečerském schématu.	80
Obr. 10-3. Zakreslení plánovaných linek VN288, VN289 a VN241 IA, IB v dispečer. Schématu.	82
Obr. 10-4. Znázornění nových tras linek VN288, VN289 a VN241 IA, IB v mapě.	83
Obr. 10-5. Označení napájení venkovní linky VN162 z rozvodny MOB9 v dispečerském schématu, 1 část.	93
Obr. 10-6. Označení napájení venkovních linek VN166 a VN162 z rozvodny MOB9 v dispečerském schématu, 2 část.	93
Obr. 10-7. Označení úseků venkovní linky VN166 z rozvodny SO9 v dispečerském schématu.	94
Obr. 11-1. Označení napájení linky VN165 z rozvodny MOB9 v dispečerském schématu.	98

SEZNAM TABULEK

Tab. 4-1. Průřezy kabelového vedení využívané ve společnosti E. ON.....	32
Tab. 4-2. Seznam parametru kabelového vedení NA2XS(F)2Y, pro zvolené průřezy [14].....	32
Tab. 4-3. Seznam parametru kabelového vedení AXEKVCEY, pro zvolené průřezy [14].....	32
Tab. 4-4. Průřezy venkovního vedení využívané ve společnosti E.ON.....	37
Tab. 4-5. Parametry jednotlivých průřezů venkovního vedení SAX-W [16].....	37
Tab. 4-6. Kontrolní parametry uvažované při výpočtu sítí VN [10].....	42
Tab. 5-1. Znaménková konvence u činného a jalového výkonu v i-tém uzlu ES [7].....	47
Tab. 7-1. Názvy vedení z rozvodny Moravany v I. etapě (současný stav) [19].....	58
Tab. 7-2. Názvy vedení z rozvodny Moravany ve výhledové II. etapě (budoucí stav) [19].....	59
Tab. 7-3. Parametry rozvodny 110 kV Moravany [19].....	59
Tab. 7-4. Parametry rozvodny 22 kV Moravany [19].....	61
Tab. 7-5. Popis aktuálních vývodových polí z rozvodny 22 kV Moravany [19].....	62
Tab. 7-6. Parametry zhášecí tlumivky s plynulou regulací pro transformátor T101.....	62
Tab. 8-1. Vybrané kmenové linky, jejich proudy a výkony.....	67
Tab. 8-2. Rozpočítané odběry a napěťové poměry odběratelů ve vybraných kmenových linkách.....	68
Tab. 8-3. Zatížení zvolených transformačních stanic.....	68
Tab. 9-1. Vybrané kmenové linky, jejich proudy a výkony v aktuálním stavu.....	72
Tab. 9-2. Rozpočet odběrů ve vybraných uzlech kmenových linek v aktuálním stavu.	73
Tab. 9-3. Zatížení zvolených transformačních stanic v aktuálním stavu.....	73
Tab. 9-4. Zatížení vybraných úseků kabelových a venkovních vedení v aktuálním stavu.	74
Tab. 9-5. Investiční náklady v I etapě [19].....	77
Tab. 9-6. Předpokládané investiční náklady v II etapě [19].....	77
Tab. 10-1. Zatížení transformátoru T102 v rozvodně MOB9 při vyvedení linek VN241 I, II; VN1272 I, II; VN288 a VN289.	84
Tab. 10-2. Proud. zatížení vybraných úseků v linkách VN241 I, II; VN1272 I, II; VN288 a VN289	85
Tab. 10-3. Parametry odběratelů v kabelové lince VN241 I, II; VN1272 I, II; VN288 a VN289 ..	86
Tab. 10-4. Výpočet zatížení transformátoru T102 v rozvodně MOB9 při vyvedení linky VN241 IB.	89
Tab. 10-5. Vypočítané parametry odběratelů v kabelové lince VN241 IB.....	90
Tab. 10-6. Proudové zatížení vybraných kabelových úseků linky VN241 IB a KM v Bohunicích.....	91
Tab. 10-7. Výpočet zatížení transf. T101 v rozvodně MOB9 při napájení linek VN162 a VN166.....	94
Tab. 10-8. Proudové zatížení úseků linek VN162 a VN166, přes napájení linky VN1275.....	95

<i>Tab. 10-9. Proudové zatížení úseků linky VN166, přes napájení linek VN1275 a VN164.....</i>	<i>95</i>
<i>Tab. 10-10. Vypočítané parametry odběratelů venkovních linek VN162 a VN166.</i>	<i>96</i>
<i>Tab. 11-1. Proudové zatížení vybraných kabelových a venkovních úseků linky VN164.</i>	<i>99</i>
<i>Tab. 11-2. Výpočet zatížení transf. T101 v rozvodně MOB9 při napájení linky VN164.</i>	<i>99</i>
<i>Tab. 11-3. Vypočítané parametry odběratelů v kabelové a venkovní linky VN164.</i>	<i>100</i>

SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK

ČSN	česká státní norma	(--)
BOB9	transformační stanice Bohunice	(--)
BNJ9	spínací stanice jih Brno	(--)
BNT9	transformační stanice Teplárny Brno	(--)
DS	distribuční soustava	(--)
DT	distribuční transformátor	(--)
DTS	distribuční transformační stanice	(--)
E.ON	energetická společnost	(--)
ES	elektrizační soustava	(--)
i_0	procentní proud naprázdno	(%)
$\bar{i}_1$	fázor proudu v i- tém uzlu soustavy	(A)
$\bar{I}_1^*$	komplexně sdružený fázor proudu	(A)
$\bar{I}_{ij}$	fázor proudu mezi uzly i a j	(A)
J	matice parciálních derivací (Jacobián)	(--)
k	pořadí iterace	(--)
KM	kmenová linka	(--)
KV9	transformační stanice Komárov	(--)
l	délka vedení	(m)
MOB9	transformační stanice Moravany	(--)
NN (nn)	nízké napětí	(--)
P	činný výkon	(W)
PAS	systém venkovního vedení s izolovanými vodiči	(--)
P_i	činný výkon v i-tém uzlu soustavy	(W)
PS	přenosová síť	(--)
Q	jalový výkon	(VAr)
Q_i	jalový výkon v i-tém uzlu soustavy	(VAr)
S	průřez vedení	(mm ²)
SAX	typ izolovaného vodiče vn	(--)
$\bar{S}_i$	zdánlivý výkon v i-tém uzlu soustavy	(VA)
$\bar{S}_i^*$	komplexně sdružený fázor zdánlivého výkonu	(VA)
S_n	jmenovitý zdánlivý výkon	(VA)

SO9	transformační stanice Sokolnice	(--)
TS	transformační stanice	(--)
$\bar{U}_i$	fázor napětí v uzlu i	(V)
$\bar{U}_i^*$	komplexně sdružený fázor zdánlivého výkonu	(V)
u_k	procentní napětí na krátko	(%)
U_n	jmenovité napětí (sdružené)	(V)
VN (vn)	vysoké napětí	(--)
VR	vstupní rozvodna	(--)
VVN	velmi vysoké napětí	(--)
X_k	induktivní reaktance vedení na jednotku délky	(Ω/km)
$\bar{y}$	komplexní podélná admitance	(S)
$\bar{Y}_{ij}$	podélná admitance mezi uzly i a j	(S)
$\bar{Y}_k$	příčná admitance vedení na jednotku délky	(S/km)
$\bar{Z}_k$	podélná impedance vedení na jednotku délky	(Ω/km)
α	fázový posun fázoru proudu vůči reálné ose	(°)
ΔP_0	ztráty činného výkonu naprázdno	(W)
ΔP_i	diference činného výkonu v i-tém uzlu soustavy	(W)
ΔP_k	ztráty činného výkonu nakrátko	(W)
ΔQ_0	ztráty jalového výkonu naprázdno	(VAr)
ΔQ_i	diference jalového výkonu v i-tém uzlu soustavy	(VAr)
ΔQ_k	ztráty jalového výkonu nakrátko	(VAr)
$\Delta \bar{U}_i$	diference fázoru napětí v i-tém uzlu soustavy	(V)
$\Delta \delta_i$	diference fázového posunu napětí v i-tém uzlu soustavy	(°)
δ	fázový posun fázoru napětí vůči reálné ose	(°)
ε	zadaná přesnost výpočtu	(--)
φ	fázový posun mezi fázory napětí a proudu	(°)

1 ÚVOD

Elektrizační soustava představuje komplex elektrických zařízení, které výrazně ovlivňují technický rozvoj průmyslu i životní úroveň obyvatelstva a tvoří nedílnou součást elektroenergetických systémů. S rostoucím požadavkům na množství, kvalitu a spolehlivost dodávky elektrické energie je nutné stále rozšiřovat její výrobu, tím pádem se musejí rozšiřovat a rekonstruovat elektrické sítě, jako jsou spínací a transformační stanice, a jejich vedení. Samostatným důležitým hlediskem je v dnešní době i kvalita elektrické energie a to především díky množství používaných odběrů, které v elektrické síti zapříčiňují rušivé jevy jako je např. nesymetrie zatížení u trojfázové soustavy, kolísavá frekvence a neposlední řadě i kolísavé napětí. Kde je nutné tyto problémy jak u přenosové, tak i u distribučních sítí odstraňovat.

Vedle přenosových a distribučních sítí, dnes tvoří prakticky samostatnou větev rozvodné soustavy průmyslové, městské sítě a bytové zástavby kolem měst, kde se neustále zvyšuje spotřeba elektrické energie.

Projektování elektrických sítí má velmi četná a složitá pravidla koncepce zauzlených el. sítí. Kde je nutné vytvořit situační schémata pomocí simulace nebo optimalizace abychom mohli, vytvářet schémata dané elektrické sítě je důležité nejprve stanovit výpočty například spolehlivosti sítě anebo zkratových účinků sítě na jednotlivé prvky elektrické soustavy (transformátory, vedení, atd.).

1.1 Cíle práce

Hlavním cílem práce je navrhnout v distribuční soustavě v Brně, nové kabelové vývody z rozvodny 110/22 kV Moravany u Brna za účelem odlehčení transformační stanice Komárov a Bohunice a provést některé úpravy, již stávajícího venkovního a kabelového vedení, které by mohly sloužit pro napájení z rozvodny Moravany. Výchozími hodnotami pro posouzení budou právě hodnoty ustáleného chodu z programu PAS Off - Line Bizon. Kde ověříme především proudové zatížení nových i stávající linek a napěťové poměry napájecí uzlů (vn/nn). Pokud zjistíme, že některé prvky budou přetíženy podle koncepce distribuční sítě VN stanovených podle společnosti E.ON, tak následně navrhne změny, které budou vyhovovat.

Všechny návrhy a úpravy kabelových a venkovních linek vyplívají z teoretického předpokladu, kde je úkolem se seznámit s teorií rozvojem a návrhu distribuční sítě VN a obecným postupem výpočtu ustáleného chodu elektrických sítí VN.

2 HISTORIE ROZVOJE ČESKÉ ELEKTRIZAČNÍ SOUSTAVY

První přenos, který lze srovnat s dnešním přenosem elektrické energie, se uskutečnil v roce 1882 v Německu a to podle návrhu francouzského fyzika Marcela Depré. Tato elektrická energie byla přenášena na vzdálenost 57 km prostřednictvím stejnosměrného proudu s účinností okolo 22%. Po vynálezech transformátoru a asynchronního motoru, byl v roce 1891 proveden první přenos střídavého proudu o délce 175 km s napětím 15 kV a výkonem 200 kVA. To mezi Laurencem a Frankfurtem. Zařízení v Laubemu tvořila vodní turbína, kdy se přes alternátor vytvořil střídavý proud o výkonu 200 kVA, o napětí 95 V a transformátor s převodem 95/15000 V. Ve Frankfurtu se napětí transformací snížilo a přenesené energie se použilo k pohonu asynchronního motoru a k napájení osvětlovacího zařízení [1], [2].

Prvním výrazným využitím elektřiny v českém území bylo zavádění elektrického osvětlení. V roce 1881 postavil T. A. Edison jako první v Evropě elektrickou centrálu v Janáčkově divadle v Brně. Zasluhou Františka Křižíka zazářilo v roce 1882 prvních sedm obloukových lamp před Staroměstskou radnicí v Praze. V roce 1889 postavil první veřejná elektrárnu na Žižkově, která představovala stejnosměrný přenos napětí a to nejčastěji 120 V a byly určena přímo k prodeji.

Na konci devatenáctého století se na našem území začalo užívat střídavého proudu. První větší elektrárnou, která produkovala střídavý proud byla pražská elektrárna v Holešovicích [1].

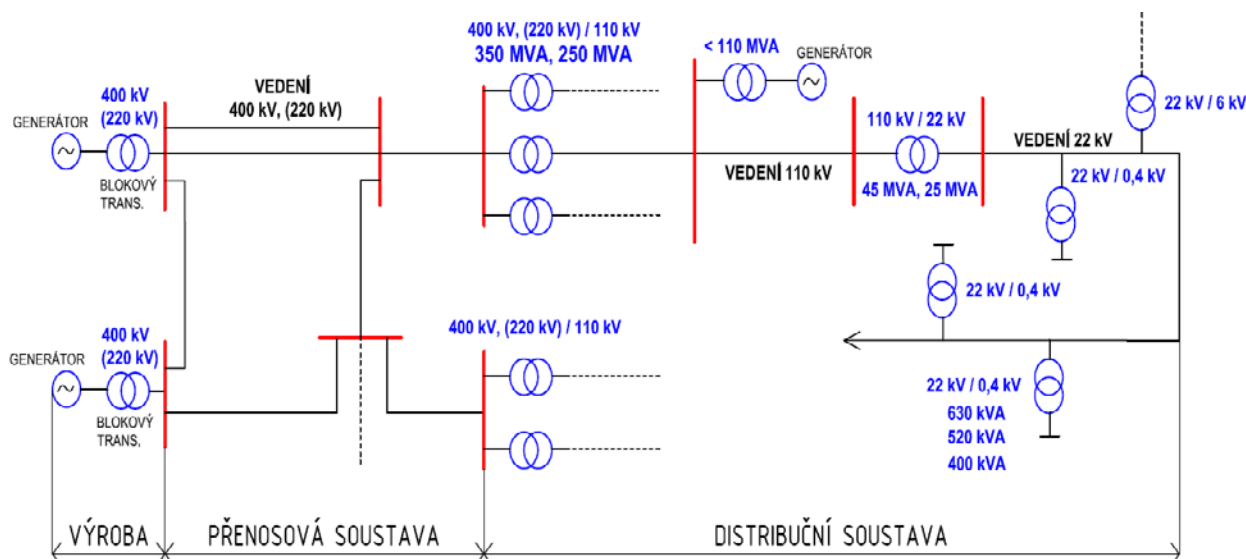
Hlavní vývoj české elektroenergetiky se stál 22. června 1919, kdy byl schválen zákon o vzniku užitečných elektrárenských společností. Spočívala v povinnosti zásobovat elektřinou v určitém území každého, kdo o to požádá (přístup k elektrické energii se pohyboval kolem 34 % obyvatel). Začaly vznikat malé elektrárny s vnitřními distribučními sítěmi. Větší rozvoj sítě v Česku pokračoval po první světové válce, kde prudce rostla poptávka po elektřině. Na území České Republiky, byla zavedena proudová třífázová soustava 50 Hz s napětím 3 x 380/220 V. Na konci 20. let bylo vytvořeno 20 užitečných elektrárenských společností, kde jejich elektrický proud byl přístupný již pro 70% obyvatel. Přibližná cena jedné kilowatthodiny byla 3,37 Kč, až od roku 1937 se cena pohybovala 0,31 Kč/kW. Pokračující vývoj elektrifikace, byla přerušena 2. světovou válkou. Po druhé světové válce vývoj pokračoval byly vybudovány další velké elektrárny Třebonice, Oslavany, Kolín, elektrárna na Vltavě. Na konci roku 1930 mělo přístup elektrické energie 90 procent obyvatel. Největší využití elektřiny bylo pro osvětlení [2].

Po v roce 1946 byly zřízeny České energetické závody, které sloužily jako prostředník mezi ministerstvem průmyslu a jednotlivými elektrárenskými podniky. Nejdůležitější byl rozvoj výměny elektřiny s okolními státy Polsko (Walbrzychu) a Rakouskem. Na začátku 60. let byly vystavěny velké uhelné elektrárny s bloky 110 MW. Byla dokončena elektrifikace všech obcí a následně bylo uvedeno do provozu první vedení o jmenovitém napětí 400 kV. V tomto období rostla spotřeba el. energie v domácnosti ale zpomalení došlo ve větvi průmyslu [2].

Nejdůležitějším prvkem v české energetice patří jednoznačně jaderná energetika to pro výstavby jaderné elektrárny Dukovany, která započala v roce 1978 a pokrývá přibližně 20 % spotřeby elektřiny v České republice (ČR) její současný výkon je 2040 MW a pak i druhé jaderné elektrárny Temelín v Čechách v roce 1985 o výkonu 2000 MW [2].

3 ELEKTRIZAČNÍ SOUSTAVA (ES)

Elektrizační soustava je systém zajišťující výrobu a dopravu elektrické energie až ke konečnému spotřebiteli. Tento systém je charakterizován v Obr. 3-1. Hlavním úkolem soustavy je spolehlivě a kvalitně dodat množství dané energie všem spotřebitelům (odběratelům) na základě dohodnuté kvality. (Napětí v žádané toleranci, kolísání kmitočtu a symetrie napětí v 3f střídavých soustavách atd.). Také za předpokladu zaručené bezpečnosti práce s minimálními náklady. Množství vyrobené elektrické energie se musí v každém okamžiku rovnat odpovídající energii spotřebované.



Obr. 3-1. Zjednodušená struktura elektrizační soustavy

3.1 Rozdělení elektrizační soustavy:

- Výrobu el. energie (elektrárny – vodní, větrné, sluneční, jaderné, atd.)
- Přenos el. energie (přenos VVN, rozvod VN, NN)
- Elektrické stanice (měřicí, ochranné a telekomunikační systémy, atd.)
- Spotřebitelé (přeměna elektrické energie na mechanickou, světlo, teplo, atd.)

3.2 Elektrická síť a jejích napětí

Elektrická síť je spojení mezi výrobou a spotřebou elektrické energie (viz Obr. 3-1) a dělíme ji podle velikosti napětí na:

3.2.1.1 Přenosovou síť

Přenosová soustava představuje přenesení elektrické energie na velké vzdálenosti vyrobené v elektrárnách. Přenos se uskutečňuje venkovním vedením. České republice je hladina velmi vysokého napětí 400 kV a 220 kV. Technicky řídí systémové služby, jako je regulace výkonu a kmitočtu, regulace napětí a jalového výkonu.

3.2.1.2 Distribuční síť

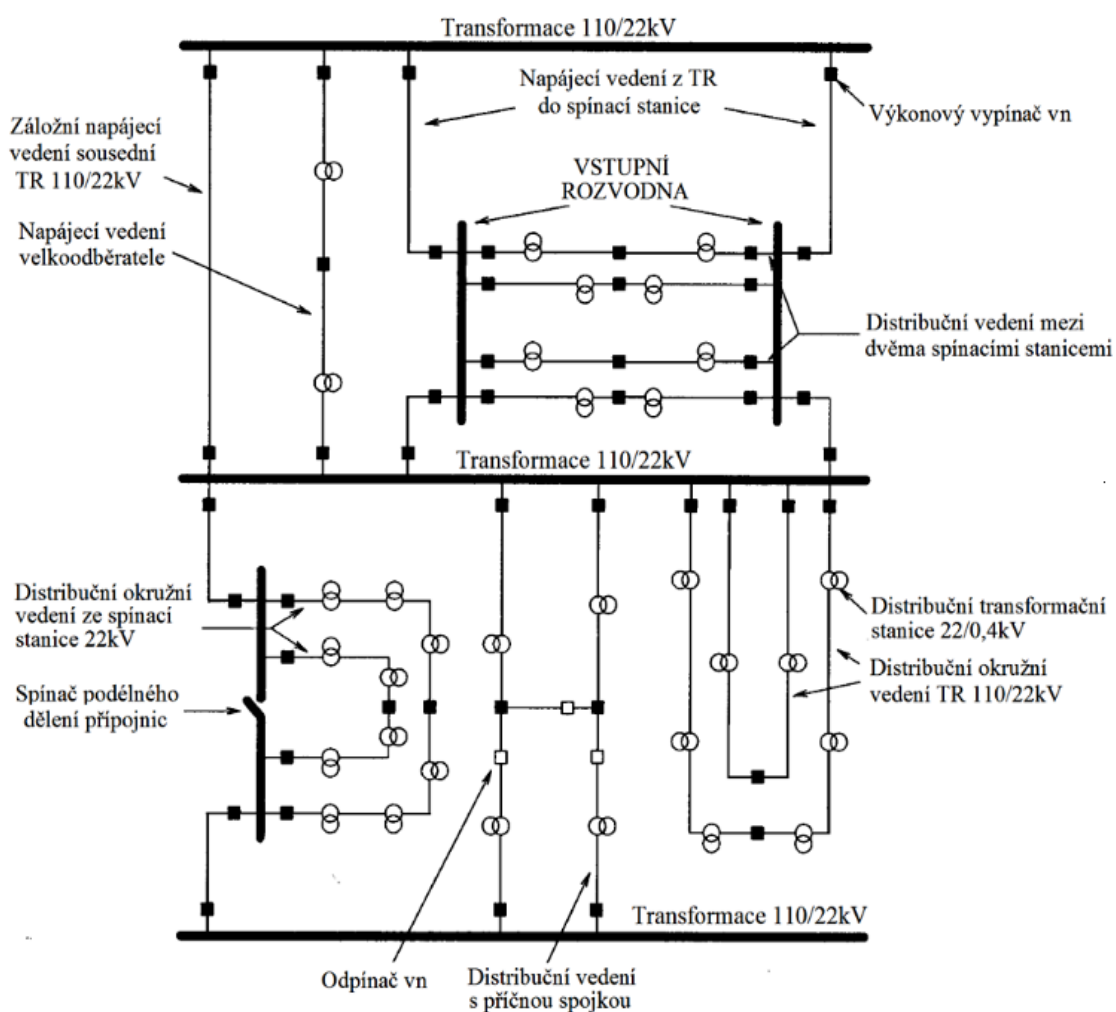
Jedná se o rozvod elektrické energie z uzlových stanic VVN/VN z přenosové soustavy, ke koncovému spotřebiteli jako jsou městské, venkovské a průmyslové sítě.

3.2.1.3 Městské sítě

Městské sítě jsou připojeny z veřejné distribuční soustavy. Distribuční vedení města jsou většinou okružně napájeny z transformovny 110/22 kV do spínací stanice. V určitých místech města se musí zajistit dodávka elektrické energie v potřebném stupni zabezpečení (Rozvodny VN jsou zálohováni na výpadek jednoho napájecího vedení). Např. nemocnice a městská hromadná doprava atd. potřebují být napájeny ze dvou nezávislých zdrojů.

Vedení městské sítě je většinou kabelové vn na vnějších částech města je zase většinou venkovní vedení.

Hustota odběru el. energie pro obyvatelstvo a služeb města je udávána v MVA/km². Např. pro centrum města je dáno 15 MVA/km² pro sídliště města 1-2 MVA/km² [3].



Obr. 3-2. Ukázka vedení vn v městské síti [5].

3.2.1.4 Průmyslové sítě

Slouží napájení průmyslových zón. Jinak průmyslové sítě se hlavně liší od městských sítí zatížením dané soustavy a charakteru odběru průmyslových závodů, liší se i navzájem. Kde velkoodběratelé průmyslové zóny jsou odděleny od městské či venkovské sítě, mají svoje trafostanice (22kV, 6kV). Většina průmyslových rozvodů je v okolí měst a jsou napájena především s distribuční sítě města [3].

3.3 Elektrické vedení v distribuční síti

Distribuční vedení ze zdroje k odběrateli el. energie se provádějí venkovním vedením nebo kabelovým vedením. Těmi to vedeními jsou propojeny elektrické stanice atd. Jak venkovní, tak i kabelová vedení mají svůj rozsah upotřebení a jejich použití závisí na technických a ekonomických podmínkách způsobu napájení dané oblasti.

3.3.1 Venkovní vedení

- Je zřejmé, že venkovní vedení se musejí používat tam, kde je dostatek prostoru. Tzv. městský a průmyslových sítí lze použít jen výjimečně.
- Samotné venkovní vedení se skládají z většinou z holých vodičů (drátu, lan), dále pak ze stožáru a izolátorů.
- Co se týče nákladů, tak venkovní vedení je levnější na výstavbu než kabelové ale naopak jejich náklady na údržbu a provoz jsou zase vyšší než u kabelového vedení.
- Úbytek napětí a jalové ztráty jsou u venkovního vedení větší než u kabelového vedení [3].

3.3.1.1 Rozdělení distribučního venkovního vedení, podle hladiny napětí používaných v ČR [3].

- **Napětíová hladina 110 kV:** Vedení jsou provozována většinou, jako paprsková. Tvoří hlavní článek distribuce elektrické energie mezi přenosovou soustavou a spotřebiteli.
- **Napětíová hladina 22 kV:** Vedení je tvořeno, většinou kombinovanými vodiči AlFe. Z velké části tvoří spojení z distribuce el. energie do obcí, někdy měst. Síť je typu okružní nebo paprsková
- **Napětíová hladina 400/230 V:** Nejvyužívanějším venkovním vedením je typ AlFe. Toto nové vedení se staví jako už izolované (menší náklady a poruchovost, menší zabraný prostor). Síť je většinou okružní a paprsková.

3.3.1.2 Vodiče pro venkovní vedení [8]

- Jako vodiče jsou především použita lana, nejčastěji holá kombinovaná lana AlFe na železných stožárech nebo u menších hladin napětí jsou použity dřevěné podpěry.
- Venkovní vedení jsou považovány, jako sítě provedené převážně nadzemní vedení.
- **Požadavky pro venkovní vodiče:** Větší mechanické namáhání, odolnost proti námrazám a vůči chvění, malá měrná hmotnost kvůli stožárům, nízká cena.
- **Materiály a konstrukce vodičů:**
 - 1) **Měděné jádra:** Mají velkou vodivost a mechanické vlastnosti, ale jsou příliš drahé.
 - 2) **Hliníkové jádra:** Levnější cena, velká vodivost ale malá pevnost.
 - 3) **Železná jádra:** Konduktivita železa je nízká, velké mechanické vlastnosti.
 - 4) **Slitinové vodiče:** Pro potlačení mechanické pevnosti vodiče typu (Aldrey, Cond – Al).
 - 5) **Kombinovaná lana:** Jsou ta lana, která jsou skládaná ze dvou materiálu (dvou materiálů), většinou ocel hliník. Vnitřní část lana tvoří jádro z větší vodivosti (hliník, měď) a vnější část je nosná (ocel).



Obr. 3-3. Ukázka venkovního vedení (kombinované lano).

3.3.2 Kabelové vedení

- Kabelové vedení se nachází, tam kde venkovní vedení nelze použít (např. městská síť), nebo kde je silná námrazová oblast, chemicky agresivní ovzduší.
- Jsou oproti venkovnímu vedení méně poruchové, ale naopak jejich poruchy jsou trvalé a jejich vyhledávání je složitější.
- Mají menší indukčnost L a větší kapacitu C oproti venkovnímu vedení.
- Úbytek napětí a jalové ztráty jsou u kabelového vedení menší než u venkovního vedení [3].

3.3.2.1 Rozdělení distribučního kabelového vedení, podle hladiny napětí používaných v ČR [3]

- **Napětíová hladina 110 kV:** Kabelové vedení pro tu to hladinu se používá velmi ojediněle kvůli vysokým investičním nákladům. Pokud je toto vedení instalováno pro síť 110 kV, tak je realizováno převážně v kolektorech (viz. kap. 3.4.6).
- **Napětíová hladina 22 kV a 400/230 V:** Největší využití na těchto hladinách jsou zastoupeny v kabelových rozvodech velkých měst. Nejčastěji se provozují jako okružní síť, rozpojené na jednotlivé paprsky. Ve velkých městech je kabelová síť mřížová. V současné době se nejčastěji používají kabely s izolací ze zesíleného polyethylenu a to AXEKVCEY, AXEKVCEY, AVXKVCE.

3.3.2.2 Vodiče pro kabelové vedení

- **Klasické kabely**

Konstrukce kabelů je s papírové izolace, která je tvořena ovinutím jádra papírovými pásy, vytvářejí vrstvu opotřeбенé elektrické pevnosti, která je impregnována kabelovou hmotou. Žíly jsou stočeny a mají společný olověný plášť. Dále je typ, který má další vrstvu pancíř vytvořený, tak že je ovinut dvěma ocelovými pásy, které chrání kabel před mechanickým poškozením a na něm je obal natřený asfaltem. Konstrukce kabelů s papírovou izolací se už nevyrábí, dnes jsou již nahrazeny kabely s lisovanou izolací [8].

- **Celoplastové kabely s izolací PVC**

Výhoda že PVC je plamenem nešířící se materiál, ale při hoření se však uvolňuje chlorovodík. (např. CYKY – kabely pro vedení 400/230 V)

- **Kabely s izolací ze zesíleného polyethylenu**

Zesílený polyetylén má lepší mechanické vlastnosti, působením tepla se netaví. (např. CXKCE, CVXKVCE)

- **Kabely s izolací z kaučukového vulkanizátu**

Kaučuk je pružná látka, která se vyrábí vulkanizací z přírodního nebo ze syntetického kaučuku. Používá se především k výrobě ohebných vodičů. (např. CGSU, CBEH)

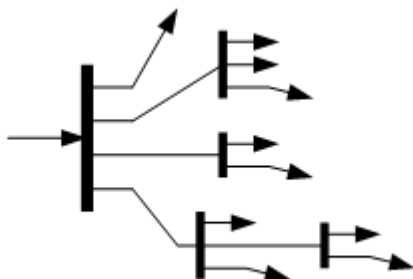
3.3.3 Dělení sítí VN a NN

Konkrétní konfigurace rozvodných sítí je závislá na velikosti, počtu a umístění zdrojů a počtu uspořádání spotřebičů.

Elektrická síť ve větších objektech obsahuje jeden nebo více hlavních rozváděčů, z nichž se pak napájí podružné rozváděče. Z podružných rozváděčů se pak vyvedou odbočky pro napájení jednotlivých spotřebičů anebo dalších podružných rozvodnic. Podle počtu umístěných napájecích míst a spotřeby, můžeme rozdělovat druhy sítí:

3.3.3.1 Paprsková síť

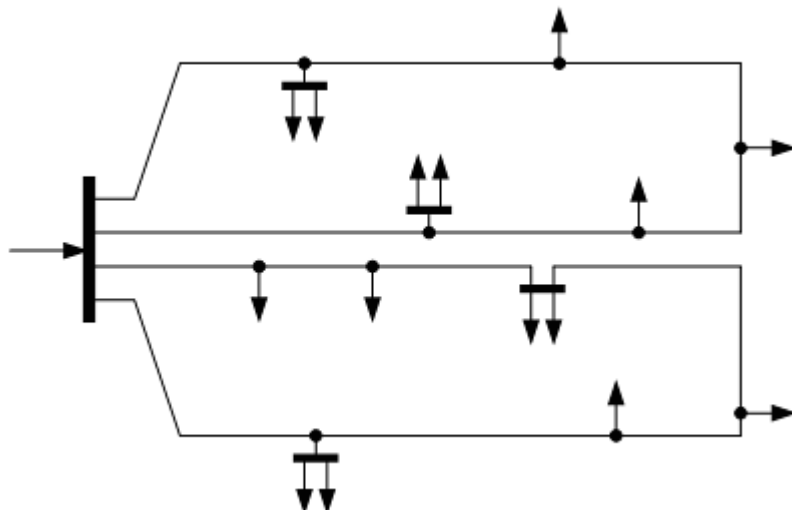
Nejjednodušším rozvod a také nejlevnějším druhem el. sítě, který se používá v distribučním rozvodu NN a VN v průmyslových zónách a obcích nebo v menších průmyslových závodech, kde nejsou spotřebiče prvního stupně důležitosti a to je nevýhoda paprskové sítě při poruše hlavního zdroje znamená vyřazení všech spotřebičů připojených k této síti. Na konci vedení sítě se projevuje značné kolísání [6]. Jednotlivé paprsky nelze vzájemně spojovat.



Obr. 3-4. Ukázka paprskové sítě [6].

3.3.3.2 Okružní síť

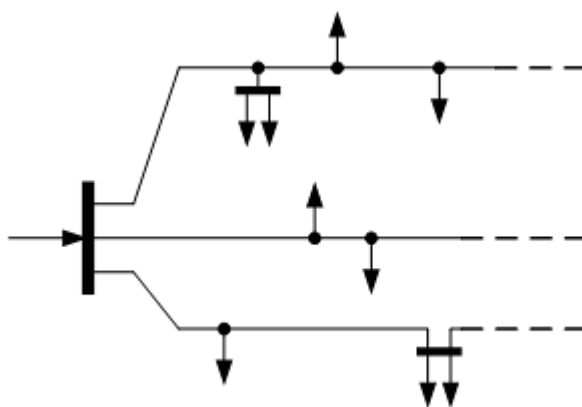
Okružní či smyčková síť je provedena, jako uzavřený okruh, ze kterého se napájí jednotlivé paprskové odbočky ke spotřebičům. Výhodou okružní sítě je, že je napájena ze dvou stran z jednoho okruhu. Zvyšuje se spolehlivost a taky rozdělení toku proudu, a tím se sníží úbytek napětí a ztráty na vedení. Pokud nastane porucha v jedné části obvodu, obvod se odpojí z jedné strany a zbytek sítě je napájen z druhé strany, někdy se této síti říká smyčková, jednotlivé polosmyčky jsou vedeny tak, aby se daly sepnout nebo rozepnout. Využití městské obytné části, větších průmyslových rozvodů. Jsou dražší než síť paprskové [6].



Obr. 3-5. Ukázka okružní sítě [6].

3.3.3.3 Průběžná síť

Tato síť je pro osvětlování komunikací nebo pro napájení maloodběratelů ve vesnicích. Vyznačuje se dlouhým průběžným vedením, z něhož jsou provedeny odbočky pro napájení jednotlivých spotřebičů či podružných rozvodnic, připojují se k ní paprskové sítě. Provozní spolehlivost se podobá paprskovité síti, tedy nízká spolehlivost [6].



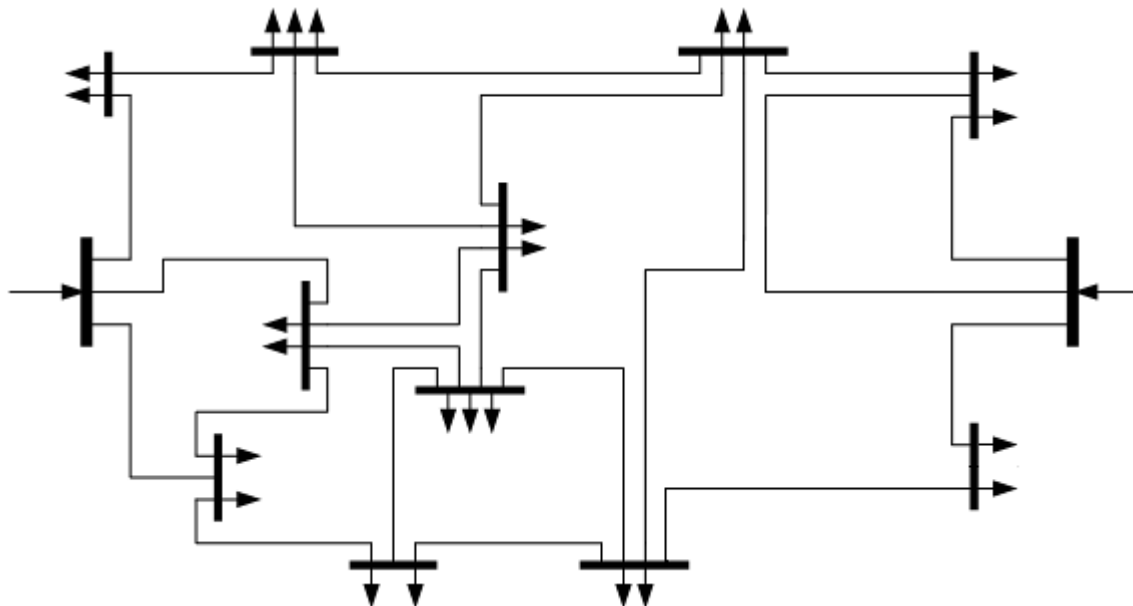
Obr. 3-6. Ukázka průběžné sítě [6].

3.3.3.4 Mřížová síť

Základem mřížové sítě jsou dva napájecí zdroje s hlavními rozváděči a hustější sítě vzájemně propojených podružných rozváděčů. Tento druh sítě, může pokrývat i velké plochy je vhodný pro napájení husté městské zástavby nebo objektů velkých a rozsáhlých průmyslových závodů. Mřížový rozvod má pro svou variabilitu napájecích cest vysokou provozní spolehlivost, protože je napájen minimálně ze dvou zdrojů, tak tím pádem se projeví lepší zabezpečení dodávky ke spotřebiteli [6]. Výhodou je taky rovnoměrného rozložení zatížení transformátorů, zmenšení úbytků či kolísání napětí. Další výhodou těchto sítí je, že při neustálém zvětšování spotřeby elektrické energie není třeba síť rekonstruovat, neboť stačí do vhodných míst sítě umístit další transformační stanice.

Naopak nevýhoda spočívá, že v síti nn jsou větší zkratové proudy. Dále vysoké investiční a provozní náklady, vysoká náročnost na kvalifikaci obsluhy a složitost sítě.

Při zkratu na straně VN, by se porucha přenesla na stranu nízkého napětí a došlo by k přetavení uzlových pojistek. Proto jsou v napájecích uzlech mřížové sítě za transformátorem umístěna zpětná relé, která transformátor při poruše rychle odpojí [3].



Obr. 3-7. Ukázka mřížové sítě [6].

3.4 Rozdělení elektrických stanic

Elektrické stanice jsou zařízení v uzlu elektrizační soustav vn a vvn a slouží k propojování vedení, buď k transformaci na jiné napětí, k rozvádění elektřiny téhož napětí (spínací stanice), nebo k přeměně střídavého elektrického proudu na proud o jiném kmitočtu (měničny), taky k řízení jalového výkonu k provoznímu měření [10].

3.4.1 Transformovny

Slouží k transformaci elektrické energie na potřebné napětí v soustavě pro spojování dvou a více různých napětí pomocí výkonových transformátorů. Dispoziční uspořádání závisí na řešení jednotlivých rozvodných zařízení (rozvoden) NN, VN, VVN.

3.4.1.1 Transformátory umožní ve stanicích:

- Připojení alternátoru k síti (blokový, zvyšovací).
- Galvanické oddělení (oddělovací, převod 1:1).
- Propojení dvou sítí o různém napětí (snižovací).

3.4.2 Rozdělení podle převodních napětí pro napájení dvou sítí:

- **Napájecí transformovny:** Především pro transformaci napětí 110 kV na 22 kV. Zde je důležitý prostor pro instalaci transformovny, buď venkovní provedení, které je méně nákladné anebo v centrech velkých aglomerací, kde menší prostory nedovolují venkovní provedení, pak se provede, jako zapouzdřená transformovna [10].

- **Distribuční transformovny (DT):** Slouží k nejčastěji převodu napětí z 22kV na 0,4 kV, pro napájení obcí a měst. Instalují se buď jako kiosky, věžovém nebo sloupové. Ve městech jsou DT řešeny, podle prostorových možností, jako samostatné stojící kiosky nebo jsou vestavěné v budovách většinou o výkonech 630 kVA. V obcích se transformátory instalují většinou sloupové o výkonech 400 kVA [10].
- **Odběratelské transformátory:** Od distribučních transformátorů se liší tím, že DT jsou ve vlastnictvích distribuční společnosti, kdežto odběratelské stanice jsou majetkem samostatných odběratelů elektrické energie [10].

3.4.2.1 Volba transformátoru s ohledem na:

- Stupeň důležitosti dodávky.
- Výpočtové zatížení.
- Investiční náklady.
- Zkratové proudy za transformátorem.
- Odchylky napětí za transformátory.
- Možnost paralelního chodu.

3.4.2.2 K elektrické části transformovny může patřit [10]:

- Hlavní transformátory a transformátory vlastní spotřeby.
- Rozvodné zařízení a reaktory k omezení zkratových proudů.
- Kompenzační zařízení, tj. rotační kompenzátory, statické kondenzátory a tlumivky,
- Společná zařízení, tj. dozorna a v ní soustředěné zařízení pro ovládání (z místa nebo dálkové), měření, regulaci a HDO.

Do pomocné části transformovny patří zařízení k zabezpečení provozu a údržby (olejové hospodářství, revizní věž, apod.). Ke stavební části patří pozemek, budovy, stavební konstrukce apod.

3.4.2.3 Některé důležité údaje, které výrobce udává:

Jmenovitá výkon (S_n), činné ztráty nakrátko (ΔP_k), činné ztráty naprázdno (ΔP_0), jmenovitý převod napětí (U_1/U_2), napětí nakrátko (u_k), proud naprázdno (i_0), parametry odboček napětí, údaje o zapojení vinutí a hodinový uhel atd.

3.4.3 Spínací stanice

Spínací stanice umožňuje spínání elektrických obvodů stejného jmenovitého napětí a stejné proudové soustavy a tím umožňují potřebný rozvod elektrické energie. Umožňují provozní manipulaci v elektrické soustavě, čím také zvyšují její spolehlivost (např. při výskytu poruchy, můžeme eliminovat poruchu na menší počet odběratelů). Jsou instalovány buď samostatně, nebo součástí i s výkonovými transformátory pro vlastní spotřebu.

V dnešní době se vyskytují klasické spínací stanice méně často, protože s ohledem na hospodárnost výstavby a provozu se do uzlů elektrizační soustavy obvykle soustřeďuje též napájení sítí nižšího napětí, což vede k použití transformoven [8].

3.4.4 Měnírny

Měnírna slouží k přeměně střídavého elektrického proudu na proud jiného kmitočtu nebo na proud stejnosměrný a taky zajišťuje jeho rozvod. Hlavní částí měničové stanice jsou frekvenční měniče ke změně kmitočtu a usměrňovače pro usměrnění střídavého proudu.

Měničová stanice může být tvořena pro přenos stejnosměrným proudem, kde na začátku je usměrňovač pro usměrnění střídavého proudu na stejnosměrný a na druhém konci je střídač pro přeměnu zase ze stejnosměrného proudu na střídavý.

S měnírny se můžeme setkat ve velkých městech, kde slouží k napájení trakčního vedení městských dopravních podniků [8].

3.4.5 Kompenzační stanice

Slouží ke kompenzaci jalového výkonu v elektrickém rozvodu. Bud se instaluje sériová kompenzace, kde dochází ke zmenšení úbytku napětí, tedy i zmenšení výsledné induktivní reaktance, anebo se používá paralelní kompenzace, která umožňuje zmenšit vliv jalové induktivní složky proudu, který odebírá spotřebič (motory, transformátory) [4].

Společnost E. ON, a.s. kompenzační stanice nepoužívá, kompenzace na účinník 0,95 se provádí u zákazníka.

3.4.6 Kolektory

Kolektory jsou liniové podzemní objekty. Velká výhoda kolektoru je, že umožňuje elektrické vedení ukládat v inženýrském síti, kde pak se umožňují opravy, údržby, pozdější rekonstrukci, bez přerušení komunikací na rozdíl od pokládky přímo do země, kde zásah do vedení narušuje např. městka doprava. Na druhou stranu, jsou nutné velké investice, velký prostor pro výstavbu a udržování samotných kolektorů [10].

Všeobecně v kolektorech je soustředěna veškerá část technických sítí (kanalizace, parovody, telefonní kabely, optické kabely apod.).

3.4.6.1 Rozdělení kolektorů

- **Primární (hlubinné)**

Umísťují do hloubky 25 až 30 m pod povrchem. Pro hlavní trasy se rozměry ustálily na kruhovém profilu o průměru 5 m s rovinným dnem o světlé výšce 4,0 m. Primární neboli transportní kolektory převádějí média od zdrojů (rozvodny, vodárny, telefonní ústředny, teplárny) kromě plynovodu a kanalizace [10].

- **Kolektory sekundární (podpovrchové)**

Umísťují zpravidla v hloubkách kolem 5 m pod povrchem kopírující uliční síť. Příčný profil je závislý na obsazení inženýrskými sítěmi. Jsou zde uloženy všechny inženýrské sítě kromě plynovodu.

Konstrukce je tvořena důlní výztuží a stříkaným vodo-stavebním betonem s výztužnou ocelovou sítí, dno je z litého betonu [10].

3.5 Základní požadavky distribuční sítě

Připojení odběru do elektrizační soustavy zahrnuje požadavky, které je třeba splnit, aby bylo možno dosáhnout co možná nejvyššího stupně efektivnosti v zásobování elektrickou energií

v požadovaném čase v potřebném množství, kde je nutné dodržet kvalitu a spolehlivost dodávky a k tomu splnit v mezích hospodárnost.

3.5.1 Kvalita dodávané elektrické energie

Jedná se především o stále napětí a frekvenci 50 Hz v povolených mezích, tyto parametry sítě je důležité dodržet z důvodu stále rostoucího počtu spotřebičů. Každý spotřebič musí být napájen jmenovitým napětím. Pokud tomu tak není, může být ovlivněna jeho životnost jakéhokoliv spotřebiče. Odchyłky napětí od jmenovité hodnoty mohou být eliminovány možností regulace daného napětí. Závisí na průřezu elektrického vedení, taky důležité je umístění napájecích zdrojů v síti a charakter odběru (kapacitní nebo induktivní) [3], [9].

Frekvence sítě nejde přímo ovlivnit, je dána odběry připojeními do zdroje elektrické soustavy. Pokud se změní frekvence, mění se činný a jalový výkon v elektrizační soustavě.

Do kvality el. energie je zahrnuta velikost nesymetrie napětí při připojení jednofázové nebo trojfázové soustavy.

Zahrnout do kvality el. energie se musí i kolísání napětí, které je způsobeno zapínáním a vypínáním velkých průmyslových odběrů to způsobuje nepříznivý jev „flickr“ tzv. blikání světelného zdroje.

Poslední jev co může vážně ovlivnit kvalitu energie elektrické je obsah vyšších harmonických, které způsobují např. oteplení spotřebičů a tím zkrácení životnosti spotřebiče [3].

3.5.2 Spolehlivost dodávky elektrické energie

Je to hledisko, které sleduje, s jakou zabezpečeností je třeba zajistit požadovaný spotřebič podle stupně důležitosti odběru kde [8]:

- **1 stupeň:** Dodávaná elektrická energie musí být zajištěna za jakýchkoliv podmínek. Odběr musí být zajištěn ze dvou nezávislých zdrojů a každý s nich musí splňovat požadovaný výkon pro napájení spotřebiče.
- **2 stupeň:** Přerušení může způsobit zastavení výroby, ale nesmí nastat ohrožení lidských životů. Provádí se kritérium N-1 (Jeden zdroj a dva transformátory).

3 stupeň: Dodávka el. energie, nemusí být zajištěna zvláštními opatřeními. Napájení je z jednoho zdroje.

Spolehlivost můžeme nejlépe zajistit pomocí automatiky dálkového ovládání vypínače a odpínače. Umístění dálkového ovládání je vhodné především v místech sítě, kde by odběratelé mohli po distribuční společnosti požadovat vysokou platbu za nedodanou energii. Dělíme na tři nejčastější způsoby přenosu signálu a to prostřednictvím radiové sítě nebo pomocí sdělovací kabelové sítě. Poslední je přenos signálu přes vysokofrekvenční vazební modemy na stínění vn kabelu [5].

Dalším prvek pro spolehlivost sítě je signalizační zařízení poruchy podstatně snižují dobu vyhledávání poruchy. V případě poruchy v distribuční soustavě vybavené signalizačním zařízením není nutné pro její vyhledání postupně vypínat celou konkrétní síť [5].

3.5.3 Hospodárnost

Požadavky na hospodárnost el. soustavy musí být, nejmenší na úkor dodržení prvku kvality a spolehlivosti. Hospodárnost zahrnuje především volbu proudovou a napětíovou pro přenášený výkon pro dané odběry, velikost a počet transformátorů, vhodná volba průřezu vedení. Z hlediska hospodárského uvažování investičních nákladů a nákladů provozních, jakož i respektování

technického vývoje se jedná o 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 [9].

Hospodárnost pro vedení el. soustavě jsou dána kompromisem, jak u kabelového vedení, tak venkovního vedení. Kde je důležité stanovit správný průřez, aby nebyl příliš velký ale zase naopak aby, vyhovoval proudovému zatížení a nevyvolal nedovolené oteplení [9].

3.5.4 Bezpečnosti zařízení a osob

Hlavním cílem je především opatření za účelem dosažení správného provozu celého zařízení, tak i jištění zařízení před nadproudy a ztrátami. Jištění a odolnosti proti účinkům zkratů jsou spjati s hlediskem na oteplení a s hlediskem mechanické pevnosti vodičů. Další jsou ochrany před přepětím.

Bezpečnost obsluhujících osob, jakož i všech osob, které mohou přijít s elektrickým zařízením do styku, je hlavním požadavkem návrh ochrany před nebezpečným dotykem, se kterým souvisí i provedení uzemnění v navrhovaném zařízení [9].

4 ZÁSADY PRO ROZVOJ A VÝSTAVBU SÍTÍ VN

Požadavky pro distribuční síť VN musejí být navrhovány co nejpřehledněji s jednoduchostí a to všechno v protikladu s minimálními náklady nutné pro investici. Tato zásada je uplatňována s cílem [10]:

- Zjednodušení přehlednosti pro řízení provozu a lokalizaci poruch.
- Úspory investičních nákladů.

4.1 Důležité zásady pro řešení výstavby distribuční sítě

Vychází se z několika faktorů [3]:

Důležitým faktorem je odběr spotřebičů v daném místě. Stanovuje se podle předpokládaného měrného zatížení (MW/km^2), závislého na odběratelích (průmyslová, městská část atd.).

Další věcí je znát počet instalovaných vstupních napájecích transformoven 110 kV/VN. K tomu odpovídá jejich velikost instalačního výkonu transformátoru. Je nutné znát počet a velikost instalací transformátorů VN/NN.

Správný rozsah průřezu vedení VN a NN, jejich zkratové poměr v síti, v jakém typu sítě budou instalovány.

Při výstavbě nového objektu distribuční sítě vn se musí dodržet nejen doba její životnosti, ale taky se při návrhu distribuční sítě musí zvažovat její další rozvoj (např. napájení nových odběratelů). Musí se dodržet dostatečná rezerva výkonu v transformátorech a větší průřezy ve vedení.

Z hlediska pro zajištění dodávky je síť VN navrhována tak, aby jen manipulacemi na stávajícím zařízení bylo možno v plném rozsahu obnovit dodávku v poruchovém výpadku i v případě maximálního zatížení [10]:

- Jednoho transformátoru v napájecí transformovně.
- Jednoho vývodu z transformovny nebo spínací stanice.
- Uvolnění jedné přípojnice (části přípojnice) VN v transformovně nebo spínací stanici.

4.1.1 Dimenzování distribučních sítí

- Proudové zatížení a napěťové poměry v základním řazení.
- Zkratová odolnost použitých prvků v základním řazení (průřez vodičů a kabelů).
- Proudová zatížitelnost při náhradním napájení (kritérium n-1), včetně posouzení náhradního napájení.
- Napájení při uvolnění jednoho transformátoru 110/22 kV.
- Dodržení minimálního napětí na konci vedení při náhradním napájení (n-1).
- Způsob připojení VN uzlu transformátoru 110/VN (přes odpor nebo tlumivku) [10].

4.2 Koncepce kabelového vedení v síti VN

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

Úseky kabelových sítí můžeme rozdělit na běžnou distribuční síť sloužící k napájení na přímé (páteří) kabely, jejich použití je omezeno na městské aglomerace, kde slouží ke spolehlivému napájení spínacích stanic nebo k rychlému obnovení napájení při rozsáhlých výpadcích. Často jsou tato kabelová vedení provozována paralelně a to z pohledu jak zatížení, tak spolehlivosti (selektivní výpadky jednoho vedení a převzetí zatížení jiným vedením s minimálními dopady na zákazníky) [10].

4.2.1 Způsob návrhu kabelového vedení používaných v sítích

4.2.1.1 Paprskové síti

Vycházíme z rozvodného místa vn nebo ze spínací stanice, kde je přivedeno k maximálně dvěma distribučním trafostanicím (DTS), kde spolehlivost zásobování el. energie je nejmenší. Nelze propojit dva různé paprsky [10].

4.2.1.2 Smyčková síť

TS v tomto typu sítích jsou připojovány za smyčkováním průběžného kabelu (tj. 2 přívody). Ve stavu je navrhováno maximálně 10 DTS na jednom okruhu.

Každý napájecí kruh začíná odbočením od přípojnice napájecí transformovny a je ukončen buď [10]:

- Na jiné přípojnici téže napájené TS - (kruhové vedení VN).
- Ve spínací stanici.
- Na přípojnici jiné TS.

Kabelové vedení se v této síti musí dimenzovat na zatížení celé oblasti, kterou zásobuje. Provozuje se obvykle jako rozepnutá. V případě poruchy distribučního vedení vn dochází k přerušení dodávky el. energie po dobu vymanipulování poruchy a zajištění náhradního napájení.

Provozuje se obvykle jako rozepnutá a propoje mezi dvěma okruhy vyžadují [10]:

- Zajištění spolehlivosti dodávky.
- Minimální nároky na dimenzování tlumivek.

4.2.2 Dělení vysokonapětových kabelů s izolací ze zesíťovaného polyetylenu:

- Z hlediska opláštění kabelu na:
 - jednoplášťový kabel
 - dvouplášťový kabel
- Z hlediska bariéry proti vniknutí vody:
 - standardní bariéra pod pláštěm – je vždy obsažena v každém provedení kabelu
 - přídatná bariéra v jádře kabelu – zvýšená ochrana proti podélnému vniknutí vody
 - vodotěsné provedení kabelu – zvýšená ochrana proti vniknutí tlakové vody [11].

4.2.3 Kabelové vodiče využívané ve společnosti E.ON

Tab. 4-1. Průřezy kabelového vedení využívané ve společnosti E. ON.

Hladina napětí	Typ vodiče	Průřezy lana		
VN	NA2XS(F)2Y	1x150	1x240	
VN	AXEKVCEY	1x70	1x120	1x240

- Vodič NA2XS(F)2Y 22 kV:**

Kabel se skládá ze slané kruhového jádra z hliníkových vodičů. Na jádře je nanášena vnitřní polovodičová vrstva a izolace ze zesíleného polyetyleny. Na izolaci je nanášena vnější polovodičová vrstva. Dále je na kabelu polovodičová vodo blokuji pásky, měděné stínění je z drátů stočené do spirály. Jako mechanická ochrana je kabel potažen pláštěm z polyetyleny černé barvy [14].

- 1) *Konstrukce:* Jádro-lanované, kulaté, dolní polovodičová vrstva – XLPE, koncentrický vodič – žíhané měděné dráty a proti spirále z měděné pásky.
- 2) *Jmenovité napětí* $U_0/U = 12/20$ kV
- 3) *Maximální dovolená provozní teplota:* 90 °C
- 4) *Minimální teplota při instalaci:* -20 °C
- 5) *Použití:* Jedno žilový distribuční kabel pro vnitřní a i venkovní použití v 3 fázovém uspořádání.

Tab. 4-2. Seznam parametru kabelového vedení NA2XS(F)2Y, pro zvolené průřezy [14].

Počet žil x průřez jádra	Informativní průměr	Odpor jádra	Tvar jádra	Poloměr ohybu	Zatížitelnost na vzduchu do uspořádání Δ /rovinné	Zatížitelnost v zemi do uspořádání Δ /rovinné
(mm ²)	(mm)	(Ω /km)	(-)	(mm)	(A)	(A)
1x150/25	37	0,206	kulatý	585	366 / 432	319 / 352
1x240/25	42	0,125	kulatý	630	496 / 581	417 / 455

Tab. 4-3. Seznam parametru kabelového vedení AXEKVCEY, pro zvolené průřezy [14].

Počet žil x průřez jádra	Informativní průměr	Odpor jádra	Tvar jádra	Poloměr ohybu	Zatížitelnost Na vzduchu do uspořádání Δ /rovinné	Zatížitelnost v zemi do uspořádání Δ /rovinné
(mm ²)	(mm)	(Ω /km)	(-)	(mm)	(A)	(A)
1x150/16	36	0,443	kulatý	585	226 / 268	202 / 228
1x120/16	39	0,253	kulatý	630	317 / 376	274 / 306
1x240/25	45	0,125	kulatý	720	486 / 569	417 / 437

4.2.4 Uložení kabelového vedení do multikanálu

Při výstavbě tras kabelových vedení, se často vyžaduje, aby tyto kabely byly dostatečně chráněny, před mechanickým poškozením. Tuto ochranu můžeme realizovat například do betonových žlabů, do chrániček z korugovaných plastových trubek ale největší výhodou

v současnosti je ukládání kabelů do multikanálu (viz Obr. 4-1). Kabelové vedení lze do nich v libovolném čase zatáhnout (viz Obr. 4-3) i po instalaci multikanálu, kde můžeme potřebný kabel znovu vytáhnout popř. nahradit kabelem novým.



Obr. 4-1. Příklad uložení multikanálu v zemi.

Nejrozšířenější plastové multikanály jsou od firmy SITEL a využívány ve společnosti E.ON, které jsou vyráběny z vysoko hustotního polyetylenu a jeho přednosti jsou jednoduchá manipulovatelnost, montáž a vysoká houževnost materiálu. Multikanál je konstruován pro suchý proces, tzv. není nutné použití betonu a to je velká výhoda oproti např. betonovému žlabu, tím se nám zkrátí časový proces a hlavně se o dvojnásobek zmenší finanční prostředky. V určitých částech kabelovodů se můžou budovat komory (dělený segment) do multikanálové komory, pro snadný přístup a následně už nejsou nutné výkopové práce. V Obr. 4-2 jsou uvedeny nejvíce využívané multikanály SITEL z katalogu od firmy Sitel.

MODEL 4W - 42



Základní 4-otvorový díl
265x265x1118 mm
Celková délka všech otvorů: 4268 mm
Reálná délka dílu: 1067 mm
Hmotnost: 6,8 kg
Rozměr otvoru Multikanálu: 105x105 mm

MODEL 6W - 42



Základní 6-ti otvorový díl
265x372x1118 mm
Celková délka všech otvorů: 6402 mm
Reálná délka dílu: 1067 mm
Hmotnost: 9,9 kg
Rozměr otvoru Multikanálu: 105x105 mm

MODEL 9W - 42



Základní 9-ti otvorový díl
385x385x1118 mm
Celková délka všech otvorů: 9603 mm
Reálná délka dílu: 1067 mm
Hmotnost: 19,7 kg
Rozměr otvoru Multikanálu: 105x105 mm

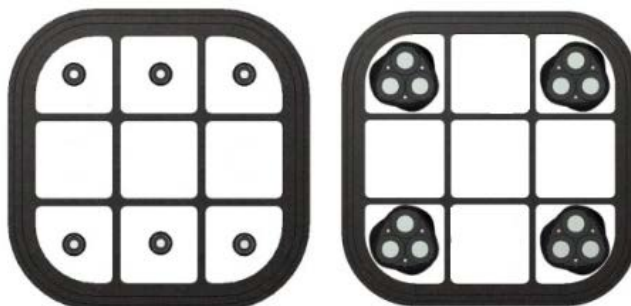
Obr. 4-2. Nejvíce využívané multikanály od firmy SITEL.



Obr. 4-3. Příklad zatahování kabelů vn do multikanálu.

4.2.4.1 Příklad uložení kabelů do multikanálu 9W- 42

V Obr. 4-4 jsou příklady uložení kabelových vedení. Na levé straně jsou v multikanálu uloženy dva kabely tvořeny třemi žilami zvlášť a na pravé straně jsou uloženy čtyři, tří žilové kabely tento případ je nejvíce využívat ve společnosti E.ON.



Obr. 4-4. Uložení kabelu VN do multikanálu [10].

4.3 Koncepce venkovního vedení v síti VN

Základními faktory venkovního vedení vn jsou podpěrné body vůči zemní části, konzoly, armatury a izolační prvky. Součástí venkovního vedení jsou rovněž rozpojovací prvky, ochranná zařízení a uzemnění apod.

Venkovní vedení vn tvoří základní síť rozvodu distributora, napáječe kabelových sítí v oblastech vedení mezi rozvodnami vvn/vn, a napájecí vedení pro jednotlivé distribuční a odběratelské transformační stanice vn/nn.

Venkovní vedení vn začíná zpravidla na průchodkách zděných rozvoden vvn/vn a spínacích stanic vn, případně na kabelových koncovkách vývodů z těchto zařízení končí na průchodkách zděných transformačních stanic, kotevních řetězcích stožárových transformačních stanic nebo na koncovkách kabelových svodů do kabelových sítí, případně transformačních stanic [12].

Standardně jsou venkovní sítě budovány s holými vodiči. Izolované vodiče jsou používány tam, kde je potřeba dosáhnout zúžení ochranného pásma s ohledem na okolní porost.

Venkovní sítě jsou navrhovány a provozovány jako paprskové, kmenové linky je vždy možné napájet z (minimálně) dvou různých směrů [10].

4.3.1 Rozdělení úseků venkovního vedení

Názorný pohled rozdělení úseku venkovního vedení můžeme vidět na obrázku (Obr. 4-5).

4.3.1.1 Hlavní vedení (kmenová linka)

Vedení je napájeno z obou stran, tím je umožněno záložní napájení připojených odboček. Vychází ze zdroje napájecího z transformovny s vvn/vn. Začínající odbočením od přípojnice v napájecí transformovny a končí na přípojnici v jiné transformovny, spínací stanici nebo na jiné kmenové lince. Kmenová linka je rozdělena na jednotlivé části vřazením vhodného počtu úsečníků [12].

4.3.1.2 Propojovací vedení (propojka)

Jak vyplývá z názvu propojka vedení je úsek vedení jeho začátek a konec propojuje dvě kmenové linky. Dimenzování propojovacího vedení je jednodušší oproti vedení hlavnímu, kde se provádí ještě dimenzování k napájení ze záložního zdroje. Případná realizace propojek je navrhována s ohledem na zatížení a poruchovost obou kmenových linek tak, aby bylo zajištěno odpovídajícím způsobem napájení i v mimořádných provozních stavech [12].

4.3.1.3 Odbočky

Je to vedení, které odbočuje z hlavního nebo propojovacího vedení vn. Napájí několik přípojek transformačních stanic a končí rozbočením mezi dvěma nejvzdálenějšími transformovny [12].

4.3.1.4 Spojky

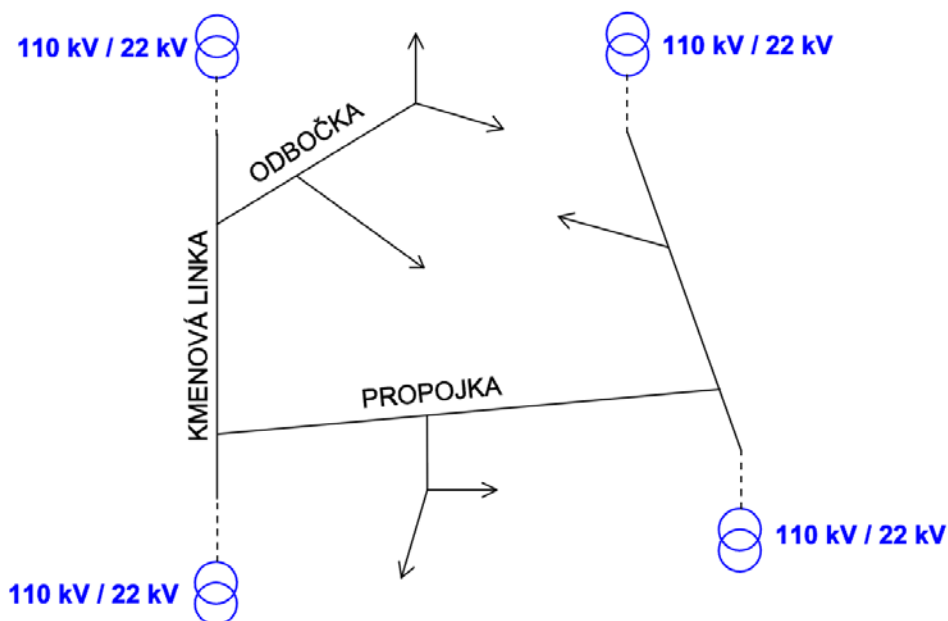
Jsou zvláštním případem propojky, která se liší od propojky tím, že bývá krátká, není na ní žádný odběr [12].

4.3.1.5 Přípojky

Jsou vedení, které začíná odbočením z hlavního vedení, propojky nebo odbočky a končí v jedné transformační stanici. Tzv. slouží připojení dvou transformačních stanic [12].

4.3.1.6 Používané průřezy [10]:

- Kmenové linky – 110/22 AlFe, 120
- Propojky – 110/22 nebo 70/11-1 AlFe, 120 nebo 70
- Odbočky, přípojky k trafostanicím – 42/7 AlFe, 50 (tam, kde je to nutné z hlediska zkratové odolnosti, tak 70/11-1 AlFe či 70)



Obr. 4-5. Zjednodušený náhled na úseky venkovní vedení [10].

4.3.2 Provedení venkovního vedení.

Venkovní vedení vn jsou provozována jako jednoduchá, dvojité, případně vícenásobná na společných podpěrných bodech. Pro venkovní vedení vn se používají [11]:

4.3.2.1 Holé vodiče

Standardem jsou lana AlFe (hliníkové slané s nosnou ocelovou duší). Značení je podle normy PN ZSNP 1/83, několik typů (AlFe 42/7, AlFe 70/11-1, AlFe 110/22), pro hlavní vedení se využívá typ AlFe 180/31.

4.3.2.2 Izolované vodiče

Izolované vodiče vn jsou komprimovaná lana, slaná z drátů z hliníkové slitiny, na niž je přidána jednoduchá izolace. Izolace je jen základní, tak netvoří ochranu před nebezpečným dotykem živých částí. Venkovní vedení s izolovanými vodiči se proto konstruují obdobně jako vedení s vodiči holými, pouze mezifázová vzdálenost vodičů je menší a ochranné pásmo vedení je stanoveno na 2 m od krajního vodiče. Konstrukce vyžadují zvýšenou ochranu proti přepětí, jimž odpovídají průřezy vodičů vn: 50 mm², 70 mm² a 120 mm².

Využití těchto vodičů může být například v lesních porostech, tzv. do míst z úženého pásma.

4.3.2.3 Slané vodiče

Jedná se o svazkované tří-žilové závěsné kabely s plnou izolací a stíněním, zavěšené pomocí nosného ocelového pozinkovaného lana. Obecně slané vodiče pro venkovní vedení jsou drahé a jejich využití je jen:

- Při zahušťování DTS v zastavěných lokalitách, kde není možné přivést přípojku venkovního vedení k transformovně a řešení zemním kabelem je technicky nevhodné.
- V místech, kde nelze z technických, ekologických, prostorových nebo jiných důvodů použít zemní kabel.
- Pro dočasné a havarijní odběry.

4.3.3 Podpěry venkovního vedení

Jako podpěrné body venkovních vedení vn jsou využívány betonové sloupy, příhradové stožáry, dřevěné sloupy a ocelové plechové sloupy, postavené za účelem umístění vodičů. Podle druhu použití vedení musí být, podpěrné body dimenzovány na zatížení na ně působící [11].

4.3.4 Venkovní vodiče využívané ve společnosti E.ON

Tab. 4-4. Průřezy venkovního vedení využívané ve společnosti E.ON.

Hladina napětí	Typ vodiče	Průřezy lana		
VN	AlFe-holý	42/7	70/11-1	110/22
	SAX W-izolovaný	50	70	120
NN	AlFe-holý	25/4	42/7	70/11-1
	NFA2X-izolovány	4x50	4x70	4x95

Vodič SAX-W 22 kV:

- 1) *Konstrukce:* Kulatý lanový vodotěsný vodič z hliníkové slitiny
- 2) *Jmenovité napětí* $U_0/U = 12/20$ kV
- 3) *Maximální dovolená teplota:* Provozní 80 °C a při zkratu 200 °C
- 4) *Maximální teplota při instalaci:* -20 °C
- 5) *Použití:* Pro instalaci na stožár jako součást systému PAS

Izolované vodiče SAX pro systém PAS, snižují v důsledky přeskočů při atmosférickém přepětí, vibrací za silného větru. Při použití systému PAS se mohou přenosová vedení instalovat s mezifázovou vzdáleností izolovaných vodičů SAX menší než u holého vedení. Můžeme instalovat vícenásobné vedení na společných podpěrných bodech oproti klasickému vedení s neizolovanými vodiči. Tím pádem zabere méně místa při instalaci.

Tab. 4-5. Parametry jednotlivých průřezů venkovního vedení SAX-W [16].

Jmenovitý průřez (mm ²)	Max. dovolený zkratový proud po 1s (kA)	Max. odpor vodiče (Ω/km)	Proudová zatížitelnost na vzduchu (A)	Hmotnost kabelu (kg/km)
50	4,3	0,890	245	200
70	6,4	0,610	310	270
120	11,0	0,360	430	425

V dnešní době při výstavbě nebo rekonstrukci sítí vysokého napětí ve městských (venkovských) a průmyslových sítích je dán příklon ke kabelovým sítím. Tento trend je podporován s ohledem na [10]:

- Nejdůležitější je zvýšení spolehlivosti provozu sítí.
- Respektování ustanovení stavebního zákona a jeho prováděcích vyhlášek o řešení sítí v zastavěném území.
- Snížení provozních nákladů je nutné zvažovat vždy varianty tak, aby byly zvýšené investiční náklady na kabelové sítě vyváženy odpovídající úsporou provozních nákladů.

Tento trend, který se přiklání ke kabelovým sítím, ale není v současné době chápán jako upuštění od výstavby nových venkovních sítí.

4.4 Koncepce transformačních stanic

Představuje provozní a napájecí uzel v elektrizační soustavě. Je opatřena jedním či dvěma a více výkonových transformátorů propojující rozvaděče s rozdílným napětím.

4.4.1 Transformační stanice VVN/VN

Je zařízení sloužící především k transformaci, nejčastější je napěťová hladina 110/22 kV. Obvykle jsou instalovány dva transformátory VVN/VN. Jejich výkony jsou kolem 25MVA, 45MVA a 63 MVA. Ve výjimečných případech, může být osazen třetí transformátor např. tam, kde je nutno vyčlenit samostatný transformátor pro odběr s velkými výkonovými nároky.

Pro rozvodny 22 kV napájecích TS jsou většinou provedeny s jednoduchým systémem přípojníc s podélným dělením, s vypínačem v podélném dělení. Dvojitý systém je využit např. Při rozdělení zatížení napájecích vedení, vyvedení výkonu z velkých zdrojů nebo v městská síť kde je využíváno jedno uzemnění s tlumivkou a jednoho s odporem uzlu [10].

4.4.1.1 Rozdělení TS v provozu uzlu transformátoru [10]

- Transformovny instalované s tlumivkou - tlumivky mají výkon minimálně 2 500 kVar, kde tlumivka je spojena přímo s uzlem transformátoru.
- Transformovny instalované s tlumivkou a odporem - napájení velkých měst, nutno instalovat dvojitý systém přípojníc. Velikost odporu se volí podle toho, aby jmenovitý proud odporu (I_r) byl větší než kapacitní proud sítě (I_c), Ve společnosti E. ON se využívají odpory jmenovitého proudu 300A, 600A, 800A.
- Transformovny instalované s odporem - použití jen v centru měst, kde je napájeno jen kabelovým vedením.

V případě provozu transformátoru s tlumivkou se předpokládá krátkodobý provoz se zemním spojením jen po dobu nezbytnou pro ověření trvání zemního spojení při vymezování poruchy a to:

- minimalizace rizik pro osoby a zvířata,
- dodržení parametrů kvality dodávky,
- poškození zařízení DS.

4.4.2 Transformační stanice VN/NN

Její napěťový převod je především 22/0,42 kV. Výkony pro tyto TS jsou většinou 630 kVA nejvíce pak do 1000 kVA, pro větší výkony je zapotřebí větší průřez pro vedení nn.

- Konstrukce těchto TS:
 - Olejový: elektrické cívky a magnetické jsou ponořeny v oleji a ten plní funkci izolačního a chladicího media.
 - Suchý: elektrické cívky jsou zalité v umělé pryskyřici, která slouží jako izolační prvek a volně proudící vzduch okolo povrchu cívek a mag. jádra transformátor chladí.
 - Plynový SF6: elektrické cívky jsou v nádobě, která je naplněna v prostředí s plynem SF6 a tvoří tzv. funkci izolačního a chladicího media [15].

4.4.2.1 Dálkově ovládané trafostanice VN/NN

V kabelové síti měst, jsou přírodní pole vybavena odpínači s motorovým pohonem s možností dálkového ovládání z dispečinku. Stanice jsou zpravidla vybaveny indikátory průchodu zkratového proudu. Před trafostanicí ve venkovní síti je vždy umístěn úsekový odpínač [10].

4.4.2.2 Standartní zapojení hodinových úhlů

- 50, 100, 160 kVA – Yzn1
- 250, 400, 630 kVA – Dyn1

4.4.2.3 Jištění DT proti zkratu na straně vn

Velikost přiřazení vn pojistky k DT se instaluje podle doporučení výrobce. Musí se splnit základní kritéria [13]:

- Dostatečný vypínací čas ochran.
- Vypnout zkrat na sekundární straně do 2 s.
- Nesmí vypnout magnetizační proud o velikosti $12 \times I_n$ po dobu 0,1 s.
- Musí se dodržet selektivita s jističím prvkem na sekundární straně DTR.

4.4.3 Základní faktory pro výběr distribuční transformační stanice

Tato kapitola popisuje zásady pro návrh umístění DTS do celkového instalovaného výkonu transformátoru 2x630 kVA.

Umísťují se podle zásobování odběratelů, charakteru stavebního prostředí, členitosti terénu. Je nutné, aby ke zvolené TS byl snadný přístup z veřejného pozemku, příjezdová komunikace s nákladními vozidly a místo pro manipulaci při výměně zařízení [15].

4.4.3.1 Rozdělení DTS pro venkovní umístění [13], [15]:

- **Instalace DTS stožárové:** Je budována pro nadzemní vedení vn. Slouží především pro venkovní vedení s holými nebo izolovanými vodiči, není výhledově uvažováno s použitím kabelového vedení vn. Umístění DT je bud na betonovém jednosloupovém stožáru, kde se instaluje DT do výkonu 400 kVA anebo příhradové s osazením DT do výkonu 630 kVA, stožár je zabetonovaný nebo pro demontáže je jen uchycen kotevními šrouby.
- **Instalace TS příhradová:** Je to způsob, kde technologická část je instalována na příhradovém stožáru. Provedení stávající DTS do výkonu 1x400 kVA se pouze rekonstruuje.

4.4.3.2 Rozdělení pro vnitřní umístění TS [13], [15]:

- **Instalace TS kioskové:** Používáme DTS s kabelovým přívodem, pak je instalace DTS preferované samostatně stojícím kiosku. Propojovací vedení mezi pojistkami VN a transformátoru je provedeno třemi jednožilovými kabely s Al jádrem s průměrem

70 mm². Pro určitá provedení rozvaděče VN (větší výkony), je propojovací vedení holými vedení Al pásovinou.

- **Zděná** - Z venku obsluhované betonové kompaktní DTS s monolitickým korpusem pro max. výkon 2 ks DT 630 kVA. U této TS musíme počítat s delší dobou výstavby. Výměna technologie se provádí po demontáži střechy.

- **Stavebnicová** – železobetonová konstrukce s vnitřní obsluhou pro max. výkon 2 ks DTS 630 kVA. Jsou určeny tam, kde není vhodná DTS s venkovní obsluhou, nebo jsou speciální požadavky na vnitřní uspořádání technologie.

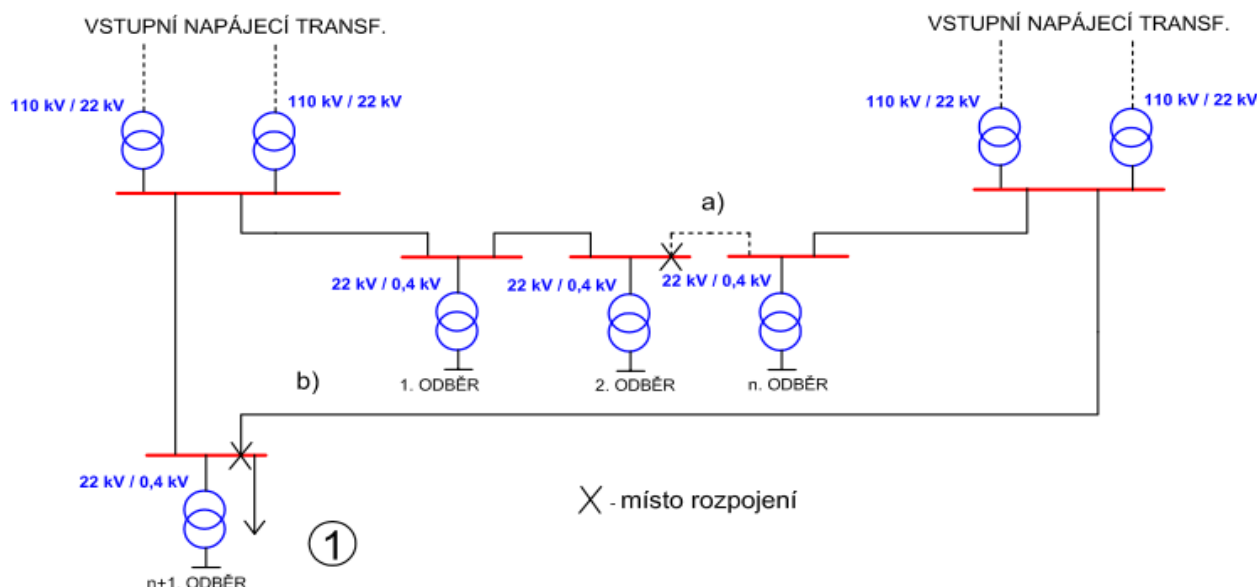
- **Bloková** – Je to kombinace technologií v provedení zděná a stavebnicová konstrukce. Provedení je většinou z plechu nebo plastu na základové části z monolitického betonu. Jsou určené v především pro průmyslovou část nebo bytové oblasti.

4.5 Způsoby připojení odběratelů do distribuční sítě VN

Do sítě VN se především připojují města a průmyslové zóny

4.5.1 Zdroj napájení je ze dvou vstupních transformoven 110/22 kV

Na Obr 4-6 vidíme stručnou ukázkou zapojení sítě napájené ze dvou stran, kde odběr n+1 (označen 1) je napájen ze dvou stran, buď jako samostatným vedením vn a nebo průběžným vedením, kde vedení může být rozpojeno v místě b) anebo u napájení odběru 1,2...n na jednom konci v místě a). Vidíme, že druhý zdroj nám vždy tvoří zálohu vedení, tzv. tvoří nejlepší spolehlivost dodávky elektrické energie [3].



Obr 4-6. Připojení distribučních transformoven do sítě vn, pro stupeň spolehlivosti I [3].

4.5.2 Zdroj napájení je z jedné vstupní transformovny 110/22 kV

Jednotlivé metody jsou zakresleny v obrázku (Obr 4-7).

4.5.2.1 Napájeno s dvěma transformátory

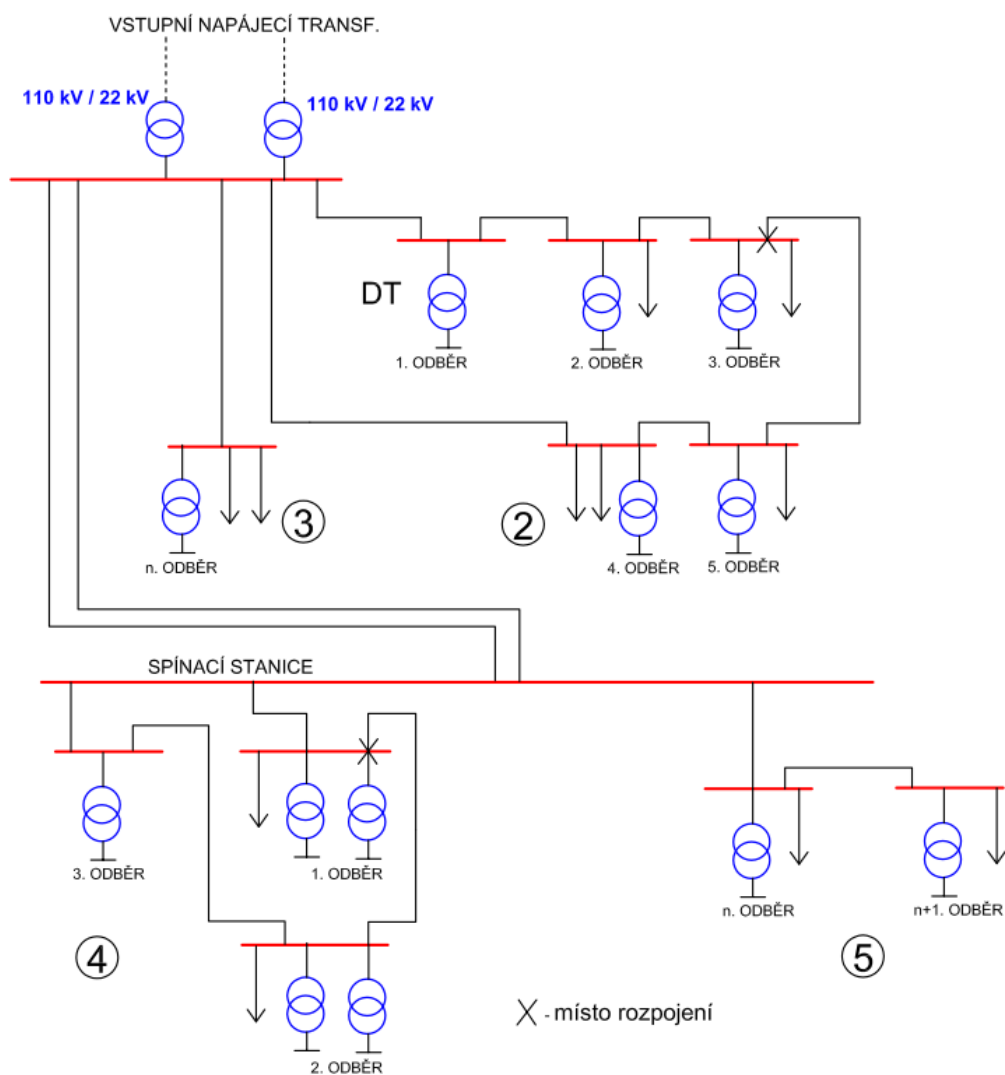
Místo je označeno jako 2 a splňuje podmínku kritéria N-1.

4.5.2.2 Napájeno s jedním transformátorem

Místo je označeno jako 3. Kde elektrická síť, pak tvoří paprskové vedení, kde spolehlivost v tom to místě je nejnižší pro dodávku el. energie.

4.5.3 Zdroj napájení je ze vstupní spínací stanice 110/22 kV

Odběr v místě 4 je elektrická síť uvažována jako okružní vedení. V posledním místě odběru 5 je vedení paprskové v tom to místě je taky dodávka spolehlivosti el. energie stejná jako v místě odběru 3.



Obr 4-7. Připojení distribučních transformoven do sítě VN [3].

Kritéria pro návrh elektrických sítí VN ve společnosti E.ON

Zjištěné parametry při návrhu nové nebo rekonstruované elektrické sítě je nutno kontrolovat podle daných stanovených hodnot. Přímou distribuční síť VN jsou ve společnosti E.ON hodnoceny a navrhovány podle uvedených kritérií v Tab. 4-6. V tabulce jsou především uvedeny doporučené a závazné hodnoty proudového zatížení pro kabelové a venkovní vedení v základním a náhradním stavu. Nechybí zde i kontrolní hodnoty sdružených napětí z napájecích z TS a limitní hodnoty sdružených napětí na konci vedení.

V praktické části této práce byly všechny parametry proudových zatížení navrhovaných vedení a napětí v uzlech vypočteny pomocí v programu Pas Daisy Off-Line Bizon (o programu více v kap. 6) a následně vypočtené parametry tímto programem byly porovnány přímo s hodnotami ze zmiňované Tab. 4-6.

Tab. 4-6. Kontrolní parametry uvažované při výpočtu sítí VN [10].

Popis parametru	Limitová hodnota	Závaznost hodnoty
Napětí napájecí v TS (základní řazení = 3 a více propojitelných TS)	23,1 kV	Závazná
Napětí napájecí v TS (náhradní napájení)	23,5 kV	Závazná
Napětí na konci vedení v základním stavu	21,0 kV	Doporučena
Napětí na konci vedení při náhradním napájení	20,5 kV	Závazná
Max. hodnota napětí v síti 22 kV	24,0 kV	Závazná
Max. proudové zatížení v základním stavu ve výhledu – venkovní síť, max. však 75 % jmenovitého proudu vodičů	160 A	Doporučena
Max. proudové zatížení v náhradním stavu ve výhledu – venkovní síť, max. však 100 % jmenovitého proudu vodičů	240 A	Závazná
Max. proudové zatížení v základním stavu ve výhledu – kabelové síť, max. však 75 % jmenovitého proudu vodičů	300 A	Doporučena
Max. proudové zatížení v náhradním stavu ve výhledu – kabelové síť, max. však 90 % jmenovitého proudu vodičů	400 A	Závazná
Maximální zatížení transformátoru (3 a více propojených trafostanic)	80 %	Doporučena

5 VÝPOČET USTÁLENÉHO CHODU SÍTĚ VN

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 a řady optimalizačních úloh, jako je hospodárné rozdělení výroby činných a jalových výkonů [7].

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

5.1 Výpočty řešení ustáleného chodu

Řešení ustáleného chodu se současně doplňuje kontrolou, zda některý přenosový prvek není přetížen.

Výpočet ustáleného chodu sítě můžeme počítat jako lineární úlohu a to pokud jsou zadány odebírané a dodávané proudy v uzlech, přes metody smyčkových proudů (MSP) nebo metody uzlových napětí (MUN).

Avšak v praxi se zadávají pro odběry a dodávky do uzlů činný a jalový výkon, to má za následek, že chod sítě nelze popsat soustavou lineárních rovnic. Pro výpočet ustáleného chodu se využije nelineárních rovnic, pak řešíme ustálený chod některou z iteračních metod.

5.1.1 Při výpočtu elektrické sítě vn uvažujeme několik předpokladů pro zjednodušení

- Parametry vedení a transformátorů jsou konstanty nezávislé na napětí a proudu.
- Neuvažujeme příčnou admitanci všech prvků soustavy (transformátorů, vedení atd.).
- U třífázových soustav uvažujeme symetrii prvků v parametrech.
- Napětí zdrojů a proudy odběrů jsou harmonickými funkcemi času s frekvencí 50 Hz.
- Parametry vedení a příklady ostatních prvků jsou konstantě nezávislé na napětí a proudu.
- Odběry jsou zadány pomocí proudů nezávislých na napětí [4].
- Při využití těchto předpokladů můžeme u trojfázových vedení úlohu řešit jako [4]:
 - Jednoduché vedení s jedním odběrem.
 - jednoduché rozvětvené vedení, vedení s odbočkami.
 - Vedení s více odběry.
 - Vedení napájené ze dvou stran.

5.1.2 Obecná metoda řešení uzlových sítí jako lineární úloha

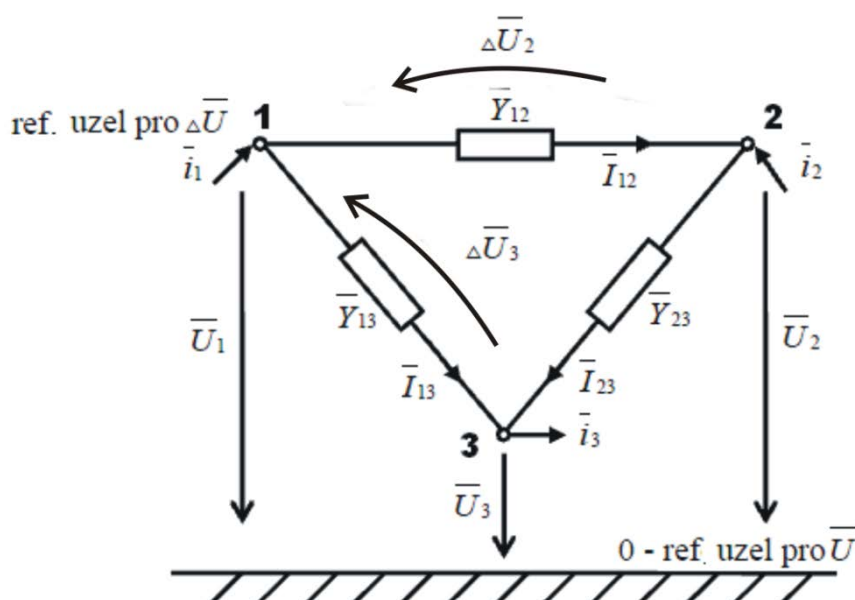
Lineární úloha představuje pohled z matematického hlediska než s praktického. Využití pro orientační výpočty, kde není zapotřebí velká přesnost výpočtu. Pro výpočty použití metody řešení lineárních obvodu se využívá (metodu smyčkových proudů, uzlových napětí, superpozici, Theveninovu větu a transfiguraci). Správné použití těchto metod se posuzuje podle počtu neznámých, které je v daném obvodu třeba vyčíslit a podle zadání zdrojů a spotřebičů [7].

U této 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 „I” nebo „II” články. Příčné admitance jsou spojeny mezi příslušný uzel sítě a uzel referenční (zem) [7].

- Podrobnou analýzou náhradních schémat rozvodných soustav můžeme zjistit s řešení a to nejvhodnější metodu uzlových napětí [4]:
 - Kostra schématu sítě má skoro vždy více paralelních větví k počtu nezávislých smyček uzlových napětí je méně než smyčkových proudů, a proto metoda uzlových napětí má méně neznámých.
 - Zdroje jsou z důvodu zatížitelnosti častěji zadávány jako ideální zdroje proudu a odběru pomocí proudů nebo výkonu, které jsou na napětí nezávislé.
 - Případné křížení větví schématu nekomplikuje u této metody jeho popis.

Vzhledem ke zmíněnému zadání odběrů a zdrojů a k zanedbání příčných admitancí všech prvků sítě nelze použít metodu uzlových napětí bez úprav. Je zapotřebí provést úpravu této metody, nahradit neznámá uzlová napětí fázory úbytků napětí v uzlech [4].

- Odvození provedeme na trojúhelníkové síti se dvěma zdroji a s jedním odběrem (viz Obr. 5-1).



Obr. 5-1. K metodě uzlových napětí [4].

Proudy v podélných admitancích vyjádříme pomocí uzlových napětí. Pro proud v podélné admitanci Y_{ij} platí:

$$\bar{I}_{ij} = (\bar{U}_i + \bar{U}_j) \cdot \bar{Y}_{ij} \quad (4.1)$$

Pak proud v uzlu č. 1 podle I Kirchhoffova zákona je:

$$\bar{i}_{1j} = (\bar{U}_1 - \bar{U}_2) \cdot \bar{Y}_{12} - (\bar{U}_1 - \bar{U}_3) \cdot \bar{Y}_{13} = (\bar{Y}_{12} + \bar{Y}_{13}) \cdot \bar{U}_1 - \bar{U}_2 \cdot \bar{Y}_{12} - \bar{U}_3 \cdot \bar{Y}_{13} \quad (4.2)$$

Vyjádření proudu i_1 a i_2 .

$$\begin{bmatrix} \bar{i}_1 \\ \bar{i}_2 \\ \bar{i}_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \bar{Y}_{11} & -\bar{Y}_{12} & -\bar{Y}_{13} \\ -\bar{Y}_{21} & \bar{Y}_{22} & -\bar{Y}_{23} \\ -\bar{Y}_{31} & -\bar{Y}_{32} & \bar{Y}_{33} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \bar{U}_1 \\ \bar{U}_2 \\ \bar{U}_3 \end{bmatrix} \quad (4.3)$$

Kde indexy proudu a napětí znamenají:

$i_1, i_2, i_3 \Rightarrow$ Jsou uzlové proudy, odběr je se znaménkem (+) a dodávky se znaménkem (-)

$U_1, U_2, U_3 \Rightarrow$ Neznámé uzlová napětí

Předchozí soustavu rovnic, můžeme zapsat v maticovém zápise:

$$[\bar{i}] = [\bar{Y}] \cdot [\bar{U}] \quad (4.4)$$

Kde prvky admitancí uzlové matice $[\bar{Y}]$ jsou sestaveny podle algoritmu vyplývajícího z II Kirchhoffova zákona.

▪ *Admitanční uzlová matice má vlastnosti*

- Pro hlavní diagonálu je souměrná, pro její prvky platí:

$$\bar{Y}_{ij} = \bar{Y}_{ji} \text{ pro } i \neq j \quad (4.5)$$

- Prvky obsazené v hlavní diagonále $\bar{Y}_{ii}$ jsou kladné a jsou to součty admitancí všech větví, které v náhradním schématu vycházejí z i-tého uzlu:

$$\bar{Y}_{ii} = \sum_{k=1}^m \bar{Y}_{ik} \quad (4.6)$$

Kde m je počet větví, které jsou spojeny v i-tém uzlu

- Mimo diagonální prvky $\bar{Y}_{ij}$ jsou záporně uvažované admitance větví spojujících v náhradním schématu uzly i a j.
- Protože náhradní schéma neobsahuje ani jedno vodivé spojení, platí pro každý řádek nebo sloupec matice $[\bar{Y}]$:

$$\bar{Y}_{ii} = \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n \bar{Y}_{ij} = 0 \text{ pro } i = 1, 2, \dots, n \quad (4.7)$$

Součet prvků v každém řádku nebo sloupci je nula. Matice je tedy singulární, její determinant je roven 0 a soustava rovnic (4.3) nemá řešení pro neznámá uzlová napětí. Při řešení obecného případu s „n“ uzly obdržíme soustavu „n“ lineárních komplexních rovnic.

Tuto vlastnost lze odstranit, vyjádříme-li si uzlová napětí pomocí fázorů úbytků napětí měřených v jednom z uzlů sítě a napětí tohoto uzlu, (referenčního uzlu fázorů úbytků napětí).

$$\bar{U}_i = (\bar{U}_1 + \Delta U_i) \quad \text{pro } i = 1, 2, \dots, n; \quad \Delta \bar{U}_1 = 0 \quad (4.8)$$

Pokud dosadíme do rovnic (4.8) a do rovnice (4.3), budeme mít tvar:

$$\begin{aligned} \bar{i}_i &= (\bar{U}_1 - \Delta \bar{U}_1) \cdot \bar{Y}_{11} - (\bar{U}_1 + \Delta \bar{U}_2) \cdot \bar{Y}_{12} - (\bar{U}_1 + \Delta \bar{U}_3) \cdot \bar{Y}_{13} \\ \bar{i}_i &= (\bar{Y}_{11} - \bar{Y}_{12} - \bar{Y}_{13}) \cdot \bar{U}_1 + \Delta \bar{U}_1 \cdot \bar{Y}_{11} - \Delta \bar{U}_2 \cdot \bar{Y}_{12} - \Delta \bar{U}_3 \cdot \bar{Y}_{13} \end{aligned} \quad (4.9)$$

Kde $(\bar{Y}_{11} + \bar{Y}_{12} + \bar{Y}_{13}) = 0$

Rovnice bude mít tvar po této substituci (4.4):

$$[\bar{i}] = [\bar{Y}] \cdot [\Delta \bar{U}] \quad (4.10)$$

Protože úbytek napětí v referenčním uzlu pro fázory úbytků napětí je roven nule, sníží se počet neznámých v soustavě rovnic (4.10) o jednu. Soustavu rovnic pro náhradní schéma z Obr. 5-1 se třemi uzly lze přepsat na tvar:

$$\begin{bmatrix} \bar{i}_2 \\ -\bar{i}_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \bar{Y}_{22} & -\bar{Y}_{23} \\ -\bar{Y}_{23} & \bar{Y}_{33} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \Delta \bar{U}_2 \\ \Delta \bar{U}_3 \end{bmatrix} \quad (4.11)$$

V případě sítě s n uzly, ve které byl jeden uzel zvolen za referenční uzel pro fázory úbytků napětí, řeší se neznámé fázory úbytků napětí ze soustavy $n-1$ rovnic:

$$\begin{aligned} [i] &= [\bar{Y}]' \cdot [\Delta \bar{U}] \\ [\Delta \bar{U}] &= [\bar{Y}]'^{-1} \cdot [i] \end{aligned} \quad (4.12)$$

Matice admitancí $[\bar{Y}]'$ má oproti $[\bar{Y}]$ matici nenulový determinant, protože uzel 1 je obsažen v náhradním schématu a součet prvků této matice nejméně v jednom řádku a sloupci není nulový:

Ze soustavy (4.12) lze vypočítat úbytky napětí:

$$[\Delta \bar{U}] = [\bar{Y}]'^{-1} \cdot [i] \quad (4.13)$$

Případně při známém napětí referenčního uzlu $\bar{U}_1$ můžeme určit fázory zbylých uzlových napětí úbytků, podle rovnice (4.8) a zbylé proudové rozdělení sítě se stanoví podle rovnice (4.1).

5.1.3 Praktická metoda výpočtu ustáleného chodu jako nelineární úloha

V praxi jsou odběry a dodávky v uzlech elektrické sítě zadávány pomocí činných a jalových výkonů.

Takže pro i -tý uzel ES platí:

$$\bar{S}_i = P_i + jQ_i = \bar{U}_i \cdot \bar{I}_i^* \quad (4.14)$$

Kde: $\bar{I}_i^*$ komplexně sdružený proud k proudu $\bar{I}_i$

Pro Jalový a činný výkon z rovnice (4.14) platí, že znaménka pro konvenci mezi těmito výkony jsou v Tab. 5-1.

Tab. 5-1. Znaménková konvence u činného a jalového výkonu v i -tém uzlu ES [7].

Uzel Posun proudu	Zdroj $P > 0$	Odběr $P < 0$
Induktivní $\varphi > 0$	$Q > 0$	$Q < 0$
Kapacitní $\varphi < 0$	$Q < 0$	$Q > 0$

Kde: φ Fázový posuv napětí a proudu, pak můžeme napsat že:

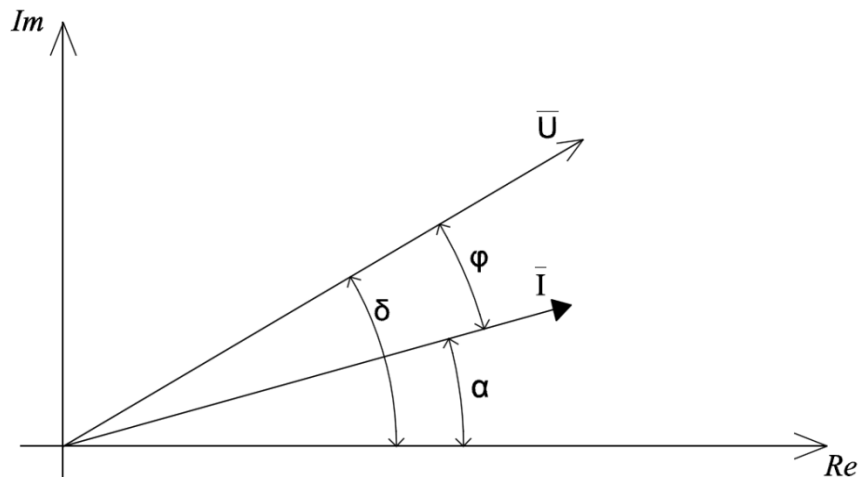
$$\bar{S}_i = \bar{U}_i \angle \delta_i \cdot \bar{I}_i \angle \alpha_i = \bar{U}_i \cdot \bar{I}_i \angle \delta_i - \alpha_i = \bar{U}_i \cdot \bar{I}_i \angle \varphi_i = S_i \cdot (\cos \varphi_i + j \sin \varphi_i) \quad (4.15)$$

Kde úhly vyjadřují:

$\delta_i \Rightarrow$ Vyjadřuje fázový posuv napětí v i -tém uzlu vůči reálné ose,

$\alpha_i \Rightarrow$ Určuje fázový posuv proudu vůči reálné ose

Můžeme si uvést fázorový diagram, kde proud je zpožděn za napětím u zdroje činného výkonu.



Obr. 5-2. Fázorový diagram, proud je zpožděn za napětím

Na Obr. 5-2. Vidíme, že pro induktivní posuv proudu vůči napětí pro zdroj činného výkonu je $\varphi > 0$ a $P > 0$, pak podle znaménkové konvence (Tab. 5-1) je $Q > 0$

Z rovnice (4.14) zjistíme proud:

$$\bar{I}_i = \frac{\bar{S}_i^*}{\bar{U}_i^*} = \frac{P_i - jQ_i}{\bar{U}_i^*} \quad (4.16)$$

Proud v i -tém uzlu si určíme pomocí metody uzlových napětí, při tom předpokládáme eliminaci bilančního uzlu (Odhad napětí v uzlu č. 1):

$$\bar{I}_i = \sum_{j=1}^n \bar{Y}_{ij} \cdot \bar{U}_j, \quad \text{pro } i = 2, 3, \dots, n \quad (4.17)$$

Položíme-li do rovnosti pravé strany rovnic (4.16) a (4.17), dostaneme vztah popisující poměry v elektrické síti:

$$\frac{P_i - jQ_i}{\bar{U}_i^*} = \sum_{j=1}^n \bar{Y}_{ij} \cdot \bar{U}_j, \quad \text{pro } i = 2, 3, \dots, n \quad (4.18)$$

Protože jsou zadány výkony dodávek a odběrů v uzlech sítě, napětí bilančního uzlu a admitance Y_{ij} , pak samotný výpočet vede k neznámým uzlovým napětím k řešení soustavy nelineárních kvadratických rovnic (4.18).

Pro řešení rovnic se v praktickém výpočtu používají iterační metody Gauss-Seidlova a Newtonova iterační metoda viz kapitoly níže.

- Uzly elektrických sítí, při řešení ustáleného chodu rozdělujeme do tří skupin
 - **V bilančním uzlu (U, δ)** je zadáno napětí a jeho úhel. Tento uzel má za úkol hradit případnou nerovnováhu v bilanci uzlových výkonů a navíc musí hradit ztráty činného a jalového výkonu v síti. Za bilanční uzel by měl obsahovat v ES největší napětí a výkon.
 - **Regulační neboli kompenzační uzly (U, P)** jsou uzly se zadaným činným výkonem a absolutní hodnotou napětí.
 - **Odběrové a zdrojové uzly (P, Q)** jsou zadány činným a jalovým výkonem buď dodávaným do uzlu nebo odebíraným v uzlu. Odběry a dodávky rozlišujeme znaménky podle Tab. 5-1.

5.1.4 Iterační metody pro řešení ustáleného chodu sítě

Výpočty nezávisle proměnných veličin chodu sítě u nelineárních rovnic jsou obtížné je řešit přibližnou hodnotou, proto je řešíme pomocí iteračních metod. Jednotlivé metody se liší množstvím početních operací nutných. Dosažení přesnosti výsledku a dále veličinou, která je v průběhu výpočtu testována požadovanou přesností. Volba iterační metody závisí na tom, která z veličin chodu se má nejvíce blížit přesnému výsledku. Pokud chceme lepší přesnost při výpočtu napětí, je vhodná metoda Gaussova nebo Gauss – Seidlova. Mají-li být v požadované přesnosti výkony, je vhodnější použít metodu Newtonovu [7].

5.1.4.1 Gauss-Seidlova metoda

Tahle metoda je přesnější při výpočtu napětí. Vyznačuje se jednoduchým algoritmem výpočtu a oproti jiným iteračním metodám potřebuje krátkou dobu výpočtu na jeden iterační krok. Nevýhodou je však její pomalá konvergence (při málo zauzlených sítích). 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 [7].

Řeší se soustava nelineárních rovnic:

$$\begin{aligned} f_1(x_1, x_2, \dots, x_n) &= y_1 \\ f_2(x_1, x_2, \dots, x_n) &= y_2 \\ &\vdots \\ f_n(x_1, x_2, \dots, x_n) &= y_n \end{aligned} \quad (4.19)$$

Soustavu upravíme vhodnou pro iteraci:

$$\begin{aligned} x_1 &= y_1 + \Phi_1(x_1, x_2, \dots, x_n) \\ x_2 &= y_2 + \Phi_2(x_1, x_2, \dots, x_n) \\ &\vdots \\ x_n &= y_n + \Phi_n(x_1, x_2, \dots, x_n) \end{aligned} \quad (4.20)$$

Iterační přepis je následující:

$$\begin{aligned} x_1^{(k+1)} &= y_1 + \Phi_1(x_1^{(k)}, x_2^{(k)}, \dots, x_n^{(k)}) \\ x_2^{(k+1)} &= y_2 + \Phi_2(x_1^{(k+1)}, x_2^{(k)}, \dots, x_n^{(k)}) \\ &\vdots \\ x_n^{(k+1)} &= y_n + \Phi_n(x_1^{(k+1)}, x_2^{(k+1)}, \dots, x_{n-1}^{(k+1)}, x_n^{(k)}) \end{aligned} \quad (4.21)$$

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

Iterační výpočet se ukončí, pokud bude platit podmínka:

$$|x_i^{(k+1)} - x_i^{(k)}| \leq \varepsilon \quad \text{pro všechna } i = 1, 2, \dots, n \quad (4.22)$$

Kde ε představuje požadovanou přesnost výpočtu.

- **Obecný postup Gauss-Seidlový iterační metody** na řešení soustavy nelineárních rovnic (4.19). Upravíme ji do tvaru vhodné iterace.

$$\frac{P_i - jQ_i}{\bar{U}_i^*} = \sum_{j=1}^{i-1} \bar{Y}_{ij} \cdot \bar{U}_j + \bar{Y}_{ii} \cdot \bar{U}_i + \sum_{j=i+1}^n \bar{Y}_{ij} \cdot \bar{U}_j \quad (4.23)$$

Vyjádření napětí $\bar{U}_i$:

$$\bar{U}_i = \frac{1}{\bar{Y}_{ii}} \cdot \left(\frac{P_i - jQ_i}{\bar{U}_i^*} \cdot \sum_{j=1}^{i-1} \bar{Y}_{ij} \cdot \bar{U}_j - \sum_{j=i+1}^n \bar{Y}_{ij} \cdot \bar{U}_j \right) \text{ pro } i = 2, 3, \dots, n \quad (4.24)$$

Rovnici (4.24) převedeme do iteračního tvaru:

$$\bar{U}_i^{(k+1)} = \frac{1}{\bar{Y}_{ii}} \cdot \left(\frac{P_i - jQ_i}{(\bar{U}_i^{(k)})^*} \cdot \sum_{j=1}^{i-1} \bar{Y}_{ij} \cdot \bar{U}_j^{(k+1)} - \sum_{j=i+1}^n \bar{Y}_{ij} \cdot \bar{U}_j^{(k)} \right) \text{ pro } i = 2, 3, \dots, n \quad (4.25)$$

Výpočet je ukončen, je-li splněna podmínka:

$$|\bar{U}_i^{(k+1)} - \bar{U}_i^{(k)}| \leq \varepsilon \text{ pro všechna } i \quad (4.26)$$

Kde ε představuje požadovanou přesnost výpočtu

5.1.4.2 Newton-Raphsonova iterační metoda

Tahle ta iterační metoda v porovnání s Gauss-Seidlovou metodou velmi rychle konverguje a potřebný počet iterací k dosažení požadované přesnosti řešení málo závisí na rozlehlosti sítě. Ale naopak je zase zdlouhavá pro čas na výpočet jedné iterace oproti Gauss-Seidlové metodě. Výstupní hodnoty při výpočtu v ustáleném chodu sítě mohou být využity při řešení přechodových dějů, zkraty, statické a dynamické stability, řady optimalizačních úloh, jako je hospodárné rozdělení výroby činných a jalových výkonů [7].

Budeme řešit soustavu nelineárních rovnic (4.19). Nejdříve se provedeme odhad kořenů při nulté iteraci $x_1^{(0)}, x_2^{(0)}, \dots, x_n^{(0)}$. Odhady kořenů se liší od jejich přesné hodnoty o $\Delta x_1, \Delta x_2, \dots, \Delta x_n$.

Výsledný tvar přesných hodnot kořenů budou $x_1 = x_1^{(0)} + \Delta x_1, x_2 = x_2^{(0)} + \Delta x_2, \dots, x_n = x_n^{(0)} + \Delta x_n$

Předešlou soustavu rovnic můžeme přepsat do vztahu:

$$\begin{aligned} f_1(x_1^{(0)} + \Delta x_1, x_2^{(0)} + \Delta x_2, \dots, x_n^{(0)} + \Delta x_n) &= y_1 \\ f_2(x_1^{(0)} + \Delta x_1, x_2^{(0)} + \Delta x_2, \dots, x_n^{(0)} + \Delta x_n) &= y_2 \\ &\vdots \\ f_n(x_1^{(0)} + \Delta x_1, x_2^{(0)} + \Delta x_2, \dots, x_n^{(0)} + \Delta x_n) &= y_n \end{aligned} \quad (4.27)$$

Každou rovnici z (4.27), můžeme rozepsat podle Taylorovy řady funkcí proměnných v bodě $x_i^{(0)}$:

$$f_1(x_1^{(0)} + x_2^{(0)}, \dots, x_n^{(0)} + \Delta x_n) + \frac{\delta f_1}{\delta x_1} \Big|_0 \cdot \Delta x_1 + \frac{\delta f_1}{\delta x_2} \Big|_0 \cdot \Delta x_2 + \dots + \frac{\delta f_1}{\delta x_n} \Big|_0 \cdot \Delta x_n = y_1 \quad (4.28)$$

Kde $\frac{\delta f_1}{\delta x_i} \Big|_0$ je to pariciální derivace v bodě $x_i^{(0)}$

Označíme-li výraz $f_1(x_1^{(0)}, x_2^{(0)}, \dots, x_n^{(0)}) = y_1^{(0)}$ pak rovnici (4.28), bude mít tvar:

$$\frac{\delta f_1}{\delta x_1} \Big|_0 \cdot \Delta x_1 + \frac{\delta f_1}{\delta x_2} \Big|_0 \cdot \Delta x_2 + \dots + \frac{\delta f_1}{\delta x_n} \Big|_0 \cdot \Delta x_n = y_1 - y_1^{(0)} = \Delta y_1^{(0)} \quad (4.29)$$

Kde: $\Delta y_1^{(0)}$ – rozdíl zadané hodnoty pravé strany y_1
 $y_1^{(0)}$ – určené dosazením odhadu do rovnice (4.28)

Úpravou rovnice (4.27) budeme mít soustavu lineárních rovnic a to pro výpočet neznámých diferencí $\Delta x_1, \Delta x_2, \dots, \Delta x_n$:

$$\begin{bmatrix} \frac{\partial f_1}{\partial x_1} \Big|_0 & \frac{\partial f_1}{\partial x_2} \Big|_0 & \dots & \frac{\partial f_1}{\partial x_n} \Big|_0 \\ \frac{\partial f_2}{\partial x_1} \Big|_0 & \frac{\partial f_2}{\partial x_2} \Big|_0 & \dots & \frac{\partial f_2}{\partial x_n} \Big|_0 \\ \vdots & & & \\ \frac{\partial f_n}{\partial x_1} \Big|_0 & \frac{\partial f_n}{\partial x_2} \Big|_0 & \dots & \frac{\partial f_n}{\partial x_n} \Big|_0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \Delta x_1 \\ \Delta x_2 \\ \vdots \\ \Delta x_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta y_1^{(0)} \\ \Delta y_2^{(0)} \\ \vdots \\ \Delta y_n^{(0)} \end{bmatrix} \quad (4.30)$$

Rovnici (4.30) můžeme přepsat na zkrácený tvar:

$$[J] \cdot [\Delta x] = [\Delta y] \quad (4.31)$$

Kde $[J]$ je matice parciálních derivací, značena jako Jacobián.

Ze soustavy rovnice (4.31), zjistíme vektor hledané diferencí $[\Delta x]$, tím pádem zjistíme nové opravené odhady kořenů:

$$x_i^{(1)} = x_i^{(0)} + \Delta x_i \quad \text{pro } i = 1, 2 \dots n \quad (4.32)$$

- **Obecný postup Newton-Raphsonovy iterační metody, procesem postupného zpřesňováním kořenů soustavy rovnic (4.19):**

$$\begin{aligned} [\Delta x^{(k)}] &= [\Delta f^{(k)}]^{-1} \cdot [\Delta y^{(k)}] \\ x_i^{(k+1)} &= x_i^{(k)} + \Delta x_i^{(k)} \end{aligned} \quad (4.33)$$

Kde člen (k) určuje k -tou iteraci, ale předpokládáme, že existuje spojitá derivace $\frac{\delta f_i}{\delta x_i}$ pro $i, j=1,2,\dots,n$. Pak máme zajištěnou jednoznačné řešení iteračního postupu.

Pro rovnice které popisuje ustálený chod, aplikujeme tuto metodu. A to tak, že rovnici (4.18) upravíme:

$$P_i - jQ_i = \bar{U}_i^* \cdot \sum_{j=1}^n \bar{Y}_{ij} \cdot \bar{U}_j \quad \text{pro } i = 1, 2, \dots, n \quad (4.34)$$

Pravou stranu rovnice (4.34) rozepíšeme na reálnou a imaginární složku v polárním tvaru:

$$\bar{U}_i = \bar{U}_i \angle \delta_i, \quad \bar{U}_i^* = \bar{U}_i \angle -\delta_i, \quad \bar{Y}_{ij} = \bar{Y}_{ij} \angle \alpha_{ij} \quad (4.35)$$

Polární tvary napětí a admitance vložíme do rovnice (4.34) dostáváme po úpravě s použitím vztahů pro $\cos(-x) = \cos(x)$ a $\sin(-x) = -\sin(x)$

$$\begin{aligned} P_i &= \sum_{j=1}^n \bar{Y}_{ij} \cdot \bar{U}_j \cdot \bar{U}_i \cdot \cos(\delta_i - \delta_j - \alpha_{ij}) \quad \text{pro } i = 1, 2, \dots, n \\ Q_i &= \sum_{j=1}^n \bar{Y}_{ij} \cdot \bar{U}_j \cdot \bar{U}_i \cdot \sin(\delta_i - \delta_j - \alpha_{ij}) \quad \text{pro } i = 1, 2, \dots, n \end{aligned} \quad (4.36)$$

Rovnice (4.36), představují soustavu $2 \cdot (n-1)$ pro $(n-1)$ pro neznámá napětí a jejich úhlů. Ve všech uzlech jsou zadány dodávané či odebírané činné a jalové výkony, kromě bilančního uzlu, kde je už zadáno U a jeho úhel δ .

Pro výpočet diferencí $\Delta \bar{U}_i$ a $\Delta \bar{\delta}_i$ dosadíme do rovnice (4.36) a soustavy (4.33):

$$\begin{bmatrix} \Delta P_2 \\ \Delta P_3 \\ \vdots \\ \Delta P_n \\ \Delta Q_2 \\ \Delta Q_3 \\ \vdots \\ \Delta Q_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial P_2}{\partial U_2}, \frac{\partial P_2}{\partial U_3}, \dots, \frac{\partial P_2}{\partial U_n}, \frac{\partial P_2}{\partial \delta_2}, \frac{\partial P_2}{\partial \delta_3}, \dots, \frac{\partial P_2}{\partial \delta_n} \\ \frac{\partial P_3}{\partial U_2}, \frac{\partial P_3}{\partial U_3}, \dots, \frac{\partial P_3}{\partial U_n}, \frac{\partial P_3}{\partial \delta_2}, \frac{\partial P_3}{\partial \delta_3}, \dots, \frac{\partial P_3}{\partial \delta_n} \\ \vdots \\ \frac{\partial P_n}{\partial U_2}, \frac{\partial P_n}{\partial U_3}, \dots, \frac{\partial P_n}{\partial U_n}, \frac{\partial P_n}{\partial \delta_2}, \frac{\partial P_n}{\partial \delta_3}, \dots, \frac{\partial P_n}{\partial \delta_n} \\ \frac{\partial Q_2}{\partial U_2}, \frac{\partial Q_2}{\partial U_3}, \dots, \frac{\partial Q_2}{\partial U_n}, \frac{\partial Q_2}{\partial \delta_2}, \frac{\partial Q_2}{\partial \delta_3}, \dots, \frac{\partial Q_2}{\partial \delta_n} \\ \frac{\partial Q_3}{\partial U_2}, \frac{\partial Q_3}{\partial U_3}, \dots, \frac{\partial Q_3}{\partial U_n}, \frac{\partial Q_3}{\partial \delta_2}, \frac{\partial Q_3}{\partial \delta_3}, \dots, \frac{\partial Q_3}{\partial \delta_n} \\ \vdots \\ \frac{\partial Q_n}{\partial U_2}, \frac{\partial Q_n}{\partial U_3}, \dots, \frac{\partial Q_n}{\partial U_n}, \frac{\partial Q_n}{\partial \delta_2}, \frac{\partial Q_n}{\partial \delta_3}, \dots, \frac{\partial Q_n}{\partial \delta_n} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \Delta U_2 \\ \Delta U_3 \\ \vdots \\ \Delta U_n \\ \Delta \delta_2 \\ \Delta \delta_3 \\ \vdots \\ \Delta \delta_n \end{bmatrix} \quad (4.37)$$

Kde $\Delta \bar{U}_i$ je difference odhadu uzlového napětí od přesné hodnoty kořenů rovnice (4.36).

Rovnici (4.37) můžeme napsat zkráceně:

$$\begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial P}{\partial U} & \frac{\partial P}{\partial \delta} \\ \frac{\partial Q}{\partial U} & \frac{\partial Q}{\partial \delta} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \Delta U \\ \Delta \delta \end{bmatrix} \quad (4.38)$$

Výpočet jednotlivých prvků Jacobiánu v rovnici (4.37) derivováním rovnic (4.36) podle proměnných.

- Výpočet prvku: $\frac{\partial P}{\partial U}$

- Diagonální prvky:

$$\frac{\partial P_i}{\partial U_i} = 2 \cdot U_i \cdot Y_{ii} \cdot \cos \alpha_{ii} + \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n U_i \cdot Y_{ij} \cdot \cos(\delta_i - \delta_j - \alpha_{ij}) \quad (4.39)$$

- Mimo diagonální prvky:

$$\frac{\partial P_i}{\partial U_j} = U_i \cdot Y_{ij} \cdot \cos(\delta_i - \delta_j - \alpha_{ij}) \text{ pro } i \neq j \quad (4.40)$$

- Výpočet prvku: $\frac{\partial P}{\partial \delta}$

- Diagonální prvky:

$$\frac{\partial P_i}{\partial \delta_i} = - \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n U_i \cdot U_j \cdot Y_{ij} \cdot \sin(\delta_i - \delta_j - \alpha_{ij}) \quad (4.41)$$

- Mimo diagonální prvky:

$$\frac{\partial P_i}{\partial \delta_j} = U_i \cdot U_j \cdot Y_{ij} \cdot \sin(\delta_i - \delta_j - \alpha_{ij}) \quad \text{pro } i \neq j \quad (4.42)$$

- Výpočet prvku: $\frac{\partial Q}{\partial U}$

- Diagonální prvky:

$$\frac{\partial Q_i}{\partial U_i} = -2 \cdot U_i \cdot Y_{ii} \cdot \sin \alpha_{ii} + \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n U_j \cdot Y_{ij} \cdot \sin(\delta_i - \delta_j - \alpha_{ij}) \quad (4.43)$$

- Mimo diagonální prvky:

$$\frac{\partial Q_i}{\partial U_j} = U_i \cdot Y_{ij} \cdot \cos(\delta_i - \delta_j - \alpha_{ij}) \quad \text{pro } i \neq j \quad (4.44)$$

- Výpočet prvku: $\frac{\partial Q}{\partial \delta}$

- Diagonální prvky:

$$\frac{\partial Q_i}{\partial \delta_i} = \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n U_i \cdot U_j \cdot Y_{ij} \cdot \cos(\delta_i - \delta_j - \alpha_{ij}) \quad (4.45)$$

- Mimo diagonální prvky:

$$\frac{\partial Q_i}{\partial \delta_j} = -U_i \cdot U_j \cdot Y_{ij} \cdot \cos(\delta_i - \delta_j - \alpha_{ij}) \quad \text{pro } i \neq j \quad (4.46)$$

5.1.4.3 Zkrácený postup výpočtu Newton – Raphsonovy iterační metody [7]:

a) Při výpočtu nultého iteračního kroku $k = 0$ odhadneme napětí v uzlech sítě a jejich úhly:

$$\bar{U}_i^{(0)} = \bar{U}_1^{(0)} \quad \text{pro } i = 2, 3 \dots n \quad (4.47)$$

b) Hodnoty z rovnice (4.47) dosadíme do (4.36):

$$\begin{aligned} P_i^{(0)} &= P_{i(z)} - P_i \cdot (U_1, U_2,^{(0)} \dots U_n^{(0)}; \delta_1, \delta_2,^{(0)} \dots \delta_n^{(0)}) \\ Q_i^{(0)} &= Q_{i(z)} - Q_i \cdot (U_1, U_2,^{(0)} \dots U_n^{(0)}; \delta_1, \delta_2,^{(0)} \dots \delta_n^{(0)}) \end{aligned} \quad (4.48)$$

Kde výkony $P_{i(z)}$ a $Q_{i(z)}$ jsou zadanými hodnotami.

c) Dosadíme do odhadnutých napětí v nultém iteračním kroku do rovnic (4.39) a (4.46) vypočítáme hodnoty prvků Jacobiánu.

d) Následně vyřešíme soustavu lineárních rovnic (4.37) dostaneme výsledné difference $\Delta \bar{U}_i^{(0)}$ a $\Delta \bar{\delta}_i^{(0)}$ v nulté iteraci.

e) Výpočet první iteraci napětí a jejich úhlů:

$$\begin{aligned} \bar{U}_i^{(1)} &= \bar{U}_1^{(0)} + \Delta \bar{U}_1^{(0)} \\ \bar{\delta}_i^{(1)} &= \bar{\delta}_1^{(0)} + \Delta \bar{\delta}_1^{(0)} \end{aligned} \quad (4.49)$$

f) Už přesné hodnoty napětí a jejich úhlů, nahradíme původními odhady a zase provedeme iterační krok podle bodu a) až f).

g) Výpočet je ukončen, až je splněna podmínka:

$$\begin{aligned} |P_i^{(k)}| &\leq \varepsilon \quad \text{pro } i = 2, 3 \dots n \\ |Q_i^{(k)}| &\leq \varepsilon \quad \text{pro } i = 2, 3 \dots n \end{aligned} \quad (4.50)$$

Kde ε představuje požadovanou přesnost výpočtu.

5.1.4.4 Zjednodušení Newtonovi – Raphsonovi iterační metody

Pokud nepotřebujeme přesné výpočty, použije se zjednodušení.

$$\left[\frac{\partial P}{\partial U} \right] = [0]; \left[\frac{\partial Q}{\partial \delta} \right] = [0] \quad (4.51)$$

Zjednodušený tvar k rychlému výpočtu:

$$[\Delta P] = \left[\frac{\partial P}{\partial \delta} \right] \cdot \Delta \delta; [\Delta Q] = \left[\frac{\partial Q}{\partial U} \right] \cdot \Delta U \quad (4.52)$$

Protože při změnách absolutní velikosti napětí se činné výkony v uzlech moc nemění a jalového výkonu se zase nemění při regulaci úhlů uzlových napětí. Proto podmínky v rovnicích (4.51) a (4.52).

6 PROGRAM PAS DAISY OFF-LINE V. 4.00 BIZON

Výpočet ustáleného chodu pro rozvodnu Moravany u Brna se provede pomocí programu PAS DAISY Off-Line od firmy DAISY. Všeobecně je to programový systém pro výpočty režimů elektroenergetických sítí. Je určen především pro plánování rozvoje, projektování a dlouhodobou přípravu provozu rozvodných sítí nn, vn a vvn. Obsahuje podporu pro výpočty nastavení ochrany a jistění pojistkami a jističi.

Samostatná společnost E.ON používá uvedený program pro řešení provozních stavů elektrické sítě (ustálený chod, zkrat), rekonstrukci distribuční sítě města.

Program se nachází ve dvou režimech činnosti. Základní režim, který je iniciován po startu, je režim „Výpočty“. V tomto režimu může uživatel provádět jednotlivé výpočty na již zadané studii. Nelze však provádět zásahy do obrázků a přidávat nebo rušit elektrické objekty. K tomu slouží druhý režim – „Editor“. Ten uživateli poskytuje sadu pomůcek pro úpravu studií.

Umožňuje práci s podkladovými mapami ve formátech CIT, DGN, DXF, ESRI Shape file, BMP a JPG - zobrazení a tisk v definovaném měřítku - umožňuje tak přesné zakreslení sítě nad importovanými mapami [17].

Program Pas Daisy Off-Line V 4.00 Bizon zahrnuje [18]:

- Snadné vytváření a modifikace schématu sítě přímo v obrázku
- Velikost počítané sítě je v principu neomezena (můžou být jen omezena licenčními podmínkami)
- Databáze se vytváří současně s tvorbou obrázku – nakreslené schéma je okamžitě použitelné pro výpočty
- Snadné napojení na reálná data ze systémů PAS DAISY On-line nebo jiných zdrojů
- Rozpočet odběrů po kmenových linkách a možnost přiřazovat uzlům odběrová místa
- Plnohodnotné výpočetní modely trojvinutových transformátorů a souběžných vedení
- Grafické odlišení vedení venkovních a kabelových
- Analýza ustáleného chodu elektrické sítě s využitím plného matematického modelu s kontrolou přetížení linek
- Kontrola úrovně zabezpečení sítě proti náhodným výpadkům (contingency analysis)
- Ověření důsledků zamýšlených změn v síti (zatížení linek a transformátorů).
- Zobrazení výsledků ve schématech sítě a v tabulkových sestavách
- Tisk výsledků (přímo z obrázků) v tabulkovém i grafickém tvaru; při tisku jsou zachovány všechny možnosti probarvení sítě.
- Schopnost mít v jednom okamžiku rozpracovaných několik nezávislých sítí nebo jejich variant (tzv. studií), jednoduché přepínání mezi nimi
- Do systému mohou být doplněny další funkce podle potřeb konkrétního zákazníka
- Všechny obrazové informace jsou ukládány v reálných souřadnicích (milimetrech),
- Umožňuje práci s mapovým materiálem obdobným způsobem jako systémy GIS: spolupracuje s katalogem map a umí využít jak rastrové, tak vektorové formáty elektronických map
- Podporuje týmovou spolupráci celých skupin uživatelů a disponuje schopností správy a používání referenčních dat
- Okamžité vyhodnocení a zobrazení topologie
- Rozpočet odběrů po kmenových linkách a možnost přiřazovat uzlům odběrová místa (koncoví spotřebitelé, funkce pro VN a NN
- Analýza zkratových poměrů v síti: úplný výpočet symetrických, nesymetrických

6.1 Výpočetní metody PAS DAISY OFF-LINE BIZON.

6.1.1 Výpočet ustáleného chodu sítě (LFOFF)

Jeho cílem je poskytnout přehled o současném stavu sítě a umožňuje porovnávat jednotlivé provozní varianty s ohledem např. na minimalizaci ztrát v síti nebo na napěťový profil.

Výpočet probíhá modifikovanou metodou Newton-raphson (zhruba popsána v kap. 5.1.4.2), čímž je zaručena rychlá a spolehlivá konvergence výpočtu. V této metodě není nutné provádět sestavení Jacobiánu v každé iteraci. Podle požadované přesnosti a stavu sítě končí výpočet na počtu 3-6 iterací! Výpočet probíhá samostatně pro každou uzlovou soustavu v síti [17].

6.1.2 Výpočet zkratových poměrů sítě – ZKOFF

Základním cílem této části programu je poskytnout provozním přehled o současném stavu sítě a nástroj umožňující ověřovat přípustnost plánovaných zásahů do provozu sítě. Rovněž umožňuje porovnávat jednotlivé provozní varianty s ohledem na nastavení ochrany atd.

Výpočet probíhá metodou souměrných složek. Pro jednotlivé složkové soustavy se sestaví imedanční matice, které se triangularizují a připraví se transformační vektory pro zpětný chod. S pomocí těchto matic se pro každý požadovaný uzel sítě provede pouze zpětný chod a určí se složková napětí v soustavě a z nich zkratové poměry v požadovaném rozsahu sítě. Veškeré vytvářené matice jsou komplexní, to znamená, že se uvažují u všech síťových prvků reálné a imaginární složky vodivosti.

Vždy je možné počítat kterýkoliv druh zkratu (třífázový, jednofázový, dvoufázový, nebo dvoufázový zemní zkrat) [17].

6.1.3 Výpočet zabezpečení chodu sítě (CNOFF)

Slouží pro kontrolní výpočty zabezpečení chodu elektrické sítě vvn/vn. Jeho základním cílem je poskytnout provozním pracovníkům přehled o současném stavu zajištění bezpečnosti chodu sítě, rovněž umožňuje ověřovat přípustnost plánovacích zásahů do provozu sítě.

Základní metodou výpočtu je cyklické využití výpočtu ustáleného chodu sítě pro všechny kontrolované poruchy. Vzhledem k časové náročnosti tohoto postupu je v daném případě zvolen zjednodušující postup.

Výsledkem výpočtu bezpečnosti chodu soustavy se bere součet činných odběrů odpadlých při poruše sledované větve (vedení nebo transformátor) [17].

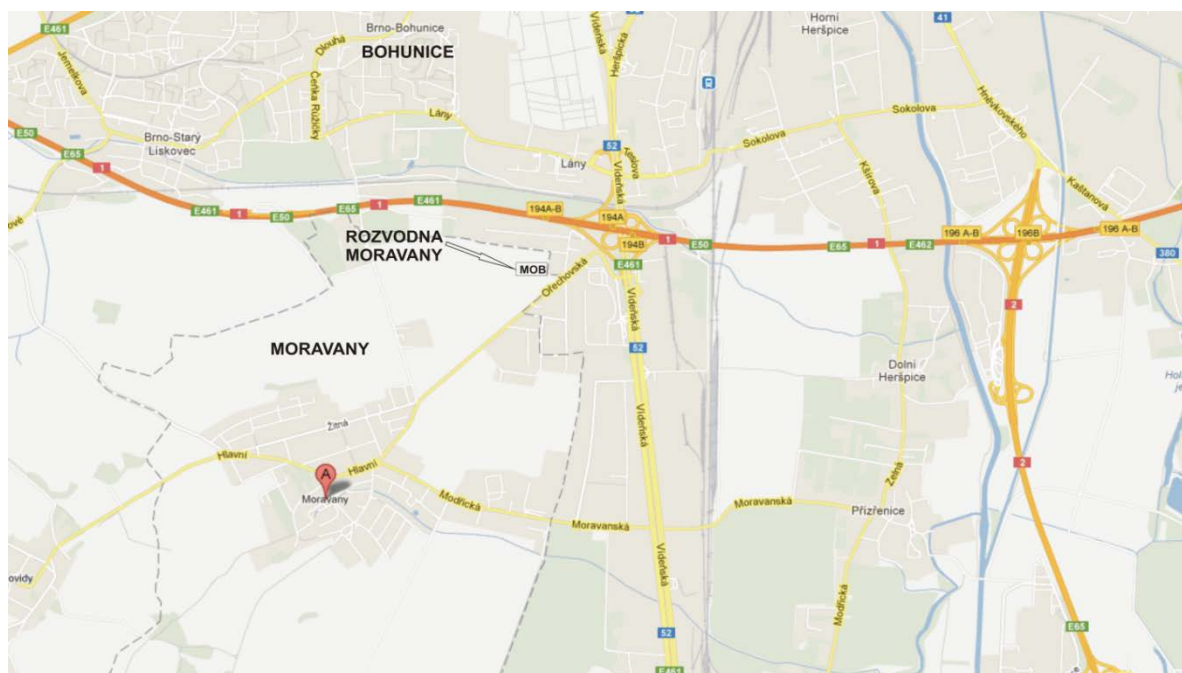
6.1.4 Výpočet topologie

Je to výpočetní metoda, která v síti vyhledává a označuje galvanické spojené souvislé části nebo ostrovy. Každé takové topologicky souvislé jinak nepřipojené části celé sítě říkáme komponenta sítě.

Barva komponentu v návržení sítě je převzata z barvy zdroje, který komponentu napájí. Bez označení barev, byla by celá síť barvena jednou barvou, a to barvou v síti VVN, což je nežádoucí. Při použití tohoto způsobu výpočtu topologie bude síť VVN barvena červeně a sítě VN budou barveny dle svých napájecích transformátorů. To nám dává názorný přehled u sítě velkého rozsahu [17].

7 POPIS TRANSFORMAČNÍ STANICE MORAVANY U BRNA

Na začátku září v roce 2011 byla zprovozněna nová rozvodna Moravany u Brna s hladinou napětím 110/22 kV. Její důvod výstavby byl posílit rozvod elektrické energie v jižní části Brna, jejímž investorem byla společnost E.ON Distribuce a.s. Samostatná rozvodna je umístěna v severní části obci Moravany (viz Obr. 7-1). Tato transformační stanice je považována za moderní rozvodnu a k tomu odpovídá její zapouzdřená část 110 kV, jímž se snížila mnohonásobně vestavěna plocha rozvodny.



Obr. 7-1. Místo kde leží nová rozvodna Moravany u Brna [20].

7.1 Vyvedení jednotlivých vývodů z rozvodny Moravany:

Z rozvodny Moravany je v I etapě (současný stav) vyvedeno 8 kabelových vývodů VN z toho 6 vývodů je vedeno na volné vedení a zbylé dva tvoří vnitřní průmyslový okruh (viz Tab. 7-1). Ve II. výhledové etapě má být provedeno 6 vývodových polí z rozvodny Moravany [19] (viz Tab. 7-2), některé výhledy do budoucna jsou zpracovány v kapitole 10.

Tab. 7-1. Názvy vedení z rozvodny Moravany v I. etapě (současný stav) [19].

Značení pole v rozvodně	Číslo kabelové vedení	Směr kabelových vývodu
3	VN164	Volné vedení, směr rozvodna sokolnice (SO9)
4	VN1376	DP, CENTA, DAKARE (průmyslový okruh)
5	VN1275	BIBUS
6	VN1232	JULI
7	VN1375	K stávajícímu vedení VN1375 (venk.), směr Bohunice
8	VN1343	Rozvodna Komárov (KV9), přes BUTIK, ...
17	VN165	Volné vedení, směr rozvodna sokolnice (SO9)
18	VN1377	ABB (průmyslový okruh)

Tab. 7-2. Názvy vedení z rozvodny Moravany ve výhledové II. etapě (budoucí stav) [19].

Číslo kabelové vedení	Aktuální napájení kabelových vývodu
VN819	Rozvodna Komárov (KV9)
VN241	Spínací stanice Brno jih (BNJ9)
VN1272	Rozvodna Komárov (KV9)

7.2 Popis venkovního vedení VVN do rozvodny Moravany

Napájení samotné rozvodny je provedeno za smyčkováním stávajícího dvojitého venkovního vedení VVN 5543/5556, které prochází v bezprostřední blízkosti stavby. Pro vstup do části rozvodny 110 kV byl postaven nový podpěrný stožár mezi venkovním vedením VVN 5543/5556 stojící přesně naproti rozvodny (viz Obr. 7-2 a Obr. 7-3). Rozvodna je vnitřně plně zapouzdřena typu „H“ 8DN8-123 kV od firmy Siemens opatřena s jedním systémem přípojníc a to v rozsahu:

- Dva vývody na venkovní linku vvn 5557.
- Dva vývody na transformátory 110/22 kV.
- Dva odpojovače v podélném dělení.

Tab. 7-3. Parametry rozvodny 110 kV Moravany [19].

Název parametru	Hodnota parametru
Jmenovité napětí	110 kV
Nejvyšší provozní napětí	123 kV
Soustava	3~50 Hz, 110 kV / TT
Jmenovitý zkr. vypínací proud	20 kA
Jmenovitý proud přípojníc	min. 1600 A
Zkratová odolnost	min. 5000 kVA



Obr. 7-2. Napojení rozvodny 110 kV Moravany z odbočného stožáru 110 kV [20].



Obr. 7-3. Napájení rozvodny 110 kV Moravany [20].



Obr. 7-4. Omezovače přepětí na vstupu rozv. 110 kV Moravany [20].

7.3 Technické řešení transformátorů rozvodny Moravany

Do prostoru stanoviště transformátorů, který tvoří střešní přístřešek je umístěn zatím jeden transformátor 110/22 kV (T101) o jmenovitém výkonu 40 MVA. Druhý transformátor (T102) bude osazen vedle transformátoru T101 do budoucna o stejném jmenovitém výkonu [19].

Všechny kmenové linky z rozvodny MOB9, jak v začátku roku 2012 (viz kap. 8) a dále pak v aktuálním stavu (viz kap. 9) jsou napájeny z přípojnice B1 a B2 z transformátoru T101. Tento transformátor napájí především kabelovou sít', ale taky slouží k napájení venkovní sítě, jako jsou linky VN164, VN1375 nebo VN1275. (tzv. Transformátor T101 napájí smíšenou sít'). Druhý transformátor T102 bude osazen v přípojnících A1 a A2, který bude napájet jen kabelovou sít' (viz kap. 10).



Obr. 7-5. Pohled na prostor pro transformátory 110/22 kV v TS Moravany.

7.4 Technické řešení rozvodny 22 kV Moravany

Rozvodna 22 kV je umístěna v prvním nadzemním podlaží (1. NP) přímo v areálu transformační stanice. Je navržena s dvojsystémovým rozvaděčem 22 kV s izolací SF6. Místnost je stavěna pro 25 polí, ale pro první část výstavby je použito jen 16 polí v rozsahu [19]:

- 8 x pole vývodu VN
- 1 x vlastní spotřeba
- 1 x příční spínač přípojnic
- 2 x pole podélného vedení
- 2 x pole měření
- 2 x pole transformátorů (T101 a T102)

Rozvaděče jsou od firmy siemens typu NXPlus.

Tab. 7-4. Parametry rozvodny 22 kV Moravany [19].

Název parametru	Hodnota parametru
Jmenovité napětí	22 kV
Nejvyšší provozní napětí	24 kV
Soustava	3~50 Hz, 110kV / IT
Počet přípojnic	2
Jmen. proud přívodu trafa T101 (max. 40 MVA)	1250 A
Jmen. proud příčné spojky přípojnic	1250 A
Jmen. proud odpínače ve vývodu transformátoru vlastní spotřeby	200A
Jmen. proud ostatních vývodu	630 A
Základní izolační hladina	125 kV (1,2/50ms)



Obr. 7-6. Pohled na rozvaděče vývodových polí rozvodny 22 kV Moravany.

Tab. 7-5. Popis aktuálních vývodových polí z rozvodny 22 kV Moravany [19].

pole rozvodny 22 kV	Popis vývodu
AJA1,2	Prostorová rezerva
AJA3	Kabelový vývod VN164
AJA4	Kabelový vývod VN1376
AJA5	Kabelový vývod VN1275
AJA6	Kabelový vývod VN1232
AJA7	Kabelový vývod VN1375
AJA8	AJB, VN1343
AJA9	Transformátor T101
AJA10	Příční spínač přípojníc
AJA11	Měření WA1 a WB1
AJA12	Spínač podélného dělení WA
AJA13	Spínač podélného dělení WB
AJA14	Měření WA2 a WB2
AJA15	Transformátor vlastní spotřeby T21
AJA16	Budoucí transformátor T102
AJA17	Kabelový vývod VN165
AJA18	Kabelový vývod VN1377

Popis vývodu AJB je zkratka pro samostatnou rozvodnu nezávislé vlastní spotřeby a rozvaděčů hladiny napětí NN v transformační stanici MOB9. (viz kap. 7.7).

Celé kompletní jednopólové schéma vývodu R 22 kV Moravany, pro současný stav v roce 2013 je vloženo v příloze A.

7.5 Ochrany a řídicí systémy

V druhém nadzemním podlaží (II.NP) TS jsou vybudovány dvě místnosti pro rozvaděče ochrany a řídicích systémů, přenosových zařízení, optických propojů a plus v jedné místnosti je k dispozici malý dispečink [19]. (viz příloha B, rozvržení místnosti).

7.6 Tlumivky

Do uzlu k transformátoru T101 je připojena zhášecí samostatně laditelná tlumivka o výkonu 5000 kVAr/380 A s paralelně připojeným odporníkem. Do budoucna k transformátoru T102 je uvažována další instalace samostatně laditelné tlumivky [19].

Tab. 7-6. Parametry zhášecí tlumivky s plynulou regulací pro transformátor T101.

Název parametru	Hodnota parametru
Jmenovité efektivní napětí	13,29 kV
Kmitočet	50 Hz
Jmenovitý výkon	5000 kVAr
Jmenovitý proud / doba zatížení	37,6 A / 2h
Hmotnost	5,57 t
Rok výroby	2010
Pohon pro regulaci	0,55 kW / 230/400 V



Obr. 7-7. Pohled na zhášecí tlumivku a odporník pro transformátor T101 v rozvodně Moravany.

7.7 Vlastní spotřeba

Vlastní spotřeba je umístěna v I. NP vedle rozvodny 22 kV, kde jsou dva samostatné prostory pro transformátory vlastní spotřeby. První transformátor vlastní spotřeby o výkonu 250 kVA je označen T21 a je napájen z přímo z rozvodny. Druhý transformátor označen T22 o výkonu 160 kVA tvoří tzv. nezávislou vlastní spotřebu, která je napájena z rozvodny Komárov (KV9) přes vedení VN1343. Tato linka může po přepnutí ve vývodových polích rozvodny VN, napájet i instalované napájecí uzly k této kabelové linky. Rozvaděč pro nezávislou spotřebu je umístěn v prostoru vedle transformátoru T22 a je označena AJB. V části rozvodny AJB jsou umístěny i rozvaděče NN.

8 VÝPOČET USTÁLENÉHO CHODU ROZVODNY 110/22 kV MORAVANY U BRNA V ROCE 2012

V následujících kapitolách praktické části dané diplomové práce jsou shrnuty výpočty ustáleného chodu rozvodny Moravany u Brna. Nejprve přímo v této kapitole jsou popsány jednotlivé vývody z rozvodny Moravany a zaznamenány výsledky v začátku roku 2012 vypočítaných parametrů proudových zatížení vedení a napětí v TS i napěťové poměry uzlech v napájecí hladině VN/NN. To samé je provedeno i v další kapitole pro současný stav v roce 2013. Následně i v posledních kapitolách (kap. 10 a kap. 11), které představují návrhy a úpravy kabelových a venkovních linek napájené přes rozvodnu Moravany.

Všechny zjištěné hodnoty parametrů pro dané stavy z rozvodny Moravany byly vypočítány pomocí programu PAS Off - Line Bizon, kde pro začátek výpočtu současného stavu i stavu v začátku roku 2012 se zadávají hodnoty proudového měření z kmenových linek přímo do programu PAS Off - Line Bizon. Co se týče pro dosazování měřených proudů kmenových linek pro stav v roce 2012 platí datum z lednového měření 18.1.2012.

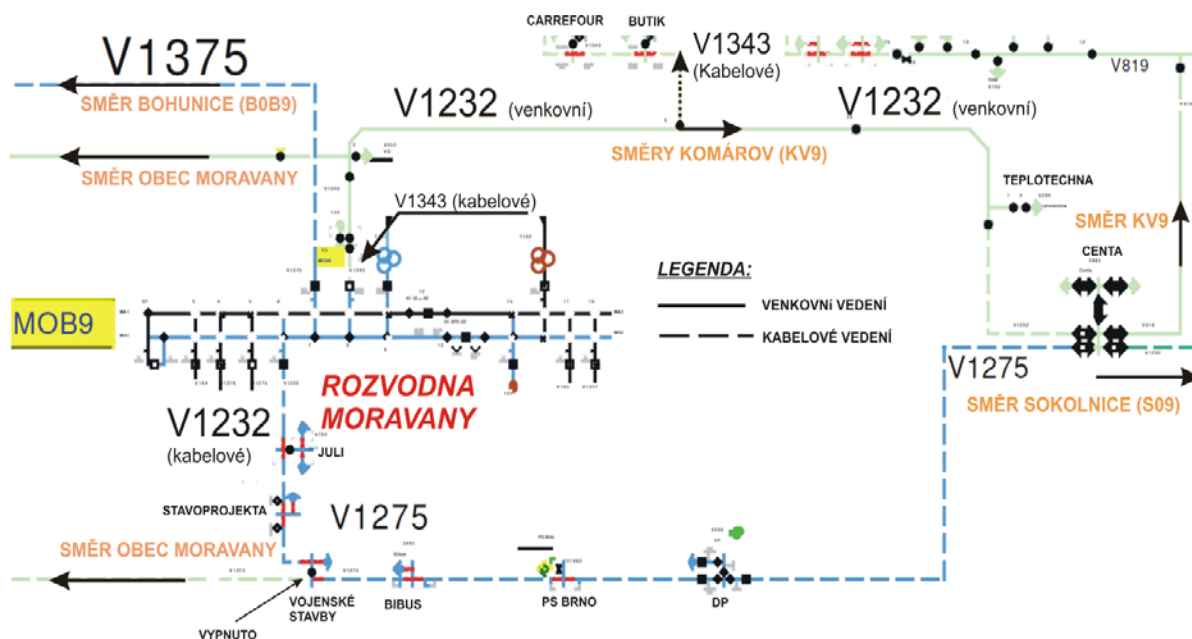
Konfigurace sítě v programu PAS Off - Line Bizon odpovídá vždy pro daný stav z dispečerského schématu sítě VN v Brně. Schéma s dispečinku pro stav roku 2012 bylo aktualizováno ze stejného dne jako měření (18.1.2012). Část rozvodny Moravany s dispečerského schématu v roce 2012 je uvedeno v Obr. 8-1, kde jsou zakresleny vývody z rozvodny MOB9 a její směry. Celé dispečerské schéma sítě je vloženo do přílohy C na CD.

Z dosažených výsledků pro všechny zadané stavy rozvodny MOB9 zjistíme především, zda nám vyhovely napěťové poměry a nebudou, některé prvky přetíženy konkrétně transformační stanice a elektrické vedení. Výsledky výpočtu kontroly vyhovění elektrické sítě VN jsou ve společnosti E.ON, kontrolovány podle parametru uvedených v Tab. 4-6.

8.1 Popis jednotlivých vedení z rozvodny Moravany v začátku roku 2012.

Již v zmiňovaném Obr. 8-1, můžeme vidět zakreslení zatím tří vývodových kabelových vedení z rozvodny MOB9 na začátku roku 2012. Jsou zde označena vedení např. V1375, tato označená vedení jsou z dispečerského schématu a v programu PAS Off - Line Bizon, dále v diplomové práci se bude značit např. VN1375, kde obě dvě vedení s pohledu značení jsou stejná. Kabelové vedení je v dispečerském schématu značeno čárkovaně a venkovní vedení je značeno plnou čarou.

Konkrétní druhy použitých vedení v textu práce a v tabulkách je vždy typ vedení označen dvěma doplňujícími znaky. Například pokud budeme uvažovat značení kabelu K_NA2XS(F)2Y_240, tak index „K_“ značí typ kabelového vedení a u venkovní je označeno indexem „V_“ a parametr „_240“ značí průřez daného vedení v mm².



Obr. 8-1. Vývody vedení z rozvodny Moravany na začátku roku 2012 s dispeč. schématu sítě VN.

První vývodové vedení VN1375 z rozvodny Moravany bylo důležité z hlediska odlehčení zatížení transformační stanice Bohunice (BOB9). Během zimního měření v roce 2010 byla samostatná rozvodna, která pracuje do kabelové sítě s vytížením na 75 % [19]. Dané kabelové vedení VN1375 se připojilo na nový kabelový stožár (umístěn 20 m od rozvodny Moravany) ke stávajícímu venkovnímu vedení VN1232. (Toto venkovní vedení se během v roce 2012 přejmenovalo na VN1375 venkovní). Následně byla v rozvodně BOB9 vymezena samostatná část přípojníc pro vývody linek napájené jen z rozvodny MOB9. Dále se v rozvodně BOB9 demontovala tlumivka a instaloval se odporník k transformátoru T102 a napájení vlastní spotřeby se zrušilo z transformátoru T101, kde už je napájena jen z rozvodny MOB9.

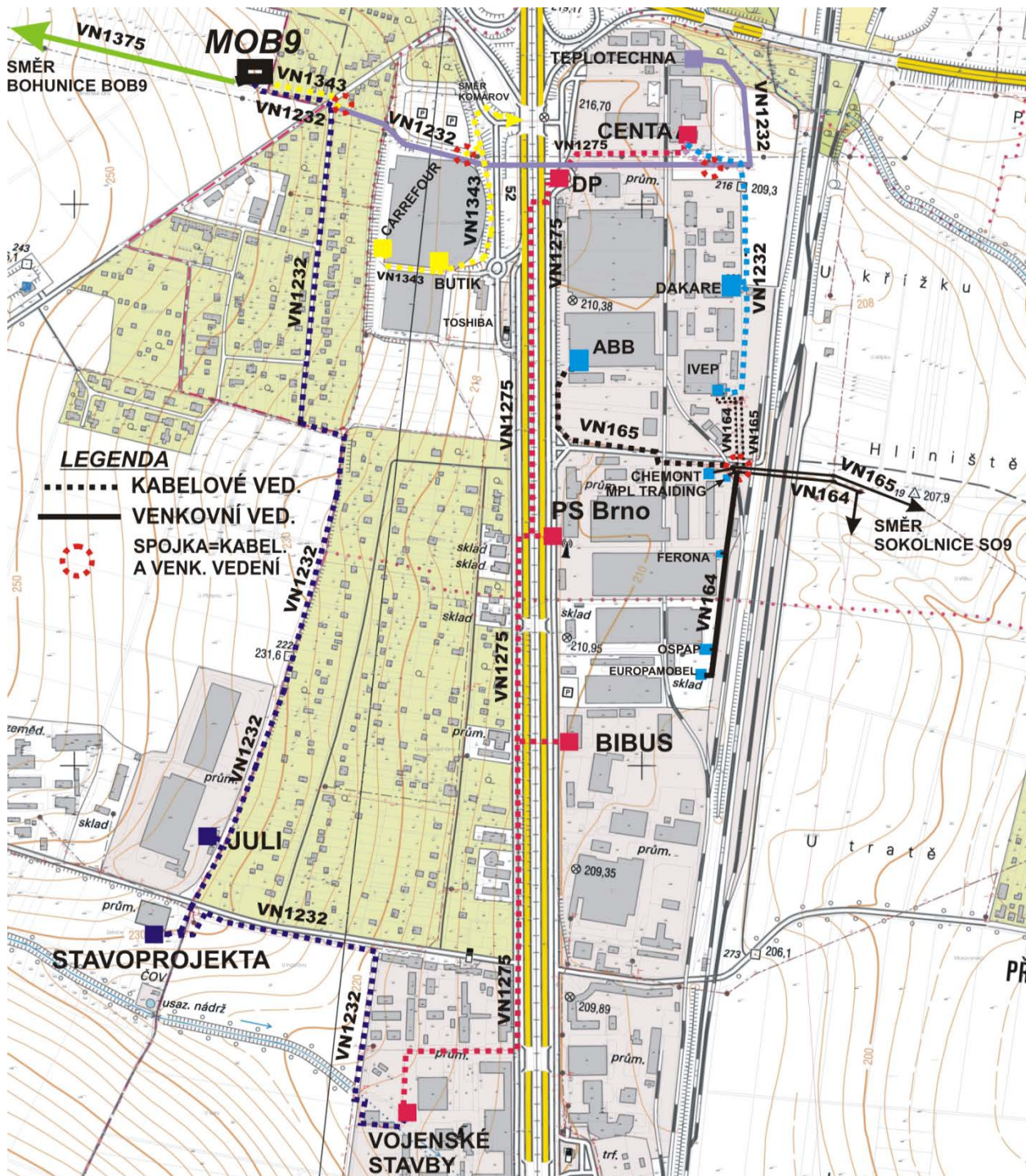
Další vývodové vedení z rozvodny MOB9 je označeno jako VN1232, toto kabelové vedení napájí odběratele JULI, STAVOPROJEKTA, VOJENSKÉ STAVBY, tyto odběry byly napájeny dříve ze zmiňovaného venkovního vedení VN1232 z Bohunické rozvodny. K tomuto vedení je připojeno i kabelové vedení označené VN1275, které napájelo odběratele (BIBUS, CENTA, ...) a společné s venkovním vedením VN1232 napájely obec Moravany (V době měření 18.1.2012 bylo vedení VN1275 vypnuto. Obec Moravany, byla napájena z TS Komárov).

Jako poslední je kabelové vedení VN1343, toto vedení slouží pro napájení nezávislé vlastní spotřeby transformátoru T21 v rozvodně MOB9 ze směru rozvodny Komárov. Vedení VN1343 z rozvodny MOB9 je následně napojeno na venkovní vedení VN1232, kde dále bylo opět v určitém úseku napojeno na kabelové vedení VN1343. Právě tento venkovní úsek VN1232, který odbočuje i na směr obec Moravany napájel v té době celou obec Moravany.

Obě vedení, která jsou značené VN1232 (V1232) jako kabelové a venkovní nejsou společná. Až v aktuálním stavu na konci roku 2012 se venkovní vedení VN 1232 částečně zruší mezi kabelovými linkami VN1343 a to tak, že se nahradí kabelovým vedením, které se napojí od rozvodny MOB9 na původní kabelové vedení VN1343 přibližně u odběratele BUTIK až k rozvodně Komárov.

Pomocí technické evidence E.ON jsou zakresleny trasy vedení a odběratelé na začátku roku 2012 do mapy, kterou můžeme vidět v Obr. 8-2. Jsou zde umístěni i odběratelé a vedení napájené z rozvodny MOB9 od roku 2013, jako je například venkovní vedení VN164, kde jsou připojeni

odběratelé (IVEP, FERONA, ...) další vedení je VN165, odběratelé jsou (ABB, IVEP,...). Následně můžeme porovnat z Obr. 9-2, jak se změnily určité trasy, a přejmenovala popsaná vedení pro aktuální rok 2013.



Obr. 8-2. Přehledová mapa umístění jednotlivých tras vedení a odběratelů související s rozvodnou MOB9 na začátku roku 2012.

8.2 Výsledky výpočtu ustáleného chodu pro rozvodnu MOB9 na začátku roku 2012

V tabulce (Tab. 8-1) jsou uvedeny parametry vybraných kmenových linek. Samostatná kmenová linka představuje vyvedení výkonu z rozvodny, následně k tomuto vývodu jsou

instalovány různé odběry (vn/nn). Data měřených proudů na kmenových linkách z technické evidence E.ON se následně přepsali do programu PAS Off - Line Bizon, které mají vliv nebo teprve budou mít na odběr s rozvodny Moravany. Hodnoty proudů jsou již ze zmiňovaného měření z dne 18.1.2012. (Viz příloze D na CD).

Tab. 8-1. Vybrané kmenové linky, jejich proudy a výkony.

Kmenová Linka [KM] / značení TS	I (A)	Činný výkon P (kW)	Jalový výkon Q (kVar)
VN 1343 / KV9	119.4	4620.9	938.3
VN 1232 / MOB9	52,2	2020,6	410,3
VN 1375 / MOB9	211.8	8198,4	1664,8
VN 165 / SO9	117.9	4561.3	926.2
VN 164 / SO9	170.1	6581.9	1336.5
VN 819 / KV9	34.5	1335.2	271.1

Když máme zapsané proudy v kmenových linkách, tak program PAS Off - Line Bizon pomocí funkce „dopočítat KM“ dopočítá činný a jalový výkon (viz rov. 8.1 a 8.2) a následně rozpočte výkonové odběry v transformačních stanicích vn/nn, podle určitého koeficientu a instalovaného výkonu těchto transformačních stanic (viz Tab. 8-3).

- **Příklad dopočtu činného a jalového výkonu pro KM VN 1343**

$$P = \sqrt{3} \cdot U_s \cdot I \cdot \cos\varphi = \sqrt{3} \cdot 22800 \cdot 119,4 \cdot 0,98 = \mathbf{4620,9 \text{ kW}} \quad (8.1)$$

$$Q = \sqrt{3} \cdot U_s \cdot I \cdot \sin\varphi = \sqrt{3} \cdot 22800 \cdot 119,4 \cdot \sqrt{1 - 0,98^2} = \mathbf{938,3 \text{ kVar}} \quad (8.2)$$

Napětí $U_s = 22,8 \text{ kV}$ a účinník $\cos\varphi = 0,98$ jsou zadány na pevně před výpočtem.

V další tabulce (Tab. 8-2) je znázorněno rozdělení odběrů mezi jednotlivými odběrateli. Jsou to především významní odběratelé v kmenových linkách, které mají nebo budou mít vliv na rozvodnu Moravany v aktuálním stavu. Pak v Tab. 8-2 jsou uvedeny instalované výkony a odběry jednotlivých TS.

Tab. 8-2. Rozpočítané odběry a napěťové poměry odběratelů ve vybraných kmenových linkách.

Kmenová linka [KM]	Odběratelé				
	Název	Inst. Výkon (kVA)	Odběr (kW)	Odběr (kVAr)	Napětí (kV)
VN 1232 / MOB9 (kabel.)	700841 Stavoprojekta	240	82,25	16,05	23,078
	701992 PS Brno	630	215,93	42,12	23,068
	3085 Bibus	630	215,93	42,12	23,070
	3088 DP Horní Heršpic.	1116	300,00	74,62	23,067
	4700 Moravany JULI	2260	774,60	151,12	23,081
	2982 Vojenské stavby	1260	431,86	84,25	23,074
VN 1343 / KV9	9290 Teplotechna Her.	160	34,24	6,30	22,511
	2962 Butik	1000	214,09	43,45	22,536
	2961 Carrefour	2500	535,02	108,64	22,541
	2985 Centa	1000	0,00	0,00	0,00
VN 164 / SO9	700823 Dakare	160	97,82	19,86	22,500
	9285 Feroná	630	538,95	106,20	22,442
	9288 Ospap	630	538,95	106,20	22,432
	9443 Europamobel	250	210,44	40,74	22,460
	9284 Chemont	2000	1222,83	248,30	22,485
	2971 ABB	2575	1574,39	319,69	22,481
	2986 IVEP-ABB - A	2050	1253,40	254,51	22,494
VN 165 / SO9	2986 IVEP-ABB – B	800	0,00	0,00	0,00
	9277 Bonit	400	115,58	23,31	22,374
VN 1375 / MOB9	700821 Bohunická cesta	400	72,84	14,79	22,991

Tab. 8-3. Zatížení zvolených transformačních stanic.

Název TS	Trafo/přípojnice	Inst. výkon (MVA)	Odběr (MVar)	Odběr (MW)	Zatížení Činného výkonu (%)
Moravany MOB9	T101 / B1	40	2,08	10,22	25,55
Komárov KV9	T101 / A1	40	7,63	25,77	64,43
	T102 / B1 (VN1343)	40	3,21	20,04	50,10
Bohunice BOB9	T101 / A1	40	2,61	23,34	58,35
	T102 / B1	40	5,36	21,86	54,65
Sokolnice SO9	T101 / WA	40	2,24	14,75	36,88
	T103 / WB (VN164, VN165)	40	5,07	29,16	72,90
	T102 / WC	25	0,00	0,00	0,00

Výsledné výpočty ustáleného chodu v části rozvodny Moravany u Brna pro rok 2012 jsou přiloženy k diplomové práci v příloze E na CD.

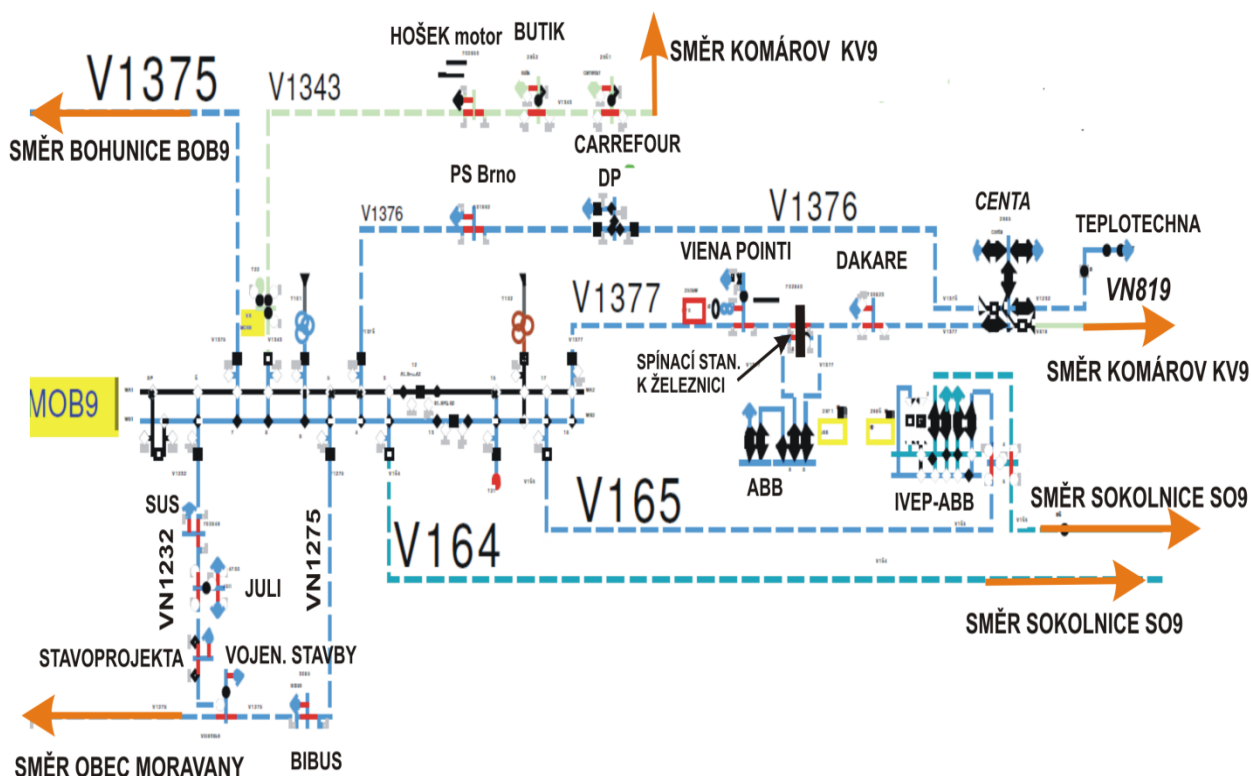
9 VÝPOČET AKTUÁLNÍHO STAVU USTÁLENÉHO CHODU ROZVODNY 110/22 kV MORAVANY U BRNA

Před výpočtem ustáleného chodu bylo nutně dokreslit a upravit v programu Bizon aktuální vedení a odběry v okolí rozvodny Moravan. Jsou to úpravy provedené v období od začátku roku 2012 až do současného období a to do ledna 2013. Za významné úpravy distribuční soustavy VN v okolí rozvodny MOB9 jsou především kmenové linky vedení označené VN1377, VN1376.

9.1 Popis výstupních vedení z rozvodny Moravany pro aktuální stav v začátku roku 2013

Oproti začátku roku 2012, kde výpis připojení vedení rozvodně MOB9 (viz. kap. 8) se k TS, během roku 2012 připojilo pět nových kabelových vedení. V Obr. 9-1, můžeme zhlédnout aktuální vývody z rozvodny Moravany a jejich směry. Celé aktuální dispečerské schéma z data 16.1.2013 je přiloženo v příloze F na CD.

Viz níže, budou popisována nová vývodová kabelová vedení z rozvodny MOB9, ale nemusí se vždy jednat o úplně nový úsek vedení. Například některé původní úseky jsou jen připojeny na určité nové vedení, přičemž jsou pojmenována pod stejným číslem kmenové linky.



Obr. 9-1. Vývody vedení z rozvodny Moravany v roce 2013 s dispečerského schématu sítě VN

Oproti začátku roku 2012 se nezměnilo jen jedno vedení VN1375. Další dvě vedení se změnila jen částečně. První je označeno, jako kabelové VN1343, které v současnosti může napájet nezávislou vlastní spotřebu v dané rozvodně MOB9, kde došlo k zrušení venkovní linky VN1232 za náhradu zmiňované kabelové linky VN1343. Druhé je kabelové vedení VN1232, ke kterému se připojil jen jeden nový odběratel (SUS), jinak vedení zůstává nezměněno.

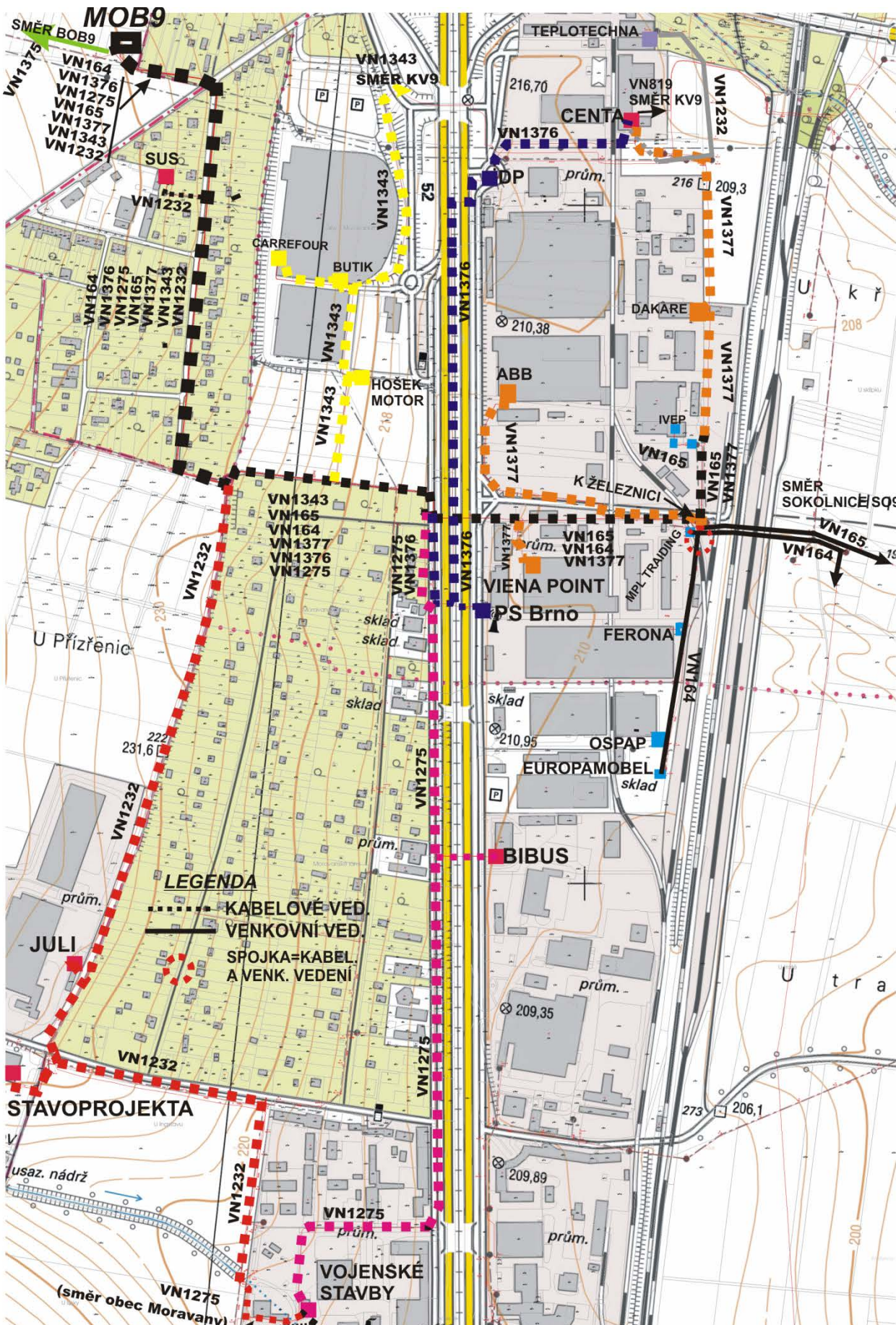
Jako první důležité nové kabelové vedení je VN1377, které se připojilo k rozvodně Moravany, odběratelé téhle kmenové linky je VIENA POINT, dále pak přes novou spínací

stanici „K železnici“, která spíná odběry ABB, DAKARE dříve napájeny z linky VN 165 rozvodny SO9. Další odběratelé jsou CENTA a TEPLOTECHNA, které byly v minulosti napájeny z rozvodny Komárov, i když odběratel CENTA může být napájen i teď z rozvodny KV9 (tzv. tvoří zálohu).

Další nové kabelové vedení je značeno jako VN1376. Toto vedení tvoří s kabelovým vedením VN1377 průmyslový okruh společným bodem je odběratel CENTA. Jinak odběratelé z vedení VN1376 jsou PS Brno a DP, kteří byly na začátku roku 2012 připojeny na kabelové vedení VN1275, které taky patří v současnosti k vývodu z rozvodny MOB9 už jen není připojena k odběrateli CENTA.

Jako poslední jsou kabelové úseky VN164 a VN165. Kabelový úsek VN164 je připojen ke stávajícímu venkovnímu vedení VN164, z rozvodny SO9. Druhý kabelový úsek vedení VN165 z rozvodny Moravany napájí jednu s přípojníc odběratele IVEP-ABB (viz Obr. 9-1). Přesněji tahle přípojnice slouží k napájení zkratovým zkouškám od odběratele ABB. Druhá přípojnice je už napájena z původní venkovní linky VN165, která je připojena k rozvodně Sokolnice (S09).

V následující stránce je umístěna mapa (viz Obr. 9-2), kde jsou zakresleny současné trasy kabelových, venkovních vedení a odběratelů z rozvodny Moravany v začátku roku 2013.



Obr. 9-2. Přehledová mapa umístění jednotlivých tras vedení a odběratelů související s rozvodnou MOB9 na začátku roku 2013.

9.2 Výsledky výpočtu ustáleného chodu pro rozvodnu MOB9 v aktuálním stavu

V uvedených tabulkách jsou shrnuty výsledky zatížení výpočtů vedení, transformačních stanic a odběratelů pro současný stav rozvodny MOB9 v začátku roku 2013. Stejně jak je uvedeno v (kap. 8.2), výsledky výpočtů vycházely z měření kmenových linek a to z data 16.1.2013, které je přiloženo v příloze G na CD. V Tab. 9-1 jsou uvedeny výkony a proudy vybraných kmenových linek.

Tab. 9-1. Vybrané kmenové linky, jejich proudy a výkony v aktuálním stavu.

Kmenová Linka / značení TS	Proud I (A)	Činný výkon P (kW)	Jalový výkon Q (kVar)
VN 1343 / KV9	38,10	1474,5	299,4
VN 1232 / MOB9	20,14	779,4	158,3
VN 1375 / MOB9	217,06	8400,4	1705,8
VN 165 / SO9	132,03	5109,7	1037,6
VN 164 / SO9	91,75	3550,8	721,0
VN 819 / KV9	29,10	1126,2	228,7
VN 1376 / MOB9	17,16	664,1	134,9
VN1377 / MOB9	94,73	3667,1	744,4
VN165 / MOB9	0,00	0,0	0,0
VN164 / MOB9	0,00	0,0	0,0
VN1275 / MOB9	112,64	4359,3	885,2

V tabulce (Tab. 9-2) jsou rozpočítány odběry a zaznamenány napěťové poměry aktuálního stavu oproti začátku roku 2012 pro různé kmenové linky z rozvodny Moravany. Dále v Tab. 9-3 jsou uvedeny instalované výkony a zatížení činného výkonu v jednotlivých transformačních stanicích.

Tab. 9-2. Rozpočet odběrů ve vybraných uzlech kmenových linek v aktuálním stavu.

Kmenová linka [KM]	Odběratelé				
	Název	Inst. výkon (kVA)	Odběr (kW)	Odběr (kVAr)	Napětí (kV) r. 2013 /r. 2012
VN 1232 / MOB9	700841 Stavoprojekta	250	72,98	14,81	23,092 / 23,078
	702849 SUS	160	46,71	9,44	23,098 / 0,000
	4700 Moravany JULI	2260	659,75	133,96	23,092 / 23,081
VN 1343 / KV9	2962 Butik	1000	325,50	66,09	22,663 / 22,536
	2961 Carrefour	2500	813,74	165,23	22,664 / 22,536
	702850 Hošek motor	630	205,06	41,63	22,662 / 0,000
VN 164 / SO9	9285 Ferona	630	542,96	110,25	22,433 / 22,442
	9288 Ospap	630	542,96	110,25	22,427 / 22,432
	9443 Europamobel	250	215,46	43,75	22,428 / 22,460
VN 165 / SO9	2986 IVEP-ABB - A	2050	583,88	118,56	22,449 / 22,494
	9277 Bonit	400	113,93	23,14	22,500 / 22,374
VN 1275 / MOB9	3085 Bibus	630	147,6	29,96	23,052 / 23,070
	2982 Vojenské stavby	1260	295,16	59,92	23,026 / 23,074
VN 1376 / MOB9	3088 DP Horní Heršpic.	1116	364,10	88,42	23,091 / 23,067
	701992 PS Brno	630	300,00	46,42	23,095 / 23,068
	2985 Centa	1000	0,00	0,00	0,000 / 0,000
VN 1377 / MOB9	2985 Centa	1000	719,56	146,11	23,057 / 22,504 (VN819)
	702839 Vienna Point, nová TS , (dříve Chemont)	1200	863,47	175,33	23,069 / 22,485
	700823 Dakare	160	115,18	23,38	23,059 / 22,500
	9290 Teplotechna Her.	160	115,13	23,37	23,056 / 22,511
	2971 ABB	2575	1852,86	376,23	23,058 / 22,481
VN 1375 / MOB9	700821 Bohunická cesta	400	74,63	15,15	22,991 / 22,991

Tab. 9-3. Zatížení zvolených transformačních stanic v aktuálním stavu.

Název TS	Trafo/přípojnice	Inst. výkon (MVA)	Odběr (MVAr)	Odběr (MW)	Zatížení Činného výkonu (%)
Moravany / MOB9	T101 / B1,B2	40	3,62	17,87	44,67
Komárov / KV9	T101 / A1	40	4,18	28,67	71,68
	T102 / B1 (VN1343)	40	2,28	17,21	43,02
Bohunice / BOB9	T101 / A1	40	2,88	19,31	48,27
	T102 / B1	40	3,37	18,00	45,00
Sokolnice / SO9	T101 / WA (VN164, VN165)	40	4,23	35,24	88,10
	T103 / WB	40	0,00	0,00	0,00
	T102 / WC	25	1,42	5,70	22,80

9.2.1 Výsledné hodnoty zatížení vybraných vedení v současném stavu.

V tabulce (Tab. 9-4) jsou znázorněna nejvíce proudově zatížená kabelové úseky, vyvedené z rozvodny MOB9. Jsou to především úseky vedení hned na výstupu z rozvodny. V tabulce je uveden i venkovní úsek pro KM VN1375. Je to stávající venkovní vedení k rozvodně BOB9, ke kterému je připojen kabel K_NA2XS(F)2Y_240 přímo od rozvodny MOB9. V tabulce jsou zahrnuty jen úseky KM, které přesahují proudové zatížení přes 3 %. Chybí zde kmenové linky VN165 a VN164 z rozvodny Moravany, protože obě vedení v době (16.1.2013) měření, byly vypnuty v rozvodně MOB9 ale v kapitole 11, bude proveden dodatečný výpočet ustáleného chodu pro vedení VN164.

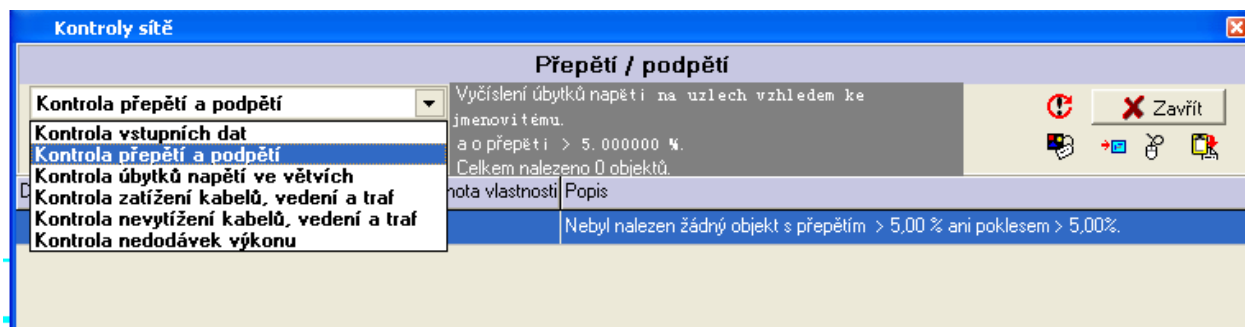
Tab. 9-4. Zatížení vybraných úseků kabelových a venkovních vedení v aktuálním stavu.

Kmenová linka [KM]	Typ vedení	I zatížení (A)	I_{max} zatížení (A)	I (%) Zatížení	Napětí (kV)
VN1232 / MOB9	K_AXEKCE_240	19	417	5	23,10
	K_AXEKCE_240	18	417	4	23,09
VN1275 / MOB9	K_NA2XS(F)2Y_240	111	417	27	23,10
	K_AXEKVCEY_240	111	417	14	23,06
	K_AKTOYPV_240	111	450	25	23,06
	K_AXEKVCEY_240	107	417	25	23,05
	K_AXEKCXY_240	94	417	23	23,00
	K_ANKTOYPV_240	107	413	26	23,05
	K_ANKTOYPV_240	100	413	24	23,00
	K_ANKTOYPV_240	100	413	24	23,00
VN1377 / MOB9	K_NA2XS(F)2Y_240	93	417	22	23,10
	K_NA2XS(F)2Y_240	71	417	17	23,07
	K_AXEKCXY_240	24	417	6	23,06
VN1376 / MOB9	K_NA2XS(F)2Y_240	17	417	4	23,10
	K_AXEKCXY_240	17	417	4	23,09
	K_ANKTOYPV_240	17	413	4	23,09
VN1375 / MOB9	K_NA2XS(F)2Y_240	222	417	53	23,09
	V_AIFe_120	219	362	61	22,88

Výsledné výpočty ustáleného chodu v části rozvodny Moravany u Brna ze začátku roku 2013, jsou přiloženy k diplomové práci v příloze H na CD.

9.3 Kontrola výstupních hodnot z výpočtu ustáleného chodu související z rozvodny Moravany v aktuálním stavu.

Program Bizon, umožňuje výstupní kontrolu z vypočítaných hodnot ustáleného chodu z distribuční sítě VN. Na základě zvolené konfigurace z Tab. 4-6. Přehled možností kontrol výstupních dat sítě můžeme vidět v obrázku Obr. 9-3. Kontroly byly provedeny pro současný stav ze začátku roku 2013.



Obr. 9-3. Ukázky kontrol výpočtů el. sítě z programu Bizon.

V této části programu se vždy vybere volba kontroly a nastaví se její max. a min. hodnoty pro danou kontrolu. Nás především zajímá kontrola zatížení kabelů, vedení a transformátorů v okolí a kontrola přepětí a poklesu napětí v rozvodně MOB9.

9.3.1 Výsledky kontroly napětí jeho poklesu a přepětí z rozvodny MOB9.

Výsledky kontroly odchylek napětí od jmenovitého napětí se zadal povolený pokles 7 % a povolené přepětí 7 %, již tyto zadané hodnoty jsou přísnější než, podle normy ČSN EN 50160, kde v normě pro sítě VN se udává odchylka napětí ± 10 %. I přes přísně stanovené podmínky se nenalezl žádný uzel s nízkým napětím v celé síti VN. Viz níže je uveden ruční výpočet odchylek napětí v kmenových linkách.

9.3.1.1 Kontrolní výpočet odchylek napětí od jmenovitého napětí z linek rozvodny MOB9

Podle výsledků ustáleného chodu z programu Pas Daisy Off-Line v 4.00 Bizon nám samotný program určil minimální napětí $U_{min} = 22,5$ kV a maximální napětí $U_{max} = 23,1$ kV. Tyto hodnoty představují průměrná uzlová napětí, které jsou napájeny jen z rozvodny MOB9.

$$U_{max} = \frac{U_{max} - U_n}{U_n} \cdot 100 = \frac{23,1 - 22,0}{22,0} \cdot 100 = 5,00 \% \quad (9.1)$$

$$U_{min} = \frac{U_{min} - U_n}{U_n} \cdot 100 = \frac{22,5 - 22,0}{22,0} \cdot 100 = 2,27 \% \quad (9.2)$$

Kritéria pro splnění požadavku poklesu a přepětí napětí ve společnosti E.ON jsou uvedeny v Tab. 4-6, kde napětí na konci vedení v základním stavu nesmí klesnout pod hodnotu 20,5 kV a napětí napájecí v TS nesmí překročit 23,1 kV. Obě vypočítané hodnoty z programu vyhovují.

Co se týče procentuálních odchylek 4,45 % a 2,27 %, obě odchylky vyhovují nejvyšší přípustné hodnotě ± 10 % pro napájecí síť VN.

9.3.2 Výsledky kontroly zatížení kabelů, vedení a transformátorů

Výsledky kontroly úseků vedení, jak venkovního, tak i kabelového byly nastaveny na doporučenou hodnotu zatížení 75 % svého jmenovitého proudu pro základní stav použití, uvedené v Tab. 4-6. Přes námi zvolenou konfiguraci proudového zatížení nepřesahuje žádný úsek vedení hodnotu 75 % jmenovité hodnoty proudu v kmenových linkách rozvodny MOB9.

Největší zatížení je v kmenové lince VN1375 hned na výstupu z rozvodny MOB9, která napájí samostatnou rozvodnu v Bohunicích. Procentuální zatížení pro kabelové vedení je 59 % dále toto vedení je připojeno na venkovní úsek vedení VN1375 se zatížením 61 %

Další kontrola byla pro transformátory, kde bylo nastaveno doporučené přetížení 80 %. Můžeme konstatovat i podle (Tab. 9-3) kde jsou skoro všechny zvolené transformátory nepřetíženy. Jen transformátor T101 v Sokolnicích je zatížen na 88 %, který napájí například linky VN164, VN165 a VN166. Nejedná se doslova o přetížení jen podle doporučení, musíme dodržovat nějakou rezervu konkrétního transformátoru, například pro zálohu napájení odběratelů jiné TS. Návrh menšího proudové odlehčení celých Sokolnic a především linky VN166 je uvedeno v kapitole 10.7. přes rozvodnu Moravany.

9.4 Shrnutí současného stavu rozvodny Moravany u Brna oproti začátku roku 2012

Pomocí programu Pas Daisy Off-Line Bizon jsme vypočítali současný ustálený chod sítě VN v okolí rozvodny Moravany. Současné zatížení rozvodny MOB9 transformátoru T101 je 17,92 MW, oproti začátku roku 2012 se zatížení zvýšilo o 7,65 MW. Procentuální zatížení činného výkonu rozvodny v současném stavu činí už 44,67 %.

Následně tímto zatížením se odlehčila jedna z přípojníc transformační stanice Sokolnice a to především odběrateli ABB a Vienna Point převzaté rozvodnou MOB9 o necelých 4 MW.

Bohužel v době měření (16.1.2013) byly obě linky VN 165 a VN 164 odpojené od rozvodny MOB9. Protože nebyly k dispozici data z měření, které by se zapsal do zmiňovaných kmenových linek v programu Bizon, tím by se ještě více navýšilo zatížení a následně bychom mohly více porovnat změnu zatížení v rozvodně SO9 oproti začátku roku 2012.

Dalším odlehčením je u kmenové linky VN1343, která je připojena k TS Komárov. Pokud se podíváme na proud tekoucí v lince VN1343 z Tab. 8-1 ze začátku roku 2012, který činí 119,4 A oproti současnému stavu, kde bylo na kmenové lince naměřeno jen 38,1 A (viz Tab. 9-1). Následně si spočítáme rozdíl v činném výkonu podle vztahu (viz rov. 8.1), tak se jedná o snížení výkonu v aktuálním stavu okolo 3 MW a tento výkon se projevil i na odlehčení přípojnice B1 v transformační stanici KV9. Protože tato linka napájela již přes částečně zrušené venkovní vedení VN1232 celou obec Moravany. V současnosti je obec Moravany napájena přes kabelovou linku VN1275, musíme taky uvažovat, že 3 MW jsou jen přibližné. Tzv. v době měření mezi roky 2012 a 2013 se mohly změnit i některé odběry jednotlivých napájecích uzlů. Další odlehčení přípojnice B1 z TS KV9 je odběratelem CENTA, který je už připojen na rozvodnu MOB9, dříve bylo napojeno přes vedení VN819 (KV9).

Jinak už nesouvisející se zatížením samotné rozvodny MOB9 je kmenová kabelová linka VN1232, u které došlo ke snížení přenosu činného výkonu o 1,2 MW v současném stavu a to díky vedením VN1376 a VN1275, které převzaly některé odběry z této linky. Co se týče napěťových poměrů odběratelů v Tab. 9-2, kde v kolonce napětí je zobrazen rozdíl oproti začátkům roku 2012 a 2013 si můžeme všimnout, hlavně u kabelové linky VN1377, kde rozdíl napětí je kolem

500 V, protože odběratelé byly napájeny z vytížené rozvodny Sokolnice. U ostatních odběratelů dochází k rozdílu napětí většinou rozmezí 10 až 100 V.

Celkové ztráty činného výkonu rozvodny Moravany pro aktuální stav podle výsledků z programu Bizon jsou 373,08 kW. Následně se zvětšili některé hodnoty zatížení u odběratelů připojené k v rozvodně MOB9 anebo se připojili úplně nový odběratelé. Více přímo v tabulkách odběratelů ze začátku roku 2012 (viz Tab. 8-2) a v současném stavu (viz Tab. 9-2), v kterých jsou přímo názvy odběratelů a v jaké konkrétní kmenové lince jsou připojeni.

9.5 Ekonomické vyhodnocení souboru staveb rozvodny Moravany u Brna.

Jedná se o vyhodnocení investic nákladů v první etapě (viz Tab. 9-5) a ve II výhledové etapě (viz Tab. 9-6). Zaústění vedení VN v I etapě, byly původní náklady vyčísleny na 26 000 000 Kč, na což skutečná částka se dostala přes 32 600 000 Kč (viz Tab. 9-5).

Tab. 9-5. Investiční náklady v I etapě [19].

Název investiční akce	Výše investice (Kč)
Stavba rozvodny Moravany u Brna	147 004 703
MOB9 – zaústění V 5557,5558	4 966 500
MOB9 – zaústění VN, I etapa	32 602 608
Celková investice, I etapa	184 573 811

Tab. 9-6. Předpokládané investiční náklady v II etapě [19].

Název investiční akce	Výše investice (Kč)
Vybavení druhého transformátoru T102, 110/22 kV, 40 MW	20 400 000
Rozšíření rozvodny, II etapa	10 000 000
Vývody VN do kabelové sítě, II etapa	40 000 000
Předpokládané celkové investice, II etapa	70 400 000

10 PLÁNUJÍCÍ STAV VÝVODOVÝCH LINEK Z ROZVODNY MORAVANY U BRNA

V návaznosti na současné zaústění rozvodny Moravany, napájeno transformátorem T101 v první etapě, se v následujících stránkách navrhne plánovaný rozvoj zaústění druhé etapy rozvodny MOB9. Jedná se především o úpravy stávající linky kabelového vedení VN241, VN1272, VN289, VN288. Druhá etapa bude napájena s druhého transformátoru T102, který bude teprve osazen na přípojnicích A1, A2.

Kabelové linky VN1272 a VN241, budou vedeny z rozvodny MOB9 po dvojici, jejíž značení je pro přehlednost upraveno a to tak, že za vedení bude římska číslice např. VN241 I a VN241 II (viz Obr. 10-2). Při výstavbě se následně takhle značena vedení přejmenují pod novým číslem. Dohromady v rozvodně vn Moravany bude potřeba 6 napájecích polí (rozvaděčů vn).

Úprava venkovního vedení, je uvedena v kap. 10.7. Jedná se o úpravu kmenové linky VN162 v obci Moravany pro napájení linky VN166 a VN162 vyvedené ze TS Sokolnice.

10.1 Návrh kabelové linky VN241 I a VN241 II z rozvodny MOB9

Nové kabelové linky VN241 I, II z rozvodny Moravany se propojí se stávající kabelovou linkou VN241 a zajistí možnost napájení 20 odběratelů a zároveň se odlehčí spínací stanice jih Brno (BNJ9), která může být napájena dvěma Transformačními stanicemi Brno Teplárna (BNT9) a Bohunice. V době lednového měření, byla linka VN 241 napájena přes BNJ9 z rozvodny Bohunice.

Nová kabelové vedení VN241 I,II budou uložena v nové trase a provedena kabelem ($3 \times (22\text{NA}2\text{XS}(\text{F})2\text{Y } 1 \times 240 \text{ mm}^2)$). V mapě (viz Obr. 10-1) jsou zakresleny návrhy trasy zmiňovaných linek VN241 I, II pomocí dvou řešení. První ze dvou řešení (řešení č. 1A) je považováno za nejvíce proveditelné, jeho trasa je označena na mapě černou čárkovanou čarou po spojkou, která je označena SP. č. 1. Kde nové kabelové vedení s délkou 1 km od rozvodny MOB9 se naspojkuje na stávající vedení VN241 a to tak, že dojde k rozpojení původní linky VN241 mezi odběrateli Bohunická Drutěva (číslo TS 2979) a Bohunická kiosk (2902), větší názorný pohled rozpojení stávající linky a naspojkování první varianty (řešení č. 1A, B) je zakresleno v dispečerském schématu (viz Obr. 10-2). Tato nová vedení VN241 I, II by muselo pro řešení 1A procházet přes dálnici D1 a přes železniční komunikaci. Přechody přes komunikace, by se vyřešili protlakem, a následně by se kabelové vedení uložila do v multikanálu SITEL (viz teoreticky rozbor v kap. 4.2.4).

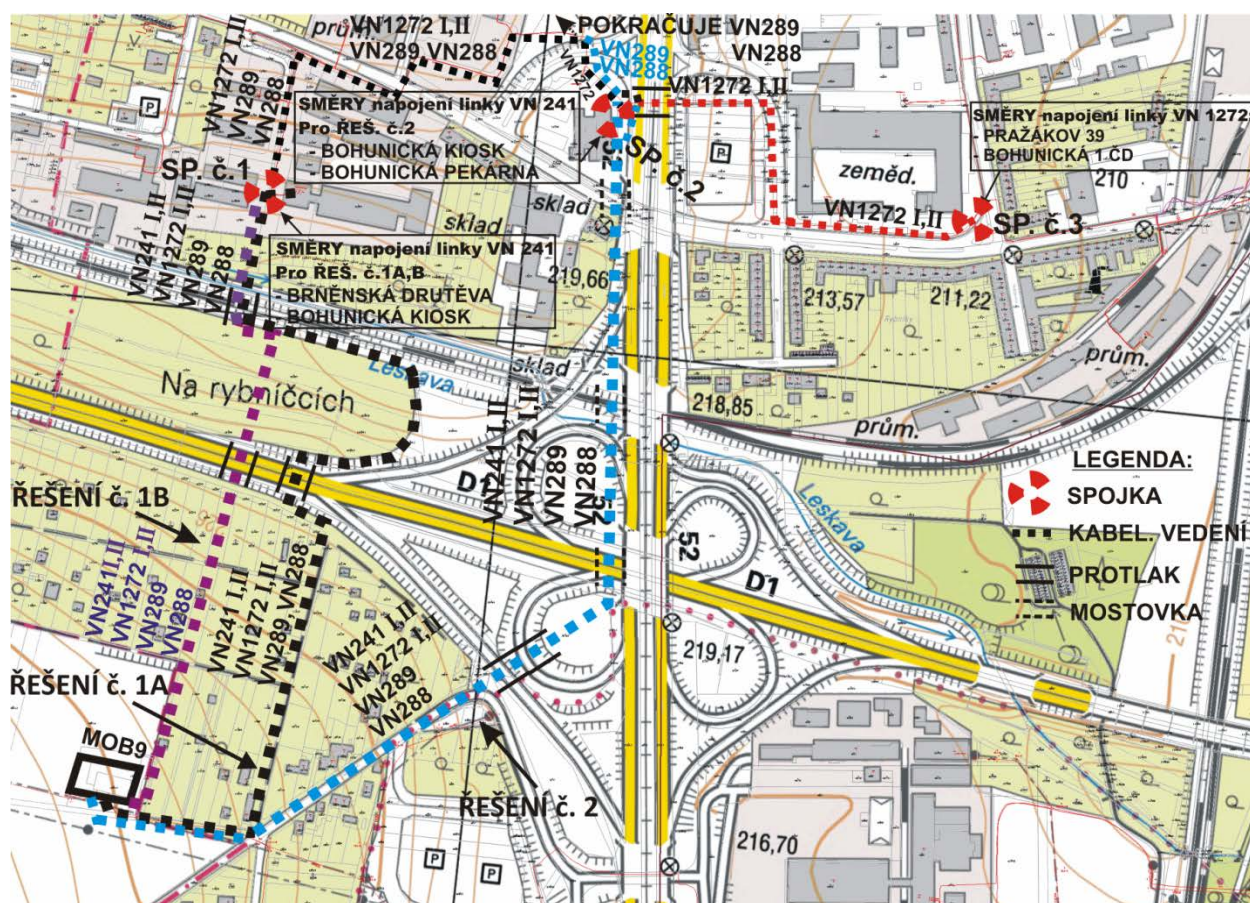
V mapě (viz Obr. 10-1) je uvedeno i zkrácené uložení nových kabelových vedení VN241 I,II, přesněji označeno jako řešení 1B (fialová barva). Jedná se jen o jednoduchou variantu, která zkrátí řešení 1A o 360 m ale následně tato nová trasa, by se vedla přes zahrádky a vinici, tam může nastat větší problém při výkupu pozemku.

V první variantě nové trase kabelové linky VN241 I,II, by se společně vedla i nová kabelová vedení označené VN1272 I, II, VN289 a VN288, přesněji jen po spojkou (SP č. 1), dále už pak vedle stávajícího vedení VN241, jako vedení VN1272 I, II po spojkou SP č. 3 (viz Obr. 10-1) a linka VN289 s VN288 po spojkou SP. č. 4 (viz Obr. 10-4).

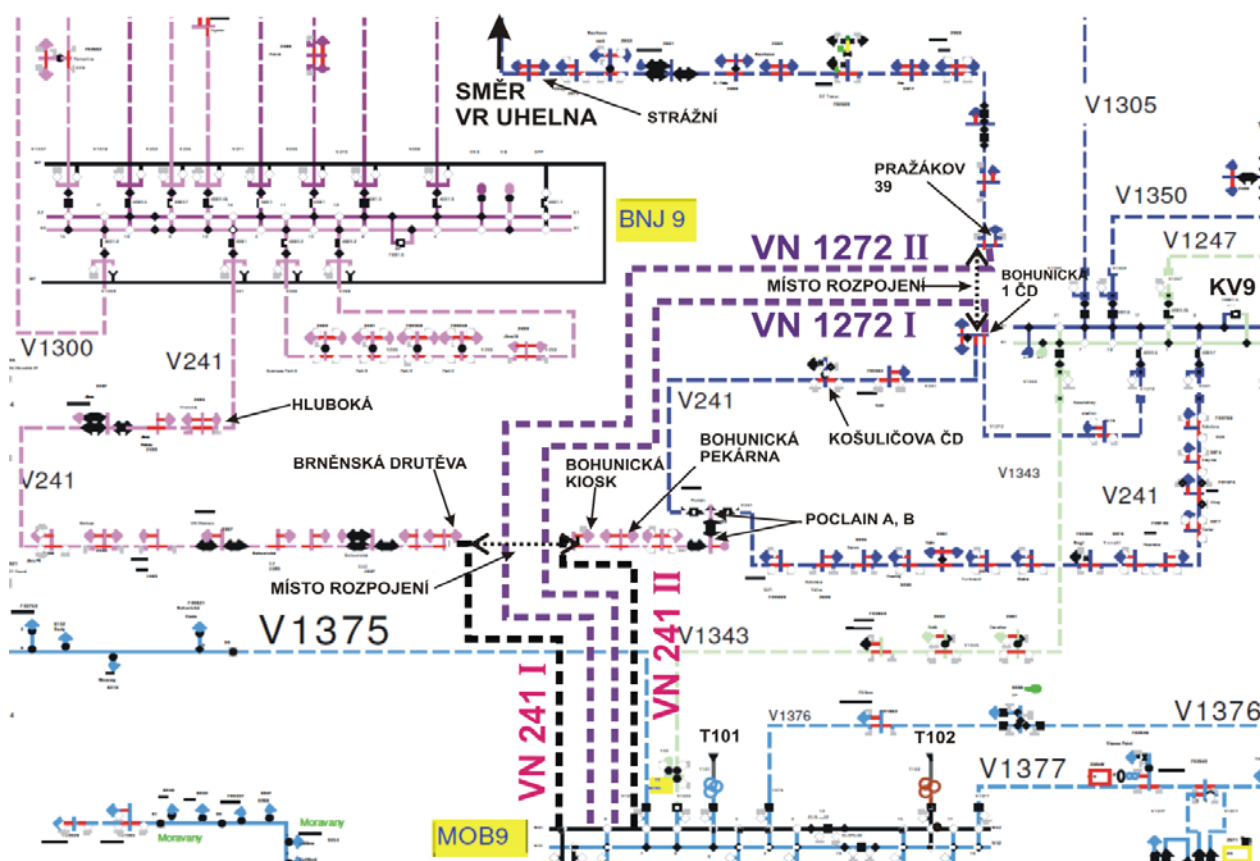
Druhé řešení (v Obr. 10-1 označeno jako řešení č. 2) kabelového vedení VN241 I, II, jehož trasa je označena na mapě (modrou čárkovanou čarou), by procházelo v označené trase od rozvodny MOB9 až po spojkou (SP. č. 2). Pomocí této spojky, by se linky VN241 I,II

naspojkovaly mezi odběratele Bohunická kiosk a Bohunická pekárna. Tahle ta varianta je více méně neuskutečnitelná. Stejně jako u řešení č. 1A,B by se opět kabelová vedení VN1272 I, II; VN289 a VN288 vedla spolu s vedením VN241 I, II podle ulice Vídeňské, kde by se muselo vedení uskutečnit přes jeden protlak a přes tři mosty. Hlavní problém uložení kabelů, by byl přes tři mosty (mostovky) do multikanálu SITEL, kde by se pro všechny linky použil typ kabelu ($3 \times (22\text{NA}2\text{XS}(\text{F})2\text{Y } 1 \times 240 \text{ mm}^2)$), to by znamenalo podle teoretického rozboru v kap. 4.2.4.1, že do jedno multikanálu SITEL, můžeme vložit čtyři tři žilové kabely, tzv. bychom musely použít dva multikanály vedle sebe instalované k mostu. A proto je tento případ řešení méně pravděpodobný. Na což u řešení č. 1 A,B, by nebyl problém uložení dvou multikanálu Sitel vedle sebe, přes dva přechody pod komunikací.

Jediná výhoda, je zkrácení trasy kabelových vedení VN1272 I, II o 547 m a VN289 s VN288 o 377 m oproti řešení 1A.



Obr. 10-1. Návrhy uložení nových linek VN241 I, II; VN1272 I, II; VN289 a VN288 v mapě.



Obr. 10-2. Zakreslení plánovaných linek VN241 I, II; VN1272 I, II v dispečerském schématu.

10.2 Návrh kabelové linky VN1272 I a VN1272 II z rozvodny MOB9

Tato realizace nových kabelových vedení VN1272 I,II, se napojila na stávající kabelové vedení VN1272. Rozvodna Moravany by pomocí těchto linek napájela 17 odběratelů, v současné době jsou odběratelé připojeni k TS Komárov (KV9) z konkrétního transformátoru T101, který podle zatížení v aktuálním stavu přesahuje 40 % (viz Tab. 9-3).

Nové trasy kabelových linek VN1272 I,II z rozvodny MOB9, budou provedeny kabelem ($3 \times (22\text{NA}2\text{XS}(\text{F})2\text{Y } 1 \times 240 \text{ mm}^2)$). Linky se naspojují na stávající vedení VN1272 v místě mezi odběrateli Bohunická 1 ČD a druhé vedení bude připojeno na směr odběratele Pražákova 39. Větší přehled můžeme vidět v dispečerském schématu (viz Obr. 10-2), kde jsou zakreslena tato nová kabelová vedení spolu již popisované linky VN241 I,II.

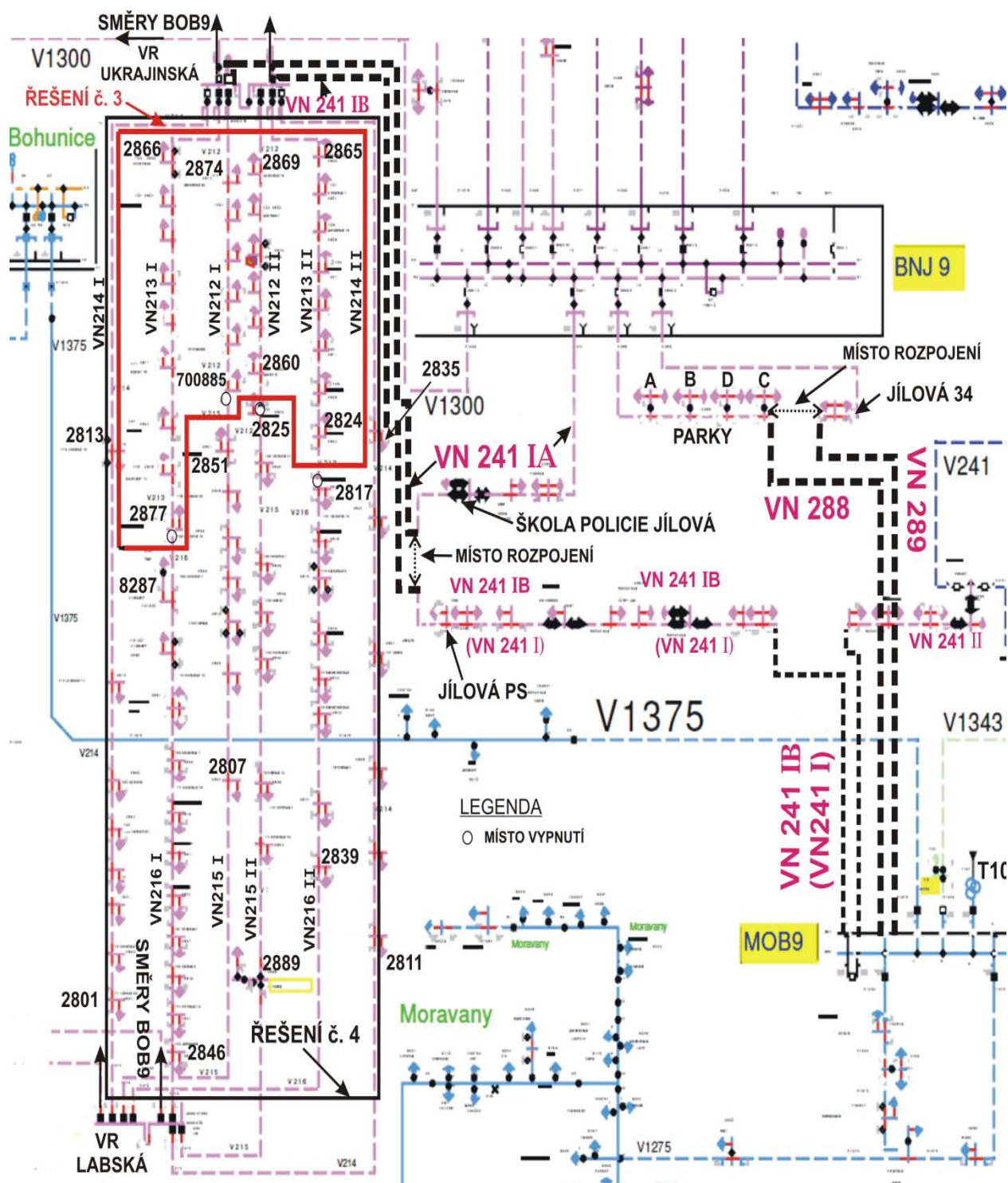
Nové trasy vedení VN1272 I,II a jejich několik řešení jsou zakresleny již zmiňované mapě (viz Obr. 10-1). Některé problémy jsou řešeny už v (kap. 10.1). Linky VN1272 I,II se povedou po nové trase od začátku rozvodny MOB9 spolu kabelovými vedením VN 241 I, II; VN 289 a VN288. V prvním řešení 1A,B se povedou všechny linky najednou až po spojky (SP č. 1), dále od této spojky, už jen s linkami VN 289 a VN288, podle současné kabelové trasy VN 241, kde se v krátkém úseku rozdělí. Pak už kabelové vedení VN1272 I,II pokračuje samostatně, podél stálé linky VN241. V mapě označeno červenou čárkovanou čarou až po spojku (SP. č. 3), kde se napojí na stávající linku VN 1272. Celková trasa nového vedení VN 1272 I,II má vzdálenost 1974 m od rozvodny MOB9. V druhém řešení (Řeš. 2) je kabelové vedení VN1272 zkráceno o 547 m od řešení 1A. V mapě je druhá varianta od rozvodny MOB9 označena modrou čárkovanou

čárou, kde vedení VN1272 I, II pokračuje samostatně na mapě zase v označené červené čárkované čáře.

10.3 Návrh kabelové linky VN289 a VN288 z rozvodny MOB9

Propojení stávajících linek VN288 a VN289 z rozvodnou Moravany zajistíme napájení pěti velkých odběratelů v současnosti napájené přes spínací stanice BNJ9 od transformační stanice BOB9. Nové kabelové linky VN288 a VN289 budou napojení novým kabelem ($3 \times (22\text{NA}2\text{XS}(\text{F})2\text{Y } 1 \times 240 \text{ mm}^2)$) z rozvodny MOB9. Dojde rozpojení původní smyčky VN288 a VN289 mezi odběrateli Park C a Jílová 34 a to tak, že nové vedení VN288 se naspojkuje na rozvodnu Park C a druhé nové vedení VN289 zase na rozvodnu Jílová 34. Názorný přehled zakreslených linek, můžeme vidět v dispečerském schématu (viz Obr. 10-3).

Návrh uložení nových tras těchto dvou linek je v první části označena mapě (viz Obr. 10-1), směr je od rozvodny MOB9. Popis uložení těchto linek je uveden v kapitole 10.1 a 10.2. Druhá část mapy je označena v Obr. 10-4. V této části mapy, pokračují obě nové linky, stále podle současné kabelové trasy označené VN241 až po spojkou SP. č. 4, kde se vedení naspojkují na zmiňované odběratele viz výše. Celková přibližná vzdálenost obou nových linek od rozvodny Moravany po spojkou SP. č. 4, by byla pro řešení č.1A 2219 m a vzdálenost pro řešení č. 2, je vypočítaná na 1842 m.



Obr. 10-3. Zakreslení plánovaných linek VN288, VN289 a VN241 IA, IB v dispečer. Schématu.



Obr. 10-4. Znáznornění nových tras linek VN288, VN289 a VN241 IA, IB v mapě.

10.4 Výpočet ustáleného chodu pro nová kabelová vedení z rozvodny MOB9.

Jedná se především o výsledky zatížení transformátoru T102, který bude v budoucnu osazen především pro šest kmenových linek (VN1272 I, II; VN241 I, II; VN289 a VN288) z rozvodny Moravany. Vypočítané výsledky ustáleného chodu jsou shrnuty v tabulkách uvedeny níže a platí pro trasu uložení ŘEŠENÍ 1A. Jedná se především o zadávání vzdálenosti nových úseků kabelových vedení do programu, podle zvoleného řešení 1A.

První tabulce (Tab. 10-1) jsou shrnuty výsledky vypočítaného zatížení činného výkonu transformátoru T102 pro každou vyvedenou kmenovou linku zvlášť a následně je proveden součet odběrů a zatížení výkonu dané rozdělené linky v žlutém rámečku. Taky je zde uvedeno, jak by se změnilo zatížení činného výkonu v současných napájecích zdrojů po odpojení těchto kabelových vedení.

Tab. 10-1. Zatížení transformátoru T102 v rozvodně MOB9 při vyvedení linek VN241 I, II; VN1272 I, II; VN288 a VN289.

Název KM /Název TS	Trafo/přípojnice	Inst. výkon (MVA)	Odběr (MVAr)	Odběr (MW)	Zatížení Činného výkonu (%)
VN241 I / MOB9	T102 / A1	40	0,735	3,957	9,89
VN241 II / MOB9	T102 / A1	40	0,973	4,795	11,98
VN241 I, II / MOB9			1,708	8,752	21,88
BOB9	T101 / A1	40	1,172	10,560	26,40
VN1272 I / MOB9	T102 / A1	40	0,119	0,549	1,37
VN1272 II / MOB9	T102 / A1	40	0,512	2,526	6,31
VN1272 I, II / MOB9			0,631	3,075	7,68
KV9	T101 / A1	40	3,55	25,60	64,00
VN289 / MOB9	T102 / A1	40	0,025	0,127	0,31
VN 288 / MOB9	T102 / A1	40	0,148	0,732	1,83
VN 288, VN289 / MOB9			0,173	0,859	2,14
BOB9	T101 / A1	40	2,71	18,45	46,13

Další dvě tabulky se týkají ohledně proudového zatížení kabelových vedení (viz Tab. 10-2) a výsledky napěťových změn u odběratelů (viz Tab. 10-3). Důležitým hlediskem je, že v programu Bizon se odběry u odběratelů (v uzlech) nezměnily od současného stavu. Tzv. proudy kmenových linek zůstaly stejné z aktuálního stavu přesněji z měření ze začátku roku 2013, jen se odpojily od stávající napájecí rozvodny a připojili se k rozvodně MOB9. Toto bude platit i pro výpočty jiných odběratelů v kmenových linkách uvedené v dalších kapitolách.

Shrnuté napěťové poměry u odběratelů, jsou uvedeny v Tab. 10-3. V tabulce je vždy uveden pro KM první a poslední odběratel, abychom zjistili, jak se změnilo napětí na konci uzlu, oproti napětí na začátku uzlu a následně pod čárkovanou čarou jsou uvedeny všichni další odběratelé v konkrétní kmenové lince. Dále je zde i zaznamenáno napětí z aktuálního stavu pro přehlednější porovnání změn napětí k budoucímu stavu.

Co se týče výsledných parametrů úseků kabelových zatížení (viz Tab. 10-2), jsou zde uvedena zatížení nových kabelových linek přímo z rozvodny MOB9 a samozřejmě výběr úseků současných kabelových linek pro každou kmenovou linku zvlášť.

Tab. 10-2. Proud. zatížení vybraných úseků v linkách VN241 I, II; VN1272 I, II; VN288 a VN289

Kmenová linka [KM] /MOB9	Typ vedení	I zatížení (A) aktuální / z rozvodny MOB9	I_{max} zatížení vedení (A)	I zatížení (%) aktuální / z rozvodny MOB9	Napětí (kV) aktuální / z rozvodny MOB9
VN 241 I	K_NA2XS(F)2Y_240	0 / 100	417	0 / 24	0,00 / 23,10
	K_ANKTOYPV_240	142 / 84	413	35 / 20	22,38 / 23,06
	K_ANKTOYPV_240	151 / 75	413	37 / 18	22,38 / 23,06
	K_ANKTOYPV_240	194 / 33	413	47 / 8	22,53 / 23,02
	K_ANKTOYPV_240	203 / 25	413	49 / 6	22,53 / 23,02
	K_AXEKVCEY_240	211 / 17	417	51 / 4	22,57 / 23,02
	K_AXEKVCEY_240	222 / 0	417	53 / 0	22,58 / 0,00
	K_AXEKVCEY_240	222 / 0	417	53 / 0	22,58 / 0,00
VN 241 II	K_NA2XS(F)2Y_240	0 / 122	417	0 / 29	0,00 / 23,10
	K_AXEKVCEY_240	100 / 97	417	24 / 23	22,32 / 23,03
	K_AXEKVCEY_240	83 / 81	417	20 / 19	22,31 / 23,01
VN 1272 I	K_NA2XS(F)2Y_240	0 / 9	417	0 / 2	0,00 / 23,10
	K_AXEKVCEY_240	2 / 2	417	1 / 1	22,87 / 23,09
VN 1272 II	K_NA2XS(F)2Y_240	0 / 62	417	0 / 15	0,00 / 23,10
	K_AMKTOYPV_240	62 / 61	413	15 / 15	22,91 / 23,09
	K_ANKTOYPV_240	49 / 48	413	12 / 12	22,89 / 23,04
	K_AXEKCEY_240	13 / 12	417	3 / 3	22,87 / 23,03
VN 288	K_NA2XS(F)2Y_240	0 / 18	417	0 / 4	0,00 / 23,10
	K_AXEKVCEY_240	18 / 19	417	4 / 5	22,62 / 23,09
	K_AXEKVCEY_240	5 / 5	417	1 / 1	22,62 / 23,09
VN 289	K_NA2XS(F)2Y_240	0 / 4	417	0 / 1	0,00 / 23,10
	K_AXEKVCEY_240	22 / 0	417	5 / 0	22,63 / 0,00

Tab. 10-3. Parametry odběratelů v kabelové lince VN241 I, II; VN1272 I, II; VN288 a VN289

Kmenová linka [KM] /MOB9	Odběratelé				
	Název	Inst. výkon (kVA)	Odběr (kW)	Odběr (kVAr)	Napětí (kV) aktuální / z rozvodny MOB9
VN 241 I	2979 Brněnská Drutěva	800	419,24	85,13	22,366 / 23,076
	2485 Hluboká	1260	660,30	134,08	22,578 / 23,016
	2483 Ústřední hřbitov	630	330,15	67,04	22,449 / 23,039
	2499 Jílová PS	400	209,62	42,56	22,505 / 23,025
	2497 Škola Jílová policie	630	330,15	67,04	22,533 / 23,020
	2996 Bohunická kamenná	400	209,62	42,56	22,371 / 23,073
	2997 Bohunická VUC	630	330,15	67,04	22,384 / 23,066
	2986 Brno Sovinec	1260	660,30	134,08	22,482 / 23,029
	2987 Vídeňská DS Olomouc	250	134,03	26,60	22,414 / 23,053
	2995 Bohunická 52	250	134,03	26,60	22,403 / 23,058
	2994 Bohunická 16	400	209,62	42,56	22,393 / 23,062
	2496 Jílová policie	630	330,15	67,04	22,537 / 23,020
VN 241 II	2902 Bohunická kiosk	630	330,15	67,04	22,349 / 23,055
	3095 Poclain A	5000	2620,26	532,06	22,304 / 23,010
	3095 Poclain B	1000	524,05	106,41	22,304 / 23,010
	3078 Tribos	1260	660,30	134,08	22,305 / 23,012
	2989 Bohunická pekárny	1260	660,30	134,08	22,338 / 23,044
VN 1272 I	2984 Bohunická 1 ČD	1260	222,77	45,23	22,918 / 23,097
	700961 Košuličova ČD	1200	212,16	43,08	22,916 / 23,096
	700962 Košuličova Solid	250	44,20	8,52	22,916 / 23,096
	2518 Basebalový stadion	400	70,72	14,36	22,946 / 23,096
VN 1272 II	2992 Pražákova 39	400	70,72	14,36	22,946 / 23,071
	2901 Strážní	800	141,44	28,72	22,871 / 23,031
	702920 AZ Tower	2000	353,60	71,80	22,879 / 23,039
	2958 Pražákova 58	1260	222,76	45,23	22,893 / 23,053
	2969 Heršpická M-palác	2520	445,20	90,47	22,877 / 23,038
	2970 Chepos	250	44,20	8,52	22,871 / 23,032
	2953 Heršpická Bauhaus	1260	222,76	45,23	22,872 / 23,033
	2959 Pražákova 36 DRIBO	250	44,20	8,52	22,908 / 23,068
	2993 Heršpice Pražákov	400	70,72	14,36	22,902 / 23,063
	2991 Štýřice Vídeňská 99	630	111,38	22,61	22,875 / 23,036
	2977 Štýřice Avia	1260	222,76	45,23	22,887 / 23,048
	2967 Heršpická CTP	2000	353,60	71,80	22,870 / 23,030
	2990 Brno Bauhaus	1260	222,76	45,23	22,879 / 23,040
VN 289	2489 Jílová 34	1260	127,06	25,80	22,629 / 23,099
VN 288	700359 Park C	2000	201,68	40,95	22,623 / 23,096
	700359 Park A	2000	201,68	40,95	22,622 / 23,095
	700359 Park B	1260	127,06	25,80	22,621 / 23,095
	700359 Park D	2000	201,68	40,95	22,622 / 23,096

10.5 Shrnutí výsledků plánujících nových kabelových linek VN 241 I, II; VN 1272 I, II; VN289 a VN288

Po připojení šesti nových kabelových linek (VN241 I, VN241 II, VN1272 I, VN1272 II, VN289 a VN288) napájené budoucím transformátorem T102 o výkonu 40 MW z TS Moravany, jehož zatížení je dáno součtem všech zmiňovaných linek podle tabulky (Tab. 10-1), které je vyčísleno na hodnotu 12,68 MW. Tzv. 32 % zatížení z instalovaného výkonu.

Největší konkrétní zatížení je v lince VN241 II. Spolu s kabelovým vedením VN241 I je celkové zatížení činného výkonu 21,88 % z instalovaného výkonu transformátoru T102. V současnosti je kabelová linka VN241 napájena přes spínací stanici Brno jih s TS Bohunice s transformátoru T101 se zatížením činného výkonu 48,27 % (viz Tab. 9-3). Přepojení linky VN241 na rozvodnu MOB9, by se transformátor T101 v Bohunicích odlehčil téměř na polovinu svého současného zatížení.

Co se týče zatížení kabelových úseků (viz Tab. 10-2) v kmenové lince VN241 je v aktuálním stavu zatížen kabelový úsek hned z vývodu BNJ9 pro odběratele Hluboká na 53 % svého jmenovitého proudového zatížení. Po odpojení z BNJ9 a následně připojení k rozvodně MOB9 by se tento úsek odlehčil o 51 %. Pak samozřejmě největší zatížení, bude ze strany nových kabelových vedení s rozvodny Moravany, jeho proudové zatížení by bylo 29 % přesněji pro linku VN 241 I a pro druhou linku VN241 II je zatížení 24 % jmenovitého proudového zatížení kabelu K_NA2XS(F)2Y_240 obou nových linek.

Průměrné napětí u odběratelů současné kabelové linky VN241 je 22,412 kV. Po přestavbě vedení napájené z rozvodny MOB9, byl vypočten průměr napětí v uzlech obou nových linek (VN241 I, II) kolem 23,044 kV. Následující rozdíl z průměrných napětí z Tab. 10-3 oproti aktuálnímu stavu, napájené z rozvodny MOB9 je přibližně 630 V.

Výsledky výpočtů navrhovaných kabelových linek VN1272 I,II, je současnosti jako stávající linka VN1272 napájena z rozvodny Komárov přes transformátor T101 (viz Tab. 9-3), by po přestavbě vedení napájené přes rozvodnu MOB9 odlehčila transformátor Komárově o 7,68 % instalovaného výkonu, podle výsledků zatížení (Tab. 10-1).

Pro kabelové úseky v kmenových linkách VN1272 I a VN1272 II se jejich proudové zatížení oproti současnému stavu v procentech velice nezměnily, protože nové linky napájeny z rozvodny Moravany jsou přibližně naspojovány se stejného konce, jako napájení v aktuální době z rozvodny Komárov.

Ohledně napěťových poměrů je rozdíl z průměrovaných hodnot okolo 160 V napájené z rozvodny MOB9 při obou linkách (VN1272 I, VN1272 II) vedení, oproti současnému stavu.

Co se týče shrnutí výpočtů posledního návrhu kabelových vedení VN288 a VN289, obě linky zatíží. transformátor T102 v rozvodně MOB9 na 2,14 % z instalovaného výkonu. Současný průměr napěťových poměrů je 22,62 kV, oproti napájení z rozvodny Moravan je průměr napětí vypočítán na hodnotu 23,09 kV.

10.6 Návrh kabelové linky VN241 IA, VN241 IB z rozvodny MOB9

Návrh kabelových linek označeny jako VN241 IA a VN241 IB, je vlastně jen rozšíření již upravené linky VN241 (viz kap. 10.1). Přesněji její část označena VN241 I napájené z rozvodny Moravan. Jednalo by se o posílení napěťových poměrů v 78 odběrových uzlů VN/NN v instalované části Brna Bohunicích, které jsou v současnosti napájené z rozvodny Bohunice (BOB9) a to přes dvě vstupní rozvodny (VR), které jsou umístěné proti sobě na krajích Bohunic. Jedná se o VR Ukrajinskou a Labskou. Protože společnost E.ON v ČR neprovozuje okružní a mřížovou soustavu, tak uprostřed Bohunic jsou kmenové linky rozpojeny, kde v Obr. 10-3 je rozpojení označeno „bílím kroužkem“.

Úprava kabelové linky VN241 I, by spočívala rozpojení linky ze směru BNJ9 a MOB9 v místě mezi odběrateli Škola policie Jílová a Jílová PS (Policie Jílová), kde by se naspojkovali nová kabelová vedení VN241 IB ze směru rozvodny MOB9 a druhá kabelová linka VN241 IA ze směru BNJ9, které by se připojili na nejbližší VR Ukrajinskou. Názorný pohled řešení je zakreslen v dispečerském schématu (viz Obr. 10-3). Jen podotýkám, že tohle to značení kabelových linek římskými číslicemi a písmenem (IA a IB) je jen pro orientaci, při výstavbě těchto vedení bude název dané linky označen úplně novým číslem, tedy bez římských číslic!

Uložení nové trasy kabelových linek VN241 IA, IB je zakresleno v mapě (viz Obr. 10-4). Vzdálenost obou nových linek vedených spolu od vstupní rozvodny Ukrajinské až po spojku (SP. č. 5) je přibližně 632 m. Pro konkrétní dva nové kabely, byl určen typ K_NA2XS(F)2Y_240.

Protože všech 10 kmenových linek vedené v Bohunicích, které jsou označeny v obrázku (Obr. 10-3), mohou být navzájem spojeny mezi VR Labskou a Ukrajinskou, pro výpočet ustáleného chodu (viz kap.10.6.1) jsou řešeny dvě varianty napájení odběratelů v Bohunicích. V první variantě v obrázku (Obr. 10-3) označeno v červeném rámečku jako řešení č. 3, kde by se napájela jen jedna polovina odběratelů přes VR Ukrajinská z rozvodny MOB9 a druhá polovina, by byla napájena jako doposud z Bohunic přes VR Labská. Druhé řešení představuje napájení všech odběratelů z rozvodny MOB9 rovněž přes VR Ukrajinská, označeno v dispečerském schématu, jako řešení č. 4. v černém rámečku. Kde by došlo uprostřed Bohunic ke vzájemnému spojení čtyř linek a následnému odpojení z VR Labské. Jen obě krajní linky (VN214 I, VN214 II) z Obr. 10-3, které jsou stále uprostřed spojeny, by se jen odpojily od VR Labské a následně by se spojily ve VR Ukrajinské.

10.6.1 Výpočet ustáleného chodu pro kabelové vedení VN241 IB z rozvodny MOB9.

Zaznamenané výsledky výpočtu v následujících stránkách ustáleného chodu se uvedly jen při napájení z rozvodny MOB9 z linky VN241 IB. Druhá kabelová linka VN241 IA, jak bylo řečeno výše je napájena ze spínací stanice BNJ9, kterou napájí dvě rozvodny, BNT9 a rozvodna BOB9.

Vypočítané hodnoty celkového zatížení činného výkonu v TS Moravany, pro obě řešené varianty jsou uvedeny v Tab. 10-4.

Výpočty proudového zatížení kabelových úseku jsou uvedeny v Tab. 10-6. Jedná se především o kabelové úseky kmenové linky VN241 IB od rozvodny MOB9, ale i linky pro odběratele vedeny přímo v Bohunicích. Jde o zatížení kabelový úseků, které jsou hned na začátku od VR Ukrajinské. U kmenových linek VN215 a VN216, jejíž úseky jsou uvedené v tabulce, od místa rozpojení (Místo v Bohunicích, kde se rozpojí odběratelé na dvě poloviny) po VR Labskou. Pro lepší přehlednost jsou názvy kabelových linek zakresleny v dispečerském

schématu (viz Obr. 10-3). Výsledné zatížení kabelových úseků je v tabulce uvedeno pro obě dvě zmiňované varianty napájení Bohunic. Pro řešení č. 3 platí počet kmenových linek v Bohunicích 4 a pro řešení č. 4 je počet linek 10.

Co se týče vypočítaných napěťových poměrů a výkonů, některých odběratelů v části Brna Bohunic, jsou uvedeny v Tab. 10-5. Z důvodu velkého počtu odběratelů jsou v tabulce uvedeny vždy první a poslední odběratelé pro jednu kmenovou linku ze směru VR Ukrajinské, toto oddělení je provedeno v tabulce čárkovanou čarou. Pro variantu řešení č. 3 je uvedena i druhá polovina odběratelů, kteří jsou napájeni z rozvodny BOB9 přes VR Labská, výsledky výpočtu jsou znázorněny i pro řešení č. 4. Všichni vybraní odběratelé z Bohunic jsou zakresleni v dispečerském schématu (viz. Obr. 10-3), nikoliv pod názvem ale pod číslem odběratele.

Tab. 10-4. Výpočet zatížení transformátoru T102 v rozvodně MOB9 při vyvedení linky VN241 IB.

Název KM /Název TS	Trafo/přípojnice	Inst. výkon (MVA)	Odběr (MVar)	Odběr (MW)	Zatížení Činného výkonu (%)
VÝPOČET PRO ŘEŠENÍ č. 3					
VN241 IB / MOB9	T102 / A1	40	0,96	4,81	12,02
BOB9	T102 / B1	40	2,00	18,53	46,32
VÝPOČET PRO ŘEŠENÍ č. 4					
VN241 IB / MOB9	T102 / A1	40	1,44	9,87	24,67
BOB9	T102 / B1	40	1,47	13,47	33,67

Tab. 10-5. Vypočítané parametry odběratelů v kabelové lince VN241 IB.

Název KM / MOB9	Odběratelé				
	Název	Inst. výkon (kVA)	Odběr (kW)	Odběr (kVAr)	Napětí (kV) aktuální / z rozvodny MOB9
VÝPOČET PRO ŘEŠENÍ č. 3					
VN 241 IB	2866 Ukrajinská 11	400	70,86	14,39	22,837 / 23,006
	2874 Moldavská 3A	400	70,86	14,39	22,837 / 23,006
	2869 Ukrajinská 19	400	70,86	14,39	22,838 / 23,007
	2865 Moldavská 1	400	70,86	14,39	22,838 / 23,006
	2877 Souhrady	400	70,86	14,39	22,832 / 23,004
	700885 L.D. Energy	400	70,86	14,39	22,835 / 23,003
	2860 Spodní 8	400	70,86	14,39	22,836 / 23,004
	2824 Švermova 23	400	70,86	14,39	22,833 / 23,001
Napájení z BOB9 od VR Labská (druhá půlka odběr.)	Název	Inst. výkon (kVA)	Odběr (kW)	Odběr (kVAr)	Napětí (kV) aktuální / druhá půlka z BOB9
	8287 Lískovaec OMV	160	36,77	7,74	22,872 / 22,872
	2851 Neužilova	400	81,06	16,46	22,889 / 22,889
	2825 Švermova 15	400	81,06	16,46	22,884 / 22,884
	2817 Kosmonautů	400	81,06	16,46	22,886 / 22,886
	2813 Uzbecká 10	400	81,06	16,46	22,888 / 22,888
	2835 Okrouhlá 27	400	81,06	16,46	22,888 / 22,888
	2846 Jemelkova	400	81,06	16,46	22,891 / 22,891
	2807 Dunajská 79	400	81,06	16,46	22,894 / 22,894
	2889 DP Osova	1666	337,61	68,55	22,891 / 22,891
	2839 Kyjevská 17	400	81,06	16,46	22,892 / 22,892
	2801 Labská 33	400	81,06	16,46	22,894 / 22,894
	2811 Labská 11	400	81,06	16,46	22,893 / 22,893
VÝPOČET PRO ŘEŠENÍ č. 4					
VN 241 IB	2866 Ukrajinská 11	400	70,86	14,39	22,837 / 22,863
	2874 Moldavská 3A	400	70,86	14,39	22,837 / 22,865
	2869 Ukrajinská 19	400	70,86	14,39	22,838 / 22,865
	2865 Moldavská 1	400	70,86	14,39	22,838 / 22,864
	2877 Souhrady	400	70,86	14,39	22,832 / 22,834
	700885 L.D. Energy	400	70,86	14,39	22,835 / 22,857
	2860 Spodní 8	400	70,86	14,39	22,836 / 22,843
	2824 Švermova 23	400	70,86	14,39	22,833 / 22,844
	2813 Uzbecká 10	400	81,06	16,46	22,888 / 22,864
	2835 Okrouhlá 27	400	81,06	16,46	22,888 / 22,863
	2846 Jemelkova	400	81,06	16,46	22,891 / 22,818
	2807 Dunajská 79	400	81,06	16,46	22,894 / 22,849
	2889 DP Osova	1666	337,61	68,55	22,891 / 22,828
	2839 Kyjevská 17	400	81,06	16,46	22,892 / 22,835
	2801 Labská 33	400	81,06	16,46	22,894 / 22,858
	2811 Labská 11	400	81,06	16,46	22,893 / 22,860

Tab. 10-6. Proudové zatížení vybraných kabelových úseků linky VN241 IB a KM v Bohunicích.

Kmenová linka [KM]	Typ vedení	I zatížení (A) VN241 I / VN241 IB	I _{max} zatížení (A)	I zatížení (%) VN241 I / VN241 IB	Napětí (kV) VN241 I / VN241 IB
VÝPOČET PRO ŘEŠENÍ č. 3					
VN 241 IB / MOB9	K_NA2XS(F)2Y_240	100 / 120	417	24 / 29	23,100 / 23,100
	K_ANKTOYPV_240	84 / 105	413	20 / 25	23,063 / 23,066
	K_ANKTOYPV_240	75 / 97	413	18 / 23	23,066 / 23,063
	K_NA2XS(F)2Y_240	0 / 56	417	0 / 13	0,000 / 23,017
KM v Bohunicích	Typ vedení	I zatížení (A) akt. / VN241 IB	I_{max} zatížení (A)	I zatížení (%) akt. / VN241 IB	Napětí (kV) aktuální / VN241 IB
VN213 I	K_ANKTOYPV_240	16 / 16	413	4 / 4	22,838 / 23,006
VN212 I	K_AXEKVCEY_240	13 / 12	417	3 / 3	22,838 / 23,006
VN212 II	K_ANKTOYPV_240	12 / 12	413	3 / 3	22,839 / 23,004
VN213 II	K_ANKTOYPV_240	15 / 14	413	4 / 4	22,838 / 23,006
VÝPOČET PRO ŘEŠENÍ č. 4					
VN 241 IB / MOB9	K_NA2XS(F)2Y_240	100 / 249	417	24 / 60	23,100 / 23,100
	K_ANKTOYPV_240	84 / 233	413	20 / 57	23,063 / 23,024
	K_ANKTOYPV_240	75 / 224	413	18 / 55	23,066 / 23,024
	K_NA2XS(F)2Y_240	0 / 184	417	0 / 44	0,000 / 22,902
KM v Bohunicích	Typ vedení	I zatížení (A) akt. / VN241 IB	I_{max} zatížení vedení (A)	I zatížení (%) akt. / VN241 IB	Napětí (kV) aktuální / VN241 IB
VN213 I	K_ANKTOYPV_240	16 / 47	413	4 / 11	22,838 / 22,863
VN212 I	K_AXEKVCEY_240	13 / 29	417	3 / 7	22,838 / 22,865
VN212 II	K_ANKTOYPV_240	12 / 39	413	3 / 9	22,839 / 22,865
VN213 II	K_ANKTOYPV_240	15 / 35	413	4 / 9	22,838 / 22,864
VN214 I	K_AXEKCEY_240	4 / 17	417	1 / 4	22,888 / 22,864
VN214 II	K_AXEKCEY_240	5 / 13	417	1 / 4	22,889 / 22,863
VN215 I	K_ANKTOYPV_240	4 / 15	413	1 / 4	22,890 / 22,856
VN215 II	K_ANKTOYPV_240	2 / 25	413	1 / 6	22,884 / 22,838
VN216 I	K_AXEKCEY_240	15 / 23	417	4 / 5	22,873 / 22,826
VN216 II	K_AXEKCEY_240	4 / 16	417	1 / 4	22,886 / 22,840

10.6.2 Shrnutí výsledků kabelové linky VN241 IB z rozvodny MOB9

Teoretická možnost napájení odběratelů umístěných v Bohunicích z transformační stanice Moravany, vyplývají z výsledků ustáleného chodu obou řešení (viz kap. 10.6.1), je možné uskutečnit.

Pro napájení jen poloviny odběratelů v Bohunicích, by se transformátor T102 v TS Moravany zatížil na hodnotu 4,81 MW a pro řešení č. 4 by odběr činil 9,87 MW. Těmito hodnotami odběru by se přibližně stejně odlehčilo zatížení transformátoru T102 v TS Bohunicích. Do celkového odebíraného odběru obou řešení z Bohunic jsou započítáni i 9 zbylý odběratelů (od Bohunická Drutěva po PS Jílová), kteří jsou připojeni k lince VN241 (VN241 I) od rozvodny Moravany.

Vypočítané proudové zatížení vývodového kabelu (VN241 IB) typu K_NA2XS(F)2Y_240 od rozvodny Moravany je pro řešení č. 3 přibližně 29 % jmenovitého proudu tohoto vedení, ale pro napájení odběratelů celých Bohunic (řešení č. 4) je proudové zatížení tohoto kabelu o polovinu vyšší, než když bude napájena jen jedna polovina odběratelů Bohunic, přesněji se jedná o hodnotu zatížení 60 %. Tahle ta hodnota zatížení je stále v toleranci z Tab. 4-6 kontrolních parametrů sítí VN a to přibližně toleranci +15% navíc jmenovitého proudu kabelu. Co se týče proudového zatížení úseků v kmenových linkách přímo v Bohunicích, tak pro první variantu (řešení č. 3) je, že velikost proudového zatížení kabelových úseků zůstává stejná jako v aktuálním stavu, ale pro druhou variantu (řešení č. 4), se navýší proudové zatížení 4 až 11 % oproti současnému zatížení. Hlavně u KM VN213, VN212 a VN214, které jsou připojeny hned u VR Ukrajinské (viz Tab. 10-6).

Pro zlepšení napěťových poměrů je nejvýhodnější řešení č. 3. Hodnoty napětí se zvýší přibližně o 170 V. Při řešení č. 4. jsou již nepatrné rozdíly napětí u odběratelů, oproti aktuálnímu stavu.

Při napájení ze strany BNJ9, přesněji přes nové vedení VN241 IA, by podle vypočítaných výsledků (nejsou uvedené v této práci), nedocházelo k přetížení mezi úseky BNJ9 a VR Ukrajinskou. Proto taky tato varianta by mohla být použita, jako další z mnoha záloh napájení odběratelů umístěných v Bohunicích. Napájení přes BNJ9, by mohlo být uskutečněno jen z rozvodny B0B9, jelikož rozvodna BNT9 je současnosti vytěžována.

10.7 Návrh a úprava napájení venkovní linky VN162 a VN166, z rozvodny MOB9

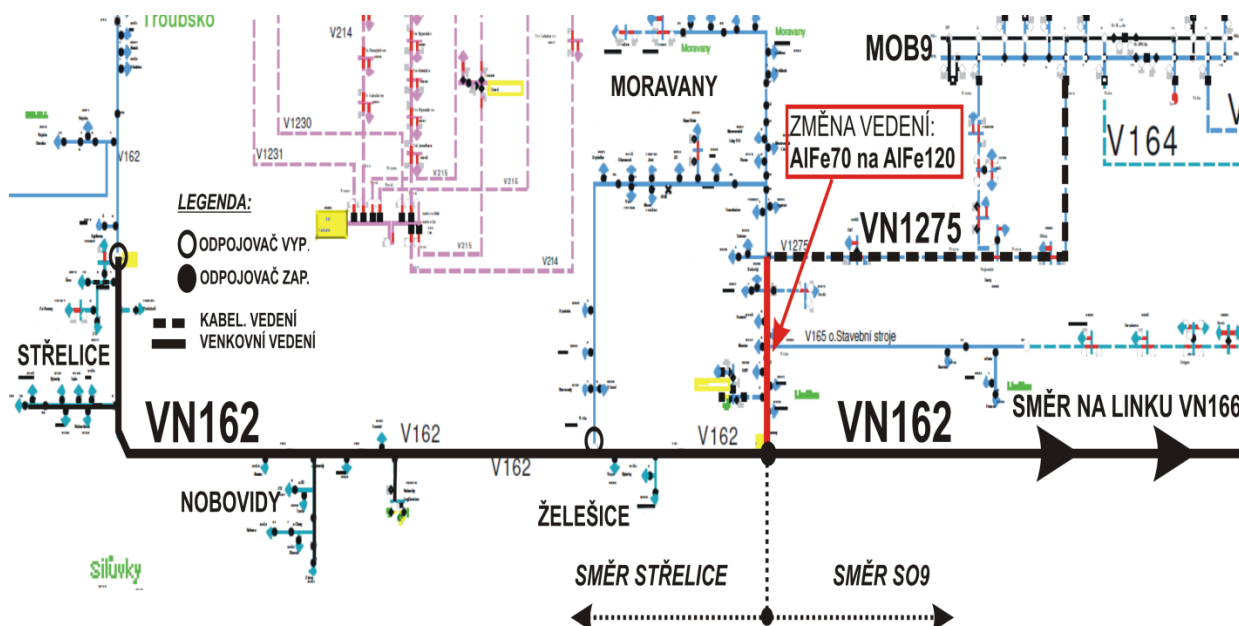
Poslední výhledový stav pro napájení odběratelů z rozvodny Moravany, by se jednal především o odlehčení zatížené venkovní linky VN166 od transformační stanice Sokolnice. V Obr. 10-7 jsou uvedeny venkovní úseky a jeden kabelový úsek linky VN166 od rozvodny SO9. Především venkovní úsek V_AlFe_95, který je označen pod číslem programu VEDK86807 a je v současném stavu proudově zatížen, podle programu Bizon na 77 % svého jmenovitého proudu (viz Tab. 10-8).

V současném stavu je venkovní linka VN166 připojena přímo k rozvodně SO9. Samostatně se přes tuto venkovní linku napájí například odběratele 9037 Modřice ČOV (čistírna odpadních vod) s instalovaným výkonem 6200 kVA, dále skupina odběratelů Modřicic, Modřic II a v Přízřenicích. K tomuto venkovnímu vedení je připojena venkovní linka VN162, která napájí odběratelé v Střelcích, Želešicích a Nebovidy, více informací těmito skupinám odběratelů jsou v Tab. 10-10.

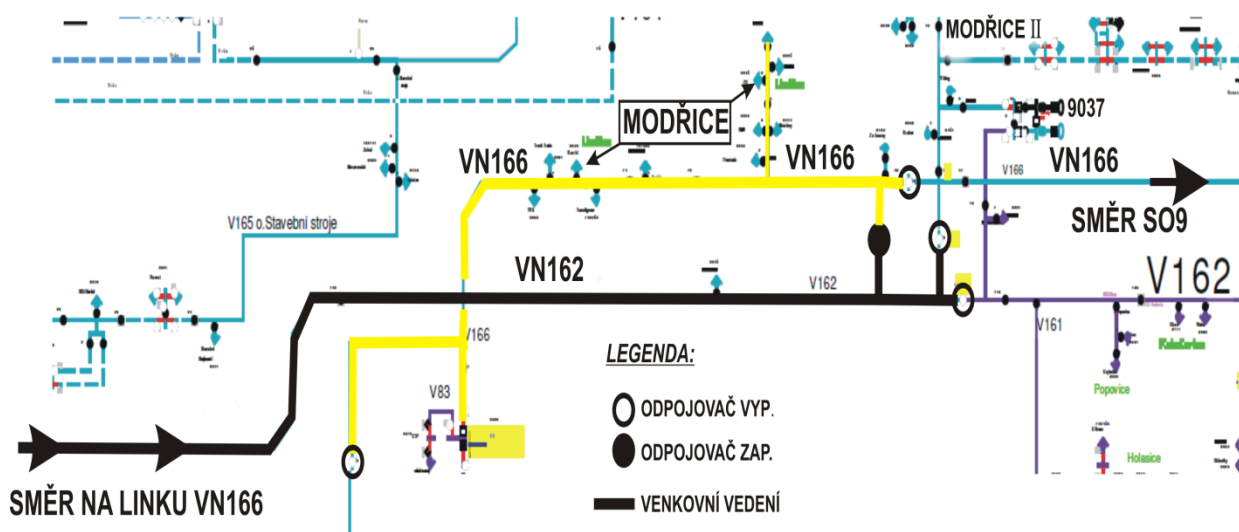
Napájení skupiny odběratelů linek VN162 a VN166 z rozvodny Moravany, by se provedlo přes stávající kabelový vývod VN1275. Dále přes toto vedení se napájí kmenová linka VN162 v obci Moravany u Brna, pak už pomocí odpojovačů bychom spojily venkovní linky VN162 a VN166 (viz. Obr. 10-5 a Obr. 10-6). Odpojovače jsou v současné době instalovány. Jediná úprava by musela být provedena ve zmíněné kmenové lince VN162 v obci Moravany, kde

stávající venkovní vedení AlFe 50 o délce 190 m a AlFe70 o délce 1820 m se vymění za větší průřez například za venkovní vedení AlFe120 (viz výsledky proudového zatížení Tab. 10-8). Tento úsek výměny je znázorněn v obrázku (Obr. 10-5) červenou čarou.

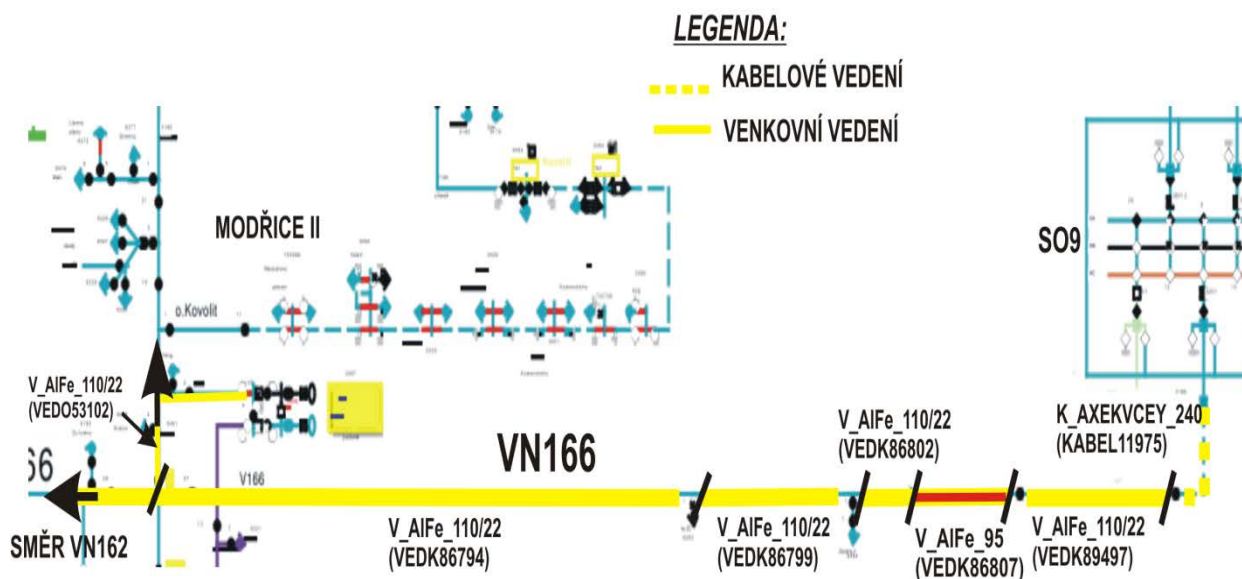
Co by přesně mělo být, napájeno z rozvodny MOB9 je označeno černou čarou pro linku VN162 a žlutou čarou je označena linka VN166 v prvních dvou obrázcích uvedeny níže. Mezi oběma obrázky došlo k rozdělení linky VN162, kde se nenachází žádní odběratelé. Rozdělení se provedlo kvůli velikosti jednoho obrázku, více pak přehledové celé dispečerské schéma, které je uvedeno v příloze F na CD.



Obr. 10-5. Označení napájení venkovní linky VN162 z rozvodny MOB9 v dispečerském schématu, 1 část.



Obr. 10-6. Označení napájení venkovních linek VN166 a VN162 z rozvodny MOB9 v dispečerském schématu, 2 část.



Obr. 10-7. Označení úseků venkovní linky VN166 z rozvodny SO9 v dispečerském schématu.

10.7.1 Výpočet ustáleného chodu pro venkovní vedení VN162 a VN166.

Přehled zatížení činného výkonu kmenové linky VN1275 z transformátoru T101 v rozvodně MOB9 pro aktuální stav a po připojení obou linek VN162 a VN166 je uvedeno v Tab. 10-7. Jsou zde uvedena i změny v zatížení rozvodny SO9.

Výsledky proudových zatížení venkovních a kabelových úseku jsou uvedeny v Tab. 10-8. Jsou zde především změny proudového zatížení po úpravě kmenové linky VN162 v Obci Moravany. Jinak ostatní uvedené úseky vedení jsou v tabulce jen pro linky, které mají barevně označení v obrázcích Obr. 10-5 a Obr. 10-6. Pro venkovní linku VN166 vyvedenou přímo od TS SO9 jsou uvedeny i názvy úseků vedení a jejich přesné umístění (viz Obr. 10-7).

V tabulce (Tab. 10-10), jsou uvedeny napěťové poměry odběratelů, kteří jsou spojeni přes linky VN162 a VN166, včetně některých odběratelů v obci Moravany.

Tab. 10-7. Výpočet zatížení transf. T101 v rozvodně MOB9 při napájení linek VN162 a VN166.

Kmenová linka [KM]	Trafo / přípojnice	Inst. výkon (MVA)	Odběr (MVar) aktuální / s VN162 a VN166	Odběr (MW) aktuální / s VN162 a VN166	Zatížení Činného výkonu (%) aktuální / s VN162 a VN166
VN 1275 / MOB9	T102 / B1	40	0,88 / 1,53	4,35 / 8,07	10,87 / 20,18
SO9	T101 / WA	40	4,23 / 3,58	35,24 / 31,01	88,10 / 77,52

Tab. 10-8. Proudové zatížení úseků linek VN162 a VN166, přes napájení linky VN1275.

Kmenová linka [KM] / MOB9	Typ vedení	I zatížení (A) aktuální / z rozvodny MOB9	I _{max} zatížení (A)	I Zatížení (%) aktuální / z rozvody MOB9	Napětí (kV) aktuální / z rozvodny MOB9
VN1275	K_NA2XS(F)2Y_240	111 / 205	417	27 / 49	23,10 / 23,10
	K_AXEKVCEY_240	111 / 205	417	25 / 49	23,06 / 23,03
	K_ANKOYPV_240	111 / 205	450	27 / 46	23,06 / 23,03
	K_AXEKCXY_240	94 / 188	417	23 / 45	23,00 / 22,93
VN162 / Obec Moravany	aktuální / nové		aktuální / nové		
	V_AlFe_50 / V_AlFe_120	34 / 128	204 / 362	17 / 35	23,00 / 22,91
	V_AlFe_70 / V_AlFe_120	34 / 128	254 / 362	13 / 35	22,99 / 22,90
	V_AlFe_70 / V_AlFe_120	29 / 123	254 / 362	11 / 34	22,99 / 22,89
	V_AlFe_70 / V_AlFe_120	24 / 118	254 / 362	9 / 33	22,98 / 22,87
	V_AlFe_70 / V_AlFe_120	16 / 110	254 / 362	6 / 30	22,98 / 22,84
	V_AlFe_70 / V_AlFe_120	1 / 95	254 / 362	1 / 26	22,98 / 22,80
VN 162 I (směr SO9)	V_AlFe_95	79 / 35	309	25 / 11	22,88 / 22,67
	V_AlFe_110/22	77 / 37	409	19 / 9	21,88 / 22,67
(směr Střelice)	V_AlFe_110/22	77 / 74	409	19 / 18	21,87 / 22,66
	V_AlFe_110/22	55 / 53	409	14 / 13	21,69 / 22,64
	V_AlFe_110/22	39 / 38	409	10 / 9	21,66 / 22,48
VN 166 I					
KABEL1197 5	K_AXEKVCEY_240	239 / 184	410	58 / 45	23,00 / 23,00
vedk89497	V_AlFe_110/22	239 / 184	409	58 / 45	22,96 / 22,98
vedk86807	V_AlFe_95	239 / 184	309	77 / 59	22,42 / 22,65
vedk86802	V_AlFe_110/22	239 / 184	409	58 / 45	22,34 / 22,60
vedk86799	V_AlFe_110/22	216 / 163	409	53 / 40	22,20 / 22,53
vedk86794	V_AlFe_110/22	214 / 161	409	53 / 39	22,18 / 22,51
vedo53102	V_AlFe_95	161 / 161	309	52 / 52	21,94 / 22,33

Tab. 10-9. Proudové zatížení úseků linky VN166, přes napájení linek VN1275 a VN164.

Kmenová linka [KM] / MOB9	Typ vedení	I zatížení (A) aktuální / VN1275 + Modřice II	I _{max} zatížení (A)	I Zatížení vedení (%) aktuální / VN1275 + Modřice II	Napětí (kV) aktuální / VN1275 + Modřice II
VN 166 I					
KABEL11975	K_AXEKVCEY_240	239 / 125	410	58 / 30	23,00 / 23,00
Vedk89497	V_AlFe_110/22	239 / 125	409	58 / 30	22,96 / 22,98
vedk86807	V_AlFe_95	239 / 125	309	77 / 41	22,42 / 22,76
vedk86802	V_AlFe_110/22	239 / 125	409	58 / 31	22,34 / 22,73
vedk86799	V_AlFe_110/22	216 / 104	409	53 / 25	22,20 / 22,67
vedk86794	V_AlFe_110/22	214 / 102	409	53 / 25	22,18 / 22,66

vedo53102	V_AlFe_95	161 / 102	309	52 / 33	21,94 / 22,55
------------------	-----------	-----------	-----	---------	---------------

Tab. 10-10. Vypočítané parametry odběratelů venkovních linek VN162 a VN166.

Kmenová linka [KM] / MOB9	Odběratelé				
	Název	Inst. výkon (kVA)	Odběr (kW)	Odběr (kVAr)	Napětí (kV) aktuální / z rozvodny MOB9
VN 162	STŘELICE				
	9127 Bytovky	400	154,95	31,46	21,816 / 22,526
	9123 Trpín	400	154,95	31,46	21,825 / 22,526
	9122 Nebovidská	400	154,95	31,46	21,852 / 22,562
	9128 Vršovice	400	154,95	31,46	21,811 / 22,522
	8073 Úvoz	400	154,95	31,46	21,874 / 22,583
	8074 ZD	250	96,84	19,66	21,876 / 22,584
	NEBOVIDY				
	9060 Svazarm	160	61,98	12,55	21,921 / 22,628
	9059 Tesla	400	154,95	31,46	21,921 / 22,625
	9062 Slunná osada	250	96,84	19,66	21,921 / 22,626
	9061 Závist	250	96,84	19,66	21,921 / 22,621
	ŽELEŠICE				
	9353 Vepa	630	244,04	49,56	21,921 / 22,719
	9165 Bytovky	400	154,95	31,46	21,917 / 22,725
	9228 Zeměděl. učiliště	400	154,95	31,46	22,051 / 22,754
	MORAVANY				
	9175 REMA	400	93,67	19,02	22,978 / 22,896
	9453 ČOV	400	93,67	19,02	22,978 / 22,896
	9349 Lány	250	58,55	11,00	22,973 / 22,891
	9051 U rybníka	630	147,55	29,96	22,967 / 22,884
	9048 U koní	250	58,55	11,00	22,956 / 22,874
	9049 Žitná	630	147,55	29,96	22,919 / 22,837
VN 166	MODŘICE				
	9358 TVG	250	96,84	19,66	22,773 / 22,186
	9091 Truck Trado	160	61,98	12,55	22,773 / 22,186
	9320 Bachi	400	154,95	31,46	22,773 / 22,186
	9332 Finotrade	100	38,73	7,59	22,778 / 22,192
	9322 BMW	400	154,95	31,46	22,776 / 22,190
	9346 ZD	250	96,84	19,66	22,776 / 22,189
	9037 U hřiště	400	154,95	31,46	22,775 / 22,188

10.7.2 Shrnutí výsledků kabelové a venkovní linky VN162 a VN166 z rozvodny MOB9

V lednovém měření roku 2013, byl transformátor T101 v Sokolnicích zatížen na 88 % svého instalovaného výkonu. Po uvedených úpravách a přepojení viz popsáno výše, by částečné zatížení o hodnotě 3,72 MW převzala rozvodna MOB9. Pak by zatížení činného výkonu

v transformátoru T101 v TS S09 kleslo na 78,7 % svého instalovaného výkonu, tím bychom se dostali na doporučenou hodnotu 80 % výkonového zatížení z Tab. 4-6.

Vedení VN162 a VN166 by bylo napájeno přes současnou kabelovou linku VN1275, kterou napájí transformátor T101 v rozvodně MOB9, podle Tab. 9-3 je v aktuálním stavu zatížen na 45 % svého instalovaného výkonu, ale po navýšení odběru o 3,72 MW, přesněji i se součtem aktuálního odběru 4,35 MW, by celkový odběr této linky byl na 8,07 MW a zatížení toho transformátoru, by se zvýšilo na hodnotu 56 %. Což zatím vyhovuje rezervním požadavkům podle Tab. 4-6.

V tabulce (Tab. 10-8) máme vypočteno proudové zatížení zmiňovaných úprav kmenové linky VN162 obci Moravany. Pokud bychom nechali původní úseky, tak úsek AlFe_50, by byl proudově zatížen 63 % a pro zbytek úseku AlFe_70 by bylo proudové zatížení na 50 % jmenovitého proudu vedení. Po úpravě v programu Bizon se provedla změna těchto vedení za venkovní vedení V_AlFe_120, kde proudové zatížení činí kolem 35 %. Ohledně proudového zatížení vstupního kabelu K_NA2XS(F)2Y_240 z rozvodny MOB9 je vypočteno přibližně na 50 % jmenovitého proudu tohoto kabelu.

Další výpočty proudového zatížení vedení jsou zaměřené na venkovní linku VN166, která je vyvedena z rozvodny SO9. Po přepojení některých odběratelů linky VN166 na rozvodnu MOB9 se proud v prvních úsecích od rozvodny SO9 této linky zmenšil o 55 A oproti aktuálnímu stavu.

Hlavní úsek AlFe_95 v lince VN166 z rozvodny SO9 je označen v Obr. 10-7 žlutočervenou barvou pod číslem z programu Bizon Vedk86807 o délce 218 m. Podle lednového měření je proudově zatížen na 77 %. Můžeme konstatovat, že podle Tab. 4-6 překračuje tento úsek o 2 % doporučené hodnoty jmenovitého proudu. Po zmiňovaných úpravách a napájení některých odběratelů linky VN166 a VN162 z rozvodny MOB9 se v tomto úseku vedení změnilo proudové zatížení na 59 % (viz Tab. 10-8). Druhá varianta, která by mohla být navržena pro toto odlehčení, by spočívala v přepojení odběratelů Modřic II z linky VN166 na rozvodnu MOB9 přes linku VN164. Tato úprava je uvedena v především následující kapitole. Tyto změny proudových zatížení jsou uvedeny v Tab. 10-9 jsou zde zapsány stejné názvy úseků vedení linky VN166 jako v Tab. 10-8 a taky náš přetěžovaný úsek V_AlFe_95 (Vedk86807). Při aplikaci obojích úprav, by se zmenšilo ještě zatížení tohoto úseku na 41 %. Pokud bychom uvažovali jenom s odlehčením přes odběratele Modřic II, bylo by proudové zatížení hodnotě na 58 %.

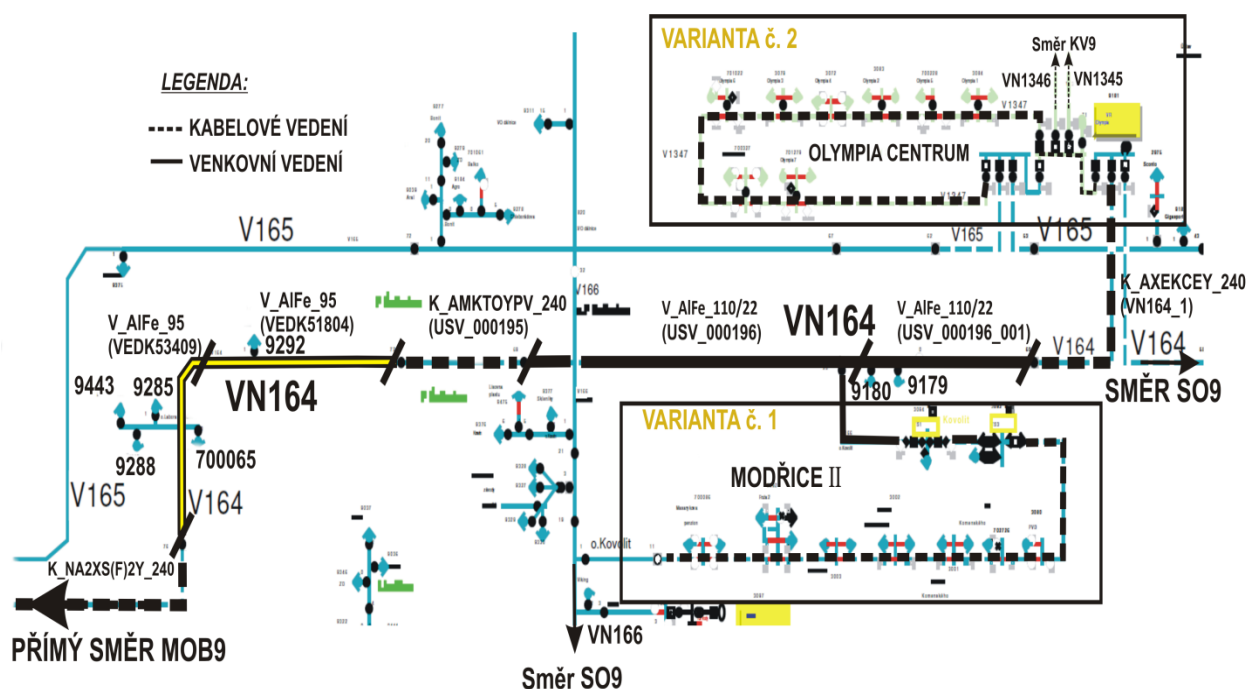
Poslední shrnutí se týká napěťových poměrů (viz Tab. 10-10) a to především u odběratelů venkovní linky VN162 v obcích Střelice, Nebovidy a Želešice, kde průměrné napětí se zvýšilo okolo 700 V. Co se týče odběratelů v obci Modřice linky VN166, tak napěťové poměry se naopak zase zmenšily o 600 V.

11 NÁVRH NAPÁJENÍ KABELOVÉ A VENKOVNÍ LINKY VN164 Z ROZVODNY MOB9

V této kapitole bude počítán ustálený chod současné kmenové linky VN164, protože v průběhu lednového měření 2013 byla konkrétní kabelová linka VN164 odpojena od rozvodny MOB9. Toto nové kabelové vedení typu K_NA2XS(F)2Y_240 o délce 1400 m bez odběratelů, je dále naspojováno na původní venkovní a částečně kabelové vedení VN164, které je připojeno na transformační stanici Sokolnici.

Především kabelová a venkovní linka napájena z rozvodny Moravany slouží jako záložní. V kapitole jsou uvedeny dva návrhy skupiny odběratelů, která by reálně toto vedení mohlo napájet přímo z rozvodny Moravany. Obě varianty řešení jsou zakresleny v dispečerském schématu (viz Obr. 11-1). Jednalo by se především o napájení skupiny odběratelů Modřicích II (1. varianta), Olympia centrum (2. varianta) a 7 odběratelů, kteří jsou napájeni jako poslední odběratelé venkovní linky VN164 ze směru Sokolnic.

V době lednového měření 2013, byly odběratelé Modřicích II napájeni přes venkovní linku VN166 a VN164 ze SO9 a skupina odběratelů Olympie zase z kabelové linky VN1345 z rozvodny Komárov.



Obr. 11-1. Označení napájení linky VN165 z rozvodny MOB9 v dispečerském schématu.

11.1 Výpočet ustáleného chodu pro kabelové a venkovní vedení VN164.

Jelikož je linka VN164 již instalována k rozvodně Moravany, budeme uvažovat napájení přes současně instalovaný transformátor T101. Celkové výsledky zatížení pro napájení samostatné varianty č. 1 a obou variant současně jsou zapsány v Tab. 11-2. Spolu s výsledky změny zatížení rozvodny MOB9 jsou v tabulce uvedeny i změny v zatížení TS, které byly v době měření 2013 připojeny k zmiňovaným skupinám odběratelů. Výsledky napětových poměrů pro dvojici variant skupiny odběratelů jsou sepsány v Tab. 11-3. Rozpočítané odběry zůstávají stejné

jako ve výpočtu ustáleného chodu pro současný stav ze začátku roku 2013. Část skupiny odběratelů v Modřicích II je připojena od odběratele Penzion (700086) po PVD (3080) na linku VN166 a zbylí dva odběratelé Kovolit TS1 a Kovolit TS3 jsou v aktuálním stavu připojeni na linku VN164. V Tab. 11-1, jsou shrnuty výsledky zatížení venkovní a kabelových úseků. Jedná se jen o zvolené úseky, podobně jak to bylo řešeno v minulé kapitole, jejíž trasa je označena černou čarou v dispečerském obrázku (Obr. 11-1). I zde jsou uvedeny k porovnání proudová zatížení pro samostatnou variantu č. 1 a pro napájení obou variant současně.

Tab. 11-1. Proudové zatížení vybraných kabelových a venkovních úseků linky VN164.

VN164 / MOB9	Typ vedení	I zatížení (A) aktuální / var. č. 1 / var. č. 2, č. 1	I_{max} zatíž. (A)	I Zatížení (%) aktuální / var. č. 1 / var. č. 2, č. 1	Napětí (kV) aktuální / var. č. 1 / var. č. 2, č. 1
VN 164	K_NA2XS(F)2Y_240	0 / 143 / 274	417	0 / 34 / 66	0 / 22,991 / 22,800
Vedk53409	V_AlFe_95	38 / 109 / 240	309	12 / 35 / 78	22,446 / 22,944 / 22,789
Vedk51804	V_AlFe_95	52 / 97 / 227	309	17 / 31 / 73	22,446 / 22,931 / 22,772
USV_000195	K_AMKTOYPV_240	52 / 97 / 227	413	13 / 23 / 55	22,448 / 22,928 / 22,763
USV_000196	V_AlFe_110/22	52 / 97 / 227	409	13 / 24 / 56	22,472 / 22,876 / 22,658
USV_000196_001	V_AlFe_110/22	93 / 0 / 129	409	23 / 0 / 32	22,525 / 22,876 / 22,567
Vn164_1	K_AXEKCEY_240	93 / 0 / 129	417	22 / 0 / 31	22,531 / 22,876 / 22,559
Směr na Modřice II	V_AlFe_110/22	25 / 82 / 82	409	6 / 20 / 20	22,474 / 22,879 / 22,647
	K_AMKTOYPV_120	25 / 82 / 82	270	9 / 31 / 31	22,472 / 22,871 / 23,639

Tab. 11-2. Výpočet zatížení transf. T101 v rozvodně MOB9 při napájení linky VN164.

Název KM / Název TS	Trafo / přípojnice	Inst. Výkon (MVA)	Odběr (MVar) aktuální / var. č. 1 / var. č. 2, č. 1	Odběr (MW) aktuální / var. č. 1 / var. č. 2, č. 1	Zatížení Činného výkonu (%) aktuální / var. č. 1 / var. č. 2, č. 1
VN 164 / MOB9	T101 / B2	40	0,00 / 1,07 / 2,07	0,00 / 5,35 / 10,32	0 / 13 / 26
VN 164 / SO9	T101 / WA	40	0,83 / 0,21 / 0,21	4,59 / 1,42 / 1,42	11 / 4 / 4
VN1345 / KV9	T101 / A2	40	1,00 / 1,00 / 0,01	4,97 / 4,97 / 0,01	12 / 12 / 0
VN 166 / SO9	T101 / WA	40	1,99 / 1,55 / 1,55	9,15 / 6,96 / 6,96	23 / 17 / 17

Tab. 11-3. Vypočítané parametry odběratelů v kabelové a venkovní linky VN164.

Kmenová linka [KM] /MOB9	Odběratelé				
	Název	Inst. výkon (kVA)	Odběr (kW)	Odběr (kVAr)	Napětí (kV) aktuální / var. č. 1 /var. č. 2 + var. č. 1
VN 164	9443 Europamobel	250	215,46	43,75	22,428 / 22,931 / 22,788
	9288 Ospap	630	542,96	110,25	22,427 / 23,931 / 23,788
	9285 Feron	630	542,96	110,25	22,433 / 23,936 / 22,793
	700065 MPL Trading	160	137,89	28,00	22,434 / 23,937 / 22,794
	9292 Terminál ČD	630	542,96	110,25	22,444 / 23,930 / 22,771
	9180 Modřická	160	137,90	28,00	22,481 / 22,877 / 22,633
	9179 Stihl	160	137,90	28,00	22,552 / 22,876 / 22,567
	MODŘICE II				
	3094 Kovolit TS1	1000	861,84	175,00	22,466 / 22,852 / 22,620
	3093 Kovolit TS3	100	86,18	17,50	22,466 / 22,852 / 22,620
	3080 PVD	400	182,50	37,06	21,841 / 22,851 / 22,619
	3001 Kovolit sídliště	800	365,05	74,11	21,842 / 22,847 / 22,615
	3002 Fruta sídliště	500	228,13	46,32	21,844 / 22,840 / 22,608
	3003 MŠ sadová	800	365,05	74,11	21,845 / 22,839 / 22,607
	3092 Fruta 2	1030	469,994	95,42	21,851 / 22,833 / 22,600
	700086 Penzion	1260	574,88	116,73	21,855 / 22,831 / 22,599
	OLYMPIA CENTRUM				
	3084 Olympia 1	2000	1004,89	204,05	22,527 / 22,527 / 22,537
	700228 Olympia 5	1000	502,44	102,03	22,526 / 22,526 / 22,536
	3083 Olympia 2	1000	502,44	102,03	22,524 / 22,524 / 22,534
	3072 Olympia 4	2000	1004,89	204,05	22,522 / 22,522 / 22,531
	3079 Olympia 3	1260	633,08	128,55	22,520 / 22,520 / 22,529
	701022 Olympia 6	1000	502,44	102,03	22,520 / 22,520 / 22,529
	700327 Kika	630	316,54	64,27	22,518 / 22,518 / 22,528
	701279 Olympia 7	1000	502,44	102,03	22,517 / 22,517 / 23,527

11.2 Shrnutí výsledků kabelové a venkovní linky VN164 z rozvodny MOB9

Kdybychom uvažovali napájení první varianty, přesněji skupinu odběratelů Modřic II a stále připojených sedmi odběratelů, tak by výstupní linka VN164 od rozvodny Moravany, která je připojena na současný transformátor T101, byla zatížena na 5,35 MW (viz Tab. 11-2) a spolu s druhou variantu, by se s dvojnásobil odběr tohoto transformátoru na 10,32 MW. Současný stav odběru transformátoru T101 je 17,87 MW, pokud budeme uvažovat, že rozvodna MOB9 bude napájet obě varianty, tak odběr linky VN164 bude 28,19 MW (70%).

Pro napájení obou variant, jsou samozřejmě zkontrolovány proudová zatížení úseků vedení, které jsou označeny v Obr. 11-1. Podle výsledků zatížení (viz Tab. 11-1), kde nám nevyhovuje první úsek venkovního vedení V_AlFe_95 (Vedk53409), který je proudově zatížen na 78 % svého jmenovitého proudu vodiče, podle porovnání předem daných parametrů ve společnosti E.ON (viz Tab. 4-6) má být doporučené zatížení na 75 % pro stávající stav. Následně pro

náhradní napájecí stav je toto vedení možno využít, jako druhý úsek je brán V_AlFe_95 (Vedk51804), který je momentálně zatížen 73 %. Problematické úseky jsou označeny žluto černou čarou v dispečerském schématu (viz Obr. 11-1). Kdybychom připojili jen skupinu odběratelů Modřice II, bez Olympie, tak proudové zatížení těchto úseků, bylo vyčísleno na 35 % a 31 %.

Výstupní kabel K_NA2XS(F)2Y_240 z rozvodny MOB9 pro napájení obou variant, by byl zatížen na 66 % a pro napájení jen odběratelů v Modřicích II na 34 % svého jmenovitého proudu kabelu.

Ohledně napájecích poměrů, jsou největší rozdíly u skupiny odběratelů Modřic II napájené v aktuálním stavu z linky VN166 z SO9, kde je průměrné napětí 21,8 kV. Při změně napájení z rozvodny MOB9, by se napětí posílilo průměrně o 1 kV, to platí pro první variantu řešení, ale pokud by se napájela ještě i skupina odběru z Olympie, tak napětí u odběratelů Modřic II, by bylo průměrně na 22,6 kV. Ostatní vypočítané rozdíly napětí různých odběratelů jsou shrnuty v tabulce (Tab. 11-3).

12 ZÁVĚR

Diplomová práce se zabývá v úvodu rozdělení popisu elektrizační soustavy, kde dochází rozdělení pod kapitolami pro elektrické vedení (venkovní a kabelové), dělení sítí VN a elektrických stanic. Dalším úkolem bylo se seznámit s problémy a teorií při obecných zásadách a výstavby sítí VN. Tato kapitola se věnuje koncepci kabelových a venkovních vedení, jsou zde popsány různé způsoby návrhu v sítích VN. Koncepce transformačních stanic, zde jsou popsány informace o způsobech instalace a jejich rozdělení pro výběr DTS

Poslední části teoretického rozboru byly rozepsány některé metody výpočtu ustáleného chodu sítě. Ustálený chod řeší, zda některý prvek v síti není přetížen. Existují dvě metody pro výpočet ustáleného chodu. Pokud jsou zadány odběry a dodávky pomocí proudů v uzlech, řešíme ji jako lineární metodu (obecná metoda). K výpočtu mohou být použity například metody smyčkových proudů, superpozice, Theveninova věta a metoda uzlových napětí, která je v téhle práci více popsána.

Protože jsou v praxi odběry a dodávky zadávány do jednotlivých uzlů pomocí činných a jalových výkonů, tak soustava se následně řeší, jako nelineární úloha některou z iteračních metod tj. Gauss-Seidelova metoda, Newton-Raphsonova metoda, s kterou počítá i program PAS Daisy Off-line Bizon, ale výpočty iterací jsou do kroku 3 až 6. Popis programu je uveden v kapitole 6. Následně byl použitý k výpočtu ustáleného chodu pro rozvodnu Moravany u Brna. Všechny výsledky s toho to programu byly porovnány s parametry koncepcí distribuční sítě VN ve společnosti E.ON, uvedené v Tab. 4-6.

Nejprve před samostatnými návrhy a výpočty ustáleného chodu z rozvodny Moravany jsou v kapitole 7 popsány aktuální informace o transformační stanici 110/22 kV Moravany u Brna. V současné době je v rozvodně instalován jen jeden transformátor T101 o výkonu 40 MW.

V první části výpočtu ustáleného chodu je porovnáno samostatné zatížení a vyvedení vývodů transformační stanice Moravany u Brna v začátku roku 2012 (viz kap. 8) a roku 2013 (viz kap. 9). Po připojení dalších odběratelů k rozvodně o proti začátku roku 2012 se zatížení v rozvodně MOB9 zvýšilo na 7,65 MW.

Návrhy a úpravy plánujících vývodů z TS Moravany jsou uvedeny v celé v kapitole 10. Na začátku kapitoly se řeší návrh šesti nových vývodových kabelových linek VN241 I, VN241 II, VN1272 I, VN1272 II, VN289, VN288. Pro všechny linky pomocí technické evidence E.ON bylo zakresleno několik variant uložení tras kabelových linek od rozvodny MOB9 a uvedené místa naspojování na současné linky s odběrateli. Nejvýhodnější variantou vedení všech linek od rozvodny MOB9 je řešení 1A v Obr. 10-1, z důvodu jednoduchého a méně nákladného provedení oproti jiným variantám. Ohledně výpočtu ustáleného chodu v programu Pas Daisy Off-Line Bizon, by všechny zmiňované linky zatížily nový transformátor T102 o instalovaném výkonu 40 MVA na 12,68 MW (32 %). Rozvodna Moravany, která by převzala současné odběry těchto šest linek, by se následně odlehčily transformační stanice Komárov a Bohunice.

Další návrh (viz kap. 10.6) se věnuje možnosti napájení odběratelů v Bohunicích přes rozvodnu MOB9. Úprava by spočívala v rozdělení linky VN241 I a naspojování nového kabelové vedení VN241 IA (napájeno přes BNJ9) a VN241 IB (napájeno přes MOB9). V kapitole jsou navržena opět dvě řešení. První řešení (řešení č. 3), by rozvodna MOB9 napájela jen jednu polovinu odběratelů a druhé řešení (řešení č. 4) představuje napájení celých Bohunic. Pak celkové zatížení pro řešení č. 4 i s vyvedeními kabelovými linkami VN1272 I,II a VN288, VN289 a VN241 II z transformátoru T102 bylo vypočteno na 49,64 %. Proudové zatížení

prvního úseku linky VN241 IB od rozvodny MOB9, pro řešení č 4 bylo vyčísleno na 60 % jmenovitého proudu kabelu.

Další úpravou v kapitole 10 je napájení linky VN162 a VN166 z rozvodny MOB9 přes současné kabelové vedení VN1275. V aktuální době jsou obě linky připojeny k TS Sokolnice. Po přepojení několika odběratelů by rozvodna MOB9 převzala zatížení 3,72 MW, tím to zatížení bychom odlehčili i přetěžovaný venkovní úsek V_AlFe_95, který je připojen hned z vývodu TS Sokolnice linky VN166, označen v programu Bizon „Vedk86807“ (viz Obr. 10-7), v současné době je zatížen na 77 % po úpravách by se zatížení odlehčilo na 59 % svého jmenovitého proudu i přes toto zlepšení, bych pro zmiňovaný venkovní úsek vedení V_AlFe_95 navrhnul výměnu například za venkovní vedení V_AlFe_120 nebo V_AlFe_110/22. Jediná úprava tohoto celého návrhu by musela být provedena výměna venkovních úseku V_AlFe_50 a V_AlFe_70 v kmenové lince VN162 v obci Moravany za vedení V_AlFe_120.

V poslední kapitole 11 praktické části je navrženo napájení dvou skupin odběratelů z linky VN164, která je v současné době připojena k rozvodně MOB9. Jednalo by se o skupiny odběratelů Modřice II, Olympia centrum a stále připojených sedmi odběratelů k lince VN164 z rozvodny SO9. Největší využití přes linku VN164 z rozvodny MOB9, by bylo právě napájení skupiny odběratelů Modřice II o celkovém počtu 8 napájecích uzlů, s toho 6 uzlů jsou připojeny přes zmiňovaný úsek V_AlFe_95 (Vedk86807) linky VN166 z TS Sokolnice. Tímto napájením z rozvodny MOB9, bychom zatížený úsek společně s uvažováním napájení přes linku VN1275 (viz popsáno výše), odlehčili na 41 % oproti současnému stavu 77 % a došlo by k dalšímu odlehčení transformátoru v rozvodně SO9.

Druhá skupina odběratelů tvoří Olympia centrum. Bohužel pro napájení obou skupin současně je přetěžován úsek venkovního vedení V_AlFe_95 (Vedk53409) linky VN164 (viz Obr. 11-1) na 78 % svého jmenovitého proudu. Napájení této skupiny odběratelů, by muselo být opravdu v mimořádném případě, protože sama osobě může být Olympia centrum napájena přes 4 linky, přesněji přes VN1345, VN1346 z KV9 a linky VN165, VN164 z rozvodny SO9.

Celkové zatížení aktuálního transformátoru T101 z rozvodny MOB9 se současným stavem, dále s úpravami přes linku VN1275 a napájení linky VN164 pro obě skupiny odběratelů, by bylo podle sečtených výsledků na 79,39 % jmenovitého instalovaného výkonu.

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] HORÁK, K.: *Výpočet elektrických sítí*. SNTL, Praha 1980, 179 stran.
- [2] ČEZ a.s.: *Historie české elektroenergetiky* [on line], 2012, [cit. 2012-10-10].
<http://www.cez.cz>
- [3] ŠTROBLOVÁ, M.: *Elektrické sítě městské a průmyslové*. Západočeská univerzita, 1.vydání, Plzeň, 1994, 149 stran, ISBN 80-7082-154-X.
- [4] BLAŽEK, V., SKALA, P.: *Distribuce elektrické energie*. VUT v Brně, Brno, 2003, 140 stran,
- [5] ČERNÝ, P.: *Zásady pro rozvoj a výstavbu systému VN ve městech*. Směrnice JME, a.s č.3-2-1, 2001.
- [6] PROCHÁZKA, R.: *Druhy elektrického rozvodu* [on line], 2012, [cit. 2012-10-10]
<http://www.tzb-info.cz/4035-druhy-elektrického-silnoprouteho-rozvodu>
- [7] HALUZÍK, E.: *Řízení provozu elektrizačních soustav*. VUT v Brně, Brno 1987, 125 stran.
- [8] ORSÁGOVÁ, J.: *Rozvodná zařízení*, VUT v Brně, Brno 2008
- [9] HORÁK, K.: *Výpočet elektrických sítí*. SNTL, Praha 1980, 179 stran.
- [10] LADISLAV, M.: *Koncepce sítí 22 kV*. E.ON Česká republika, a.s., Směrnice. 2008.
- [11] Technická politika.: ČEZ Distribuce, a.s.: *Koncepce kabelových zemních sítí vn*, Směrnice 2006.
- [12] Technická politika.: ČEZ Distribuce, a.s.: *Koncepce venkovních sítí vn*, Směrnice 2006.
- [13] Technická politika.: ČEZ Distribuce, a.s.: *Koncepce transformačních stanic vn/nn*, Směrnice 2006.
- [14] VRZAL, J.: *Kabelové vedení VN*, Technická norma společnosti E.ON Česká republika, a.s., 2007.
- [15] VRZAL, J.: *Transformační stanice zásady volby typů a jejich provedení*. Technická norma společnosti E.ON Česká republika, a.s., 2006.
- [16] DRAKA.: *Katalog kabely VN* [on-line], 2012, [cit. 2012-11-01].
<http://www.draka.cz/cs/vyrobky-a-sluzby/katalog-produktu/kabely-pro-vysoke-napti>
- [17] KOLEKTIV AUTORŮ: *Uživatelská příručka programu PAS DAISY*. DAISY, s.r.o, Praha, 2006
- [18] Daisy s.r.o.: *Výpočty el. sítí všech napěťových úrovní* [online], 2011, [cit. 2012-11-01].
<http://www.daisy.cz/daisycz/1024/index.html>
- [19] Technická evidence fa. E.ON.: *ZS R110 kV Moravany u Brna (MOB)* [off- line], 2012, [cit. 2012-11-13].
- [20] Mapy google.: *Česká republika, Moravany u Brna*, [online], 2013, [cit. 2013-02-01].
<https://maps.google.cz/maps?hl=cs&tab=TI>

SEZNAM PŘÍLOH

Přílohy tištěné:

PŘÍLOHA A - Jednopolové schéma vývodu R 22 kV Moravany pro současný stav.

PŘÍLOHA B – Rozvržení místnosti v rozvodně MoravanY.

Přílohy na CD:

PŘÍLOHA C – Dispečerské schéma VN sítě Brno k datu 18.1.2012.

PŘÍLOHA D – Data měření ze dne 18.1.2012.

PŘÍLOHA E – Výsledné hodnoty výpočtu ustáleného chodu ze začátku roku 2012.

PŘÍLOHA F – Dispečerské schéma VN sítě Brno k datu 16.1.2013.

PŘÍLOHA G – Data měření ze dne 16.1.2013.

PŘÍLOHA H – Výsledné hodnoty výpočtu ustáleného chodu ze začátku roku 2013.

PŘÍLOHA CH – Výsledné hodnoty výpočtu ustáleného chodu některých návrhu linek.