

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

**VLIV PŘIPOJOVÁNÍ
DISPERZNÍCH ZDROJŮ NA DS
22 KV V DANÉ OBLASTI
A URČENÍ DOPADŮ DO
PROVOZOVÁNÍ DS**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

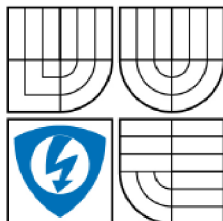
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. TOMÁŠ SAMUEL

BRNO 2010



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav elektroenergetiky

Diplomová práce

magisterský navazující studijní obor
Elektroenergetika

Student: Bc. Tomáš Samuel
Ročník: 2

ID: 77786
Akademický rok: 2009/2010

NÁZEV TÉMATU:

**Vliv připojování disperzních zdrojů na DS 22 kV v dané oblasti
a určení dopadů na provoz DS**

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Současný stav připojování disperzních zdrojů do distribučních sítí 22 kV.
2. Výpočet chodu sítě 22 kV s předpokládanými disperzními zdroji pomocí modelu v programu E-VLIVY.
3. Analýza poměrů v modelované síti při změnách její konfigurace.
4. Návrh opatření pro odstranění negativních vlivů disperzních zdrojů na chod distribuční sítě 22 kV.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

podle pokynů vedoucího práce

Termín zadání: 8.2.2010

Termín odevzdání: 24.5.2010

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

doc. Ing. Petr Toman, Ph.D.
Předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor diplomové práce nesmí při vytváření diplomové práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

Bibliografická citace práce:

SAMUEL, T. Vliv připojování disperzních zdrojů na DS 22 kV v dané oblasti a určení dopadů do provozování DS. Diplomová práce. Brno: Ústav elektroenergetiky FEKT VUT v Brně, 2010, 90 stran.

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

Rád bych poděkoval vedoucí diplomové práce paní Ing. Jaroslavě Orságové, Ph.D., dále pak panu Ing. Liboru Bráblíkovi a Ing. Vladimíru Kolářovi za cenné rady a připomínky k mé práci. V neposlední řadě bych chtěl poděkovat své rodině za podporu během mého studia.

.....



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ



Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií

Ústav elektroenergetiky

Diplomová práce

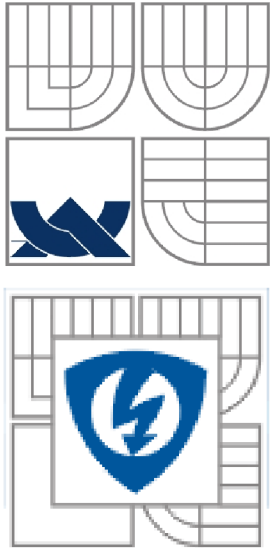
**VLIV PŘIPOJOVÁNÍ
DISPERZNÍCH ZDROJŮ NA DS
22 KV V DANÉ OBLASTI
A URČENÍ DOPADŮ DO
PROVOZOVÁNÍ DS**

Bc. Tomáš Samuel

vedoucí: Ing. Jaroslava Orságová, Ph.D.

Ústav elektroenergetiky, FEKT VUT v Brně, 2010

Brno



BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

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

Master's Thesis

**INFLUENCE OF DISTRIBUTED
GENERATION ON GIVEN AREA
OF 22 KV
DISTRIBUTION NETWORK**

by

Bc. Tomáš Samuel

Supervisor: Ing. Jaroslava Orságová, Ph.D.

Brno University of Technology, 2010

Brno

ABSTRAKT

Práce se zabývá současnou problematikou spojenou s připojováním disperzních zdrojů k distribuční síti. Díky výhodným legislativním podporám, však dochází k výraznému nárůstu zdrojů tohoto typu. Dnešní cenová politika podporuje hlavně k nárůst fotovoltaických elektráren.

Pro komplexní řešení dané problematiky a lepší porozumění, je práce v úvodu věnována pozornosti umístění disperzních zdrojů. Zařízení tohoto typu se umísťují v souladu s platnými předpisy a zákony, ale také je třeba zformulovat možnosti umístění z pohledu účelného využití území s cílem dosažení obecně prospěšného souladu veřejných a soukromých zájmů.

Budeme-li hovořit o připojování nových disperzních zdrojů k distribuční síti, je důležité pozastavit se u legislativy, právních direktiv a vyhlášek upravujících tento druh činnosti. Tato tematika je předmětem další kapitoly práce. Pozornost je věnována hlavně vyhlášce o podmínkách připojení k distribuční síti.

Největším technickým problémem při připojování zdrojů do distribuční sítě je z pohledu elektroenergetiky nežádoucí ovlivnění kvalitativních parametrů (napětí) v této síti. Jedná se především o napěťovou změnu po připojení, dále pak v závislosti na typu zdroje o emisi vyšších harmonických, rychlé změny napětí atd.. Při dnešním nárůstu připojovaných disperzních zdrojů do distribuční sítě, bude častěji docházet k ovlivňování těchto kvalitativních parametrů sítě. Z tohoto důvodu se budou hledat metody, jak negativnímu ovlivnění sítě zabránit. A z těchto výše jmenovaných důvodů je práce zaměřena na analýzu provozu části distribuční sítě, výpočet kvalitativních parametrů a hledání metod nápravy negativních ovlivnění v důsledku spínacích procesů distribuční soustavy. K určování kvalitativních parametrů je využito programu E-vlivy.

Závěrečné odstavce práce jsou věnovány připravovaným změnám nejen legislativy, ale obecně přístupu provozovatelů distribučních soustav nejen k otázce dalšího připojování těchto zdrojů, ale i regulace již připojených disperzních zdrojů.

KLÍČOVÁ SLOVA: disperzní zdroje; distribuční soustava; fotovoltaická elektrárna; připojení zdrojů; provozovatel distribuční soustavy; kvalitativní parametry; podmínky připojení k distribuční soustavě; napěťová změna; spínací procesy.

ABSTRACT

The Thesis deals with the current problem related to the connection of dispersive sources to the distribution network. The advantageous legislative support, however, gives a rapid rise to the sources of this kind. Current pricing philosophy favours in particular the growth of photovoltaic power plants.

The introduction is aimed at the dispersive sources locating so as to give a comprehensive solution and better understanding of this issue. The equipments of this kind are located in accordance with legislation in force; however, it is necessary to formulate the possibilities of placing them from the view of rational use of the area with the aim of the public weal accordance of both public and private interests.

Talking about connection of the new dispersive sources to the distribution network, it is important to mention the legislation, legal directives and regulations delimitating this kind of trade. This theme is the subject of another chapter of the work. Particular attention is paid to the regulation on conditions of connection to the distribution network.

When connecting the sources to the distribution network the biggest technical problem from the view of electrical engineering is undesirable influence on the quality parameters (voltage) in this network. This is in particular the voltage change after connection, then, depending on the type of source, the emission of the current harmonic, sharp voltage change, etc. Considering current rise of the dispersive sources connected to the distribution network, more and more influence will appear in quantity parameters. For this reason there will be a lot of search for the methods of preventing from the negative influence on the network. From all of the above said reasons, the work is aimed at the operation analysis of the part of the distribution network, calculation of the network qualitative parameters and searching for the methods of negative influence rectification owing to switching processes of the distribution system. So as to determine the quantitative parameters we used the E-influence programme.

Final paragraphs are devoted to the changes to come not only in legislation but, in general, in the approach of the distribution system operators not only to the ways of another connection of such sources but even the regulation of the dispersive sources already connected.

KEY WORDS: dispersive sources; distribution system; photovoltaic power plant; connection of sources; distribution system operator; quantitative parameters; conditions of connection to the distribution network; voltage change; switching processes.

OBSAH

SEZNAM OBRÁZKŮ.....	10
SEZNAM TABULEK	11
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	13
1 ÚVOD.....	15
2 UMÍSTĚOVÁNÍ DISPERZNÍCH ZDROJŮ DO DS	16
2.1 UMISŤOVÁNÍ STAVEB A ZAŘÍZENÍ PRO VÝROBU ELEKTRICKÉ ENERGIE Z VYBRANÝCH ZDROJŮ	16
2.2 VYUŽITÍ ÚZEMÍ, UMISŤOVÁNÍ STAVEB A ZAŘÍZENÍ	16
2.2.1 OCHRANNÁ PÁSMA ENERGETICKÝCH ZAŘÍZENÍ	17
2.3 ZÁSADY UMISŤOVÁNÍ STAVEB A ZAŘÍZENÍ K VÝROBĚ ENERGIE Z OZE	18
2.4 SOLÁRNÍ ENERGIE.....	19
2.5 VĚTRNÁ ENERGIE.....	20
2.5.1 VÝBĚR VHODNÉ LOKALITY	21
2.5.2 ASPEKTY PŘIPOJENÍ VĚTRNÝCH ELEKTRÁREN K DS	22
2.5.3 PŘIPOJENÍ ASYNCHRONNÍCH GENERÁTORŮ DO DS	23
2.5.4 PŘIPOJENÍ SYNCHRONNÍCH GENERÁTORŮ DO DS	23
2.6 ENERGIE VODY	24
2.6.1 VÝBĚR VHODNÉ LOKALITY	25
2.6.2 PŘIPOJENÍ VODNÍ ELEKTRÁRNY DO DS	25
2.7 ENERGIE BIOMASY	27
2.7.1 ZPŮSOB VYUŽITÍ BIOMASY	27
2.7.2 VYUŽITÍ BIOMASY	28
3 PŘIPOJOVÁNÍ ZDROJŮ.....	30
3.1 PŘIHLAŠOVACÍ ŘÍZENÍ.....	30
3.2 STUDIE PŘIPOJITELNOSTI VÝROBNY	31
3.3 NÁVRH SMLOUVY	32
3.4 DALŠÍ KROKY POTŘEBNÉ PRO ÚSPĚŠNÉ PŘIPOJENÍ VÝROBNY K DS	33
3.5 PROJEKTOVÁ DOKUMENTACE	34
3.5.1 MĚŘÍCÍ A ŘÍDÍCÍ ZAŘÍZENÍ DLE PPDS	34
3.5.2 POŽADAVKY NA ELEKTRICKÉ OCHRANY	35
3.5.3 ŘÍZENÍ JALOVÉHO VÝKONU	35
3.6 PODMÍNKY PRO PŘIPOJENÍ VÝROBNY K SÍTI.....	36
3.6.1 VÝPOČET NAPĚŤOVÉ ZMĚNY	36
3.6.2 ZMĚNY NAPĚTÍ PŘI SPÍNÁNÍ	37
3.6.3 DLOUHODOBÝ FLIKR	38
3.6.4 PROUDY HARMONICKÝCH.....	39
4 VÝPOČET NAPĚŤOVÝCH POMĚRŮ SÍŤE 22 KV S OHLEDEM NA ZMĚNY V KONFIGURACI SÍŤE 22 KV.....	41
4.1 TECHNICKÉ PARAMETRY MODELOVANÉ SÍŤE	41
4.1.1 PARAMETRY PRVKŮ SÍŤE	43

4.2 VÝPOČET CHODU SÍTĚ	44
4.2.1 VÝPOČET CHODU SÍTĚ PŘED PŘEPOJENÍM.....	45
4.2.2 VÝPOČET CHODU SÍTĚ PO PŘEPOJENÍ.....	48
4.3 NÁVRHY OPATŘENÍ BEZPEČNÉHO CHODU SÍTĚ PŘI ZMĚNĚ JEJÍ KONFIGURACE	50
4.3.1. REGULACE NAPĚTÍ DISTRIBUČNÍ SÍTĚ POMOCÍ ÚČINÍKU BPS.....	51
4.3.2. SIMULACE REGULACE NAPĚTÍ POMOCÍ ÚČINÍKU (JALOVÝM VÝKONEM) BIOPLYNOVÉ STANICE	52
4.3.3 REKONSTRUKCE ČÁSTI VEDENÍ	53
4.3.3.1 Náklady na investici rekonstrukce části vedení.....	56
5 ROZVOJ ENERGETIKY - PLÁNOVANÉ KONCEPTY	61
6 ZÁVĚR.....	63
7 POUŽITÁ LITERATURA	67
PŘÍLOHA A VÝPOČET CHODU SÍTĚ PŘED PŘEPOJENÍM.....	68
PŘÍLOHA B VÝPOČET CHODU SÍTĚ PO PŘEPOJENÍ	74
PŘÍLOHA C VÝPOČET CHODU SÍTĚ PO PŘEPOJENÍ A PO REGULACI ÚČINÍKEM BPS	78
PŘÍLOHA D VÝPOČET CHODU SÍTĚ PO PŘEPOJENÍ, PO REGULACI ÚČINÍKEM BPS A PO REKONSTRUKCI ČÁSTI VEDENÍ.....	82
PŘÍLOHA E NÁKLADY NA REKONSTRUKCI ODBOČKY	86
PŘÍLOHA F BETONOVÝ STOŽÁR SE SVODIČI PŘEPĚTÍ PRO PŘIPOJENÍ FVE.....	88
PŘÍLOHA G BETONOVÝ STOŽÁR POUŽITÝ PRO REKONSTRUKCI.....	89

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obrázek 2-1</i> Grid- off system [1]	20
<i>Obrázek 2-2</i> Grid- on system [1]	20
<i>Obrázek 2-3</i> Jednólové schéma připojení asynchronního generátoru na síť [1]	23
<i>Obrázek 2-4</i> Schéma zapojení synchronního generátoru na síť [1]	24
<i>Obrázek 2-5</i> Připojení MVE s asynchronním generátorem k síti [1]	26
<i>Obrázek 2-6</i> Připojení MVE se synchronním generátorem k síti [1].....	26
<i>Obrázek 3-1</i> Závislost účinnosti na velikosti dodávaného výkonu u jednotek SMA SMC [13]	38
<i>Obrázek 4-1</i> Schéma sítě z programu TOMS (E.ON)	43
<i>Obrázek 4-2</i> Schéma vytvořené v programu E-vlivy	46
<i>Obrázek 4-3</i> Napěťové změny linky VN 350 před přepojením	47
<i>Obrázek 4-4</i> Schéma vytvořené v programu E-vlivy po přepojení.....	49
<i>Obrázek 4-5</i> Napěťové změny linky VN 350 po přepojení	50
<i>Obrázek 4-6</i> Napěťová změna na lince VN 350 po přepojení a se zařazením regulace účinníku ...	52
<i>Obrázek 4-7</i> Rekonstruované vedení.....	54
<i>Obrázek 4-8</i> Napěťová změna na lince VN 350 po přepojení, se zařazením regulace účinníku a rekonstrukce části vedení	55
<i>Obrázek 4-9</i> Výpočet ekonomické efektivnosti investic	60

SEZNAM TABULEK

<i>Tabulka 3-1 Nastavení ochran</i>	<i>35</i>
<i>Tabulka 4-1 Napájecí soustava</i>	<i>43</i>
<i>Tabulka 4-2 Transformátor 110/23 kV.....</i>	<i>43</i>
<i>Tabulka 4-3 Parametry venkovních vedení a kabelů</i>	<i>43</i>
<i>Tabulka 4-4 Transformátory 22/0,4 kV.....</i>	<i>44</i>
<i>Tabulka 4-5 Parametry připojovaných zařízení.....</i>	<i>44</i>
<i>Tabulka 4-6 Parametry připojovaných odběrů.....</i>	<i>44</i>
<i>Tabulka 4-7 Parametry vedení po rekonstrukci</i>	<i>55</i>
<i>Tabulka 4-8 Doba životnosti zařízení [16].....</i>	<i>56</i>
<i>Tabulka 4-9 Měrné náklady na rekonstrukci vedení</i>	<i>57</i>
<i>Tabulka 4-10 Koefficientní náklady</i>	<i>57</i>
<i>Tabulka 4-11 Celkové plánované náklady na rekonstrukci vedení</i>	<i>57</i>
<i>Tabulka A 1 Napěťové změny linky VN 350 před přepojením.....</i>	<i>68</i>
<i>Tabulka A 2 Výpočet napětí v uzlech před přepojením</i>	<i>68</i>
<i>Tabulka A 3 Výpočet proudů a výkonů před přepojením</i>	<i>69</i>
<i>Tabulka A 4 Výpočet ztrát ve větvích sítě před přepojením</i>	<i>70</i>
<i>Tabulka A 5 Bilance výkonů před přepojením</i>	<i>71</i>
<i>Tabulka A 6 Útlum HDO prvku: BPS FVE-2 FVE-3 FVE-4 při frekvenci 216,7 [Hz] před přepojením.....</i>	<i>71</i>
<i>Tabulka A 7 Zkratové poměry- Vypočtená napětí uzlů</i>	<i>72</i>
<i>Tabulka A 8 Zkratové poměry-Tabulka vypočtených proudů a impedancí.....</i>	<i>72</i>
<i>Tabulka A 9 Zkratové poměry-Třípólový zkrat</i>	<i>73</i>
<i>Tabulka B 1 Napěťové změny linky VN 350 po přepojení.....</i>	<i>74</i>
<i>Tabulka B 2 Výpočet napětí v uzlech po přepojení</i>	<i>74</i>
<i>Tabulka B 3 Výpočet proudů a výkonů po přepojení</i>	<i>75</i>
<i>Tabulka B 4 Výpočet ztrát ve větvích sítě po přepojení</i>	<i>76</i>
<i>Tabulka B 5 Bilance výkonů po přepojení.....</i>	<i>77</i>
<i>Tabulka B 6 Útlum HDO prvku: BPS FVE-2 FVE-3 FVE-4 při frekvenci 216,7 [Hz] po přepojení</i>	<i>77</i>

<i>Tabulka C 1 Napěťová změna na lince VN 350 po přepojení a se zařazením regulace účinníku...</i>	78
<i>Tabulka C 2 Výpočet napětí v uzlech po přepojení a po regulaci účinníku BPS.....</i>	78
<i>Tabulka C 3 Výpočet proudů a výkonů po přepojení a po regulaci účinníku BPS.....</i>	79
<i>Tabulka C 4 Výpočet ztrát ve větvích sítě po přepojení a po regulaci účinníku BPS.....</i>	80
<i>Tabulka C 5 Bilance výkonů po přepojení a po regulaci účinníku BPS.....</i>	81
<i>Tabulka C 6 Útlum HDO prvku: BPS FVE-2 FVE-3 FVE-4 při frekvenci 216,7 [Hz] po přepojení a po regulaci účinníku BPS.....</i>	81
<i>Tabulka D 1 Napěťová změna na lince VN 350 po přepojení, se zařazením regulace účinníku a rekonstrukce části vedení.....</i>	82
<i>Tabulka D 2 Výpočet napětí v uzlech po přepojení, po regulaci účinníku BPS a po rekonstrukci části vedení.....</i>	82
<i>Tabulka D 3 Výpočet proudů a výkonů po přepojení, po regulaci účinníku BPS a po rekonstrukci části vedení.....</i>	83
<i>Tabulka D 4 Výpočet ztrát ve větvích sítě po přepojení, po regulaci účinníku BPS a po rekonstrukci části vedení.....</i>	84
<i>Tabulka D 5 Bilance výkonů po přepojení, po regulaci účinníku BPS a po rekonstrukci části vedení.....</i>	85
<i>Tabulka D 6 Útlum HDO prvku: BPS FVE-2 FVE-3 FVE-4 při frekvenci 216,7 [Hz] po přepojení, po regulaci účinníku BPS a po rekonstrukci části vedení.....</i>	85

SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK

symbol	popis	jednotka
$\cos \varphi$	účinník	-
OZE	obnovitelné zdroje energie	
FVS	fotovoltaický systém	
MVE	malá vodní elektrárna	
VTE	větrná elektrárna	
BPS	bioplynová stanice	
PPDS	pravidla provozování distribuční soustavy	
ERÚ	Energetický regulační úřad	
DS	distribuční soustava	
ČR	Česká republika	
EVA	etylvinicetát	
NN	nízké napětí	
VN	vysoké napětí	
VVN	velmi vysoké napětí	
A/D	analogově digitální převodník	
ČSN	česká státní norma	
EIA	vliv a dopady na životní prostředí	
PNE	označení podnikové normy	
HDO	hromadné dálkové ovládání	
U_n	jmenovité napětí	V
$\Delta u_{vn,110}$	napěťová změna	%
$\Delta u_{\max, vn, 110}$	napěťová změna při spínání	%
k_p	poměr největšího proudu, který nastane při spínání	-
$S_{n,zd}$	zdánlivý výkon	VA
S_k''	trojfázový zkratový výkon	VA
d_c	relativní změna napětí	VA
c	činitel flikru udávaný výrobcem	-
$P_{It, NN, VN}$	činitel flikru	-
i_h	vztažný proud pro jednotlivé harmonické	A
Z_k	zkratová impedance	Ω

X_k	zkratová reaktance	Ω
$I_{h,VN}$	přípustný proud harmonické pro VN	A
$I_{h,NN}$	přípustný proud harmonické pro NN	A
$S_{n,zd,PCC}$	celkový zdánlivý výkon připojených výroben k PCC	VA
ΔU	napěťová změna	V
X	impedance vedení	Ω
Q_2	jalový výkon v místě připojení	Var
U_2	napětí v místě připojení na DS	V
$\Delta U_{\bar{z}}$	žádaná změna napětí	V
PDS	provozovatel distribuční soustavy	
PD	projektová dokumentace	
PCC	společný napájecí bod	
KS	kogenerační jednotka	
TR	transformovna (zpravidla 110 kV/VN)	
ÚO	úsekový odpínač	
TOMS	technický informační systém používaný společností E.ON	
RSS	regionální správa sítě	
NPV	Internal Rate of Return	
DPP	Discont Payback Period	
KdCF	kumulovaný diskontní Cash Flow	
EU	Evropská Unie	

1 ÚVOD

V současné době vzrůstá poptávka po elektrické energii a teple. Současně s tímto trendem dochází ke zvyšování škodlivých emisí a produkcí radioaktivních, či jiných škodlivých odpadů. Z tohoto důvodu dochází ke zvyšování podílu obnovitelných zdrojů (OZE) na celkové výrobě elektrické energie. V dnešní době za vzrůstajícím podílu OZE stojí kromě ekologických důvodů také důvody ekonomické. Dobře navržený projekt na výrobu energií z OZE (převážně fotovoltaická elektrárna), může být výhodným podnikatelským záměrem. Náhradou klasických výroben obnovitelnými dochází i k úspoře emisních povolenek, tedy finanční úspoře.

Díky dnešní cenové politice je největší podíl výroby elektrické energie z OZE soustředěn ve fotovoltaických elektrárnách (FVS), v menší míře ve vodních elektrárnách (MVE), větrných elektrárnách (VTE) a bioplynových stanicích (BPS). Jak již bylo uvedeno, největší pozornosti českých, ale i zahraničních investorů se těší fotovoltaické elektrárny, a to díky svým vysokým výkupním cenám a stále klesajícím cenám za technologie.

V diplomové práci se nejvíce zaměřuji na fotovoltaické elektrárny z důvodu velkého nárůstu počtu žádostí. Zabývám se nejen základními technickými parametry, dále také provozními vlastnostmi obnovitelných zdrojů. Zejména je zde pojednáno o připojování obnovitelných zdrojů do distribučního systému a ovlivňování kvality elektrické energie v souvislosti s provozem těchto zdrojů. Připojování těchto zdrojů vychází z kodexu distribučních sítí (PPDS), jenž vydává Energetický regulační úřad (ERÚ). Dále každý provozovatel distribuční soustavy může dle svých uvážení z důvodů rezervované kapacity vedení, přenosové schopnosti, transformace apod. tyto podmínky místně zpřísnit. Jednou z nevýznamnějších podmínek připojení nových zdrojů k distribuční soustavě je napěťová změna. Dalšími podmínkami jsou např. flickr, kontrola na vyšší harmonické, atd.

Jelikož dochází k neustálému přibývání připojovaných zdrojů do distribuční soustavy, nastává otázka regulace těchto zdrojů při potřebě přepojení sítě nebo při poruše na vedení apod.. Tato regulace bude důležitá i z důvodů, aby nedocházelo ke zhoršení kvality dodávky elektrické energie.

Tato práce byla konzultována s odborníky z oblasti připojování OZE k DS společností E.ON Česká republika, s.r.o.

2 UMÍSTĚOVANÍ DISPERZNÍCH ZDROJŮ DO DS

Obnovitelné zdroje v současné době zažívají velký rozvoj. To vše díky politice, která je nastavena nejen v ČR, ale i v zemích EU. Snažíme se zbavit závislosti na neobnovitelných zdrojích, jako je uhlí, plyn, ropa atd.. Problémem obnovitelných zdrojů je fakt, že závisí na geografických podmínkách. Rád bych se krátce zmínil o připojování těchto zdrojů k DS a doplnil současné poznatky odborníků z řad společnosti E.ON Česká republika s.r.o..

2.1 Umístování staveb a zařízení pro výrobu elektrické energie z vybraných zdrojů

Stavby a zařízení se umísťují v souladu s předpisy stavebního práva, zejména:

- Zákonem č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu, ve znění pozdějších předpisů
- Vyhláškou č. 501/2006 Sb., o obecných požadavcích na využívání území, ve znění pozdějších předpisů
- Vyhláškou 503/2006 Sb., o podrobnější úpravě územního řízení, veřejnoprávní smlouvy a územní opatření, ve znění pozdějších předpisů.

System zásobování energiemi s využitím zákona č. 458/2000 Sb., o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů se považují:

- Zásobování elektrickou energií
- Zásobování plynem
- Zásobování teplem.

Zásobování elektrickou energií je systém zahrnující zejména pozemky s vedeními, stavby a s nimi provozně související zařízení pro výrobu, přenos a distribuci elektrické energie, s čímž souvisí zařízení k její transformaci.

System zásobování elektrickou energií sestává z:

- Výroba elektrické energie
- Elektrizace soustava (přenosová soustava, distribuční soustava)
- Včetně elektrických stanic, tj. rozvodna, trafostanice.

2.2 Využití území, umístování staveb a zařízení

Územní plánování zajišťuje předpoklady pro udržitelný rozvoj území soustavným a komplexním řešením účelného využití a prostorového uspořádání území s cílem dosažení obecně

prospěšného souladu veřejných a soukromých zájmů na rozvoji území. Základním nástrojem pro naplňování uvedeného cíle je územně plánovací dokumentace, kterou tvoří zásady územního rozvoje, územní plán a regulační plán.

Základní koncepční dokument rozvoje území obce je územní plán, který pro jednotlivé obce pořizuje zpravidla obecní úřad s rozšířenou působností. Pro prověření území lze doporučit územní studii. Umisťovat stavby nebo zařízení, jejich změny, měnit jejich vliv na využití území, měnit využití území lze jen na základě územního rozhodnutí nebo územního souhlasu. Toto územní rozhodnutí vydává příslušný stavební úřad na základě územního řízení nebo zjednodušeného územního řízení. Stavební úřad při stavbě těchto disperzních zdrojů může podle správního řádu spojit územní a stavební řízení jsou-li podmínky v území jednoznačné. Každý, kdo navrhuje vydání územního rozhodnutí nebo územního souhlasu, si může předem vyžádat územně plánovací informaci, nejsou-li mu informace o využití území známy. Poskytnuté územně plánovací informace jsou platné 1 rok ode dne jejich vydání, pokud není jinými právním předpisem stanoveno jinak.

Stavby a zařízení vyžadují územní rozhodnutí o umístění stavby nebo zařízení. Toto rozhodnutí vymezuje stavební pozemek, umísťuje navrhovanou stavbu, stanoví její druh a účel, podmínky pro její umístění, pro zpracování projektové dokumentace pro vydání stavebního povolení nebo pro ohlášení stavby a pro napojení na dopravní a technickou infrastrukturu. Ve stavebním povolení stavební úřad stanoví podmínky pro provedení stavby, kterými zabezpečí ochranu veřejných zájmů.

2.2.1 Ochranná pásma energetických zařízení

Při umísťování staveb a zařízení využívajících OZE je nutné respektovat kromě příslušných ustanovení stavebního zákona také ochranná pásma daná § 46 zákona č. 458/ 2000 Sb., (energetický zákon).

Ochranné pásmo nadzemního vedení elektrizační soustavy je souvislý prostor vymezený svislými rovinami vedenými po obou stranách vedení ve vodorovné vzdálenosti měřené kolmo na vedení, která činí od krajního vodiče vedení na obě strany:

a) u napětí nad 1 kV do 35 kV včetně:

- pro vodiče bez izolace 7 m
- pro vodiče s izolací základní 2 m
- pro závěsná kabelová vedení 1 m

b) u napětí nad 35 kV do 110 kV včetně

- pro vodiče bez izolace 12 m
- pro vodiče s izolací základní 5 m

- | | |
|---|------|
| c) u napětí nad 110 kV do 220 kV včetně | 15 m |
| d) u napětí nad 220 kV do 400 kV včetně | 20 m |
| e) u napětí nad 400 kV | 30 m |
| f) u závěsného kabelového vedení 110 kV | 2 m |
| g) u zařízení vlastní telekomunikační sítě držitele licence | 1 m |

Ochranné pásmo elektrické stanice je vymezeno svislými rovinami vedenými ve vodorovné vzdálenosti:

- u venkovních elektrických stanic a dále stanic s napětím větším 52 kV v budovách 20 m od oplocení nebo od vnějšího líce obvodového zdiva
- u stožárových elektrických stanic a věžových stanic s venkovním přívodem s převodem napětí z úrovně nad 1 kV a menší než 52 kV na úroveň nízkého napětí 7m
- u kompaktních a zděných elektrických stanic s převodem napětí z úrovně nad 1 kV a menší než 52 kV na úroveň nízkého napětí 2 m
- u vestavěných elektrických stanic 1 m od obestavění

Ochranné pásmo výroby elektrické energie je vymezeno svislými rovinami vedenými ve vodorovné vzdálenosti 20 m kolmo na oplocení nebo vnější líc obvodového zdiva elektrické stanice.

2.3 Zásady umístování staveb a zařízení k výrobě energie z OZE

Jedná se převážně o stavby a zařízení, které mají svým rozsahem, velikostí a umístěním významný dopad na území. Využívání a ochrana krajiny musí být v rovnováze. Proto stavby a zařízení k výrobě elektrické energie byly umístovány přednostně v území, jehož možnosti a předpoklady jsou prověřeny územním plánem.

Pro velkou většinu staveb a zařízení pro výrobu elektrické energie z OZE platí, že budou propojena s distribuční soustavou za účelem prodeje elektrické energie. Výrobce musí splňovat určité požadavky, jako je dostatečná dimenze přípojky a transformátoru. V takovém případě je nutné počítat s náklady (vlastní přípojka, transformátor, vedení atd.). Pro všechny stavby a zařízení dále platí, že k nim musí být vedena přístupová komunikace pro možnost obsluhy a servisu. V ostatních ohledech se jednotlivé druhy staveb a zařízení pro výrobu elektrické energie z OZE značně liší. U fotovoltaických elektráren se jedná hlavně o plošné nároky. U větrných elektráren je především důležitá jejich poloha, výška a počet. U malých vodních elektráren je třeba brát v úvahu nároky na parametry vodního toku. U bioplynových stanic vznikají značné přepravní nároky a obtěžování pachedem.

2.4 Solární energie

Princip solární energie spočívá v jaderné fúzi, což je slučování jader vodíku za vzniku helia a dalších těžkých prvků. Přibližně jedna polovina zářivého toku je pohlcena zemským povrchem a přemění se v teplo. Velká část energie dopadající na oceány se spotřebuje k odpaření vody. [1] V současné době je solární energie nejvyužívanějším obnovitelným zdrojem na našem území. Na území České republiky je nyní rezervace asi přes 5,3 GW výkonu právě fotovoltaických elektráren. Do konce roku 2009 se spustilo asi přes 670 MW [7] fotovoltaických elektráren. Na rok 2010 se počítá ještě se značnějším růstem připojených zdrojů do DS. Konkrétní odhad distribučních společností mluví o výkonu více než 2000 MW. Značná obliba těchto zdrojů je přisuzována vysoké výkupní ceně, jež vychází z vysoké vstupní ceny na pořízení zmíněné fotovoltaické elektrárny. [11]

Na základě studie provedené odborníky ze společnosti EGU Brno a.s., kteří spočítali limitující hodnotu výkonu 1650 MW pro roky 2010 až 2012. Pro roky 2013 až 2015 je tato hodnota 2000 MW. Toto vedlo ERÚ k vydání doporučení distribučním společnostem pozastavit vyřizování značného nárůstu žádostí pro připojování zdrojů k DS. Studie jasně ukazuje na nutnost legislativně ošetřit možnost regulace fotovoltaických a větrných elektráren. [11]

Mezi nutná legislativní opatření související s reálnou integrací neregulovatelných zdrojů do elektrizační soustavy ČR patří:

- Eliminace nereálných požadavků
- Změna systému podpory
- Změna obchodního modelu
- Změna pravidel pro provozování přenosové a distribuční soustavy včetně dispečerského řádu
- Změny vyhlášky č.51/2006 Sb., ve znění pozdějších předpisů.

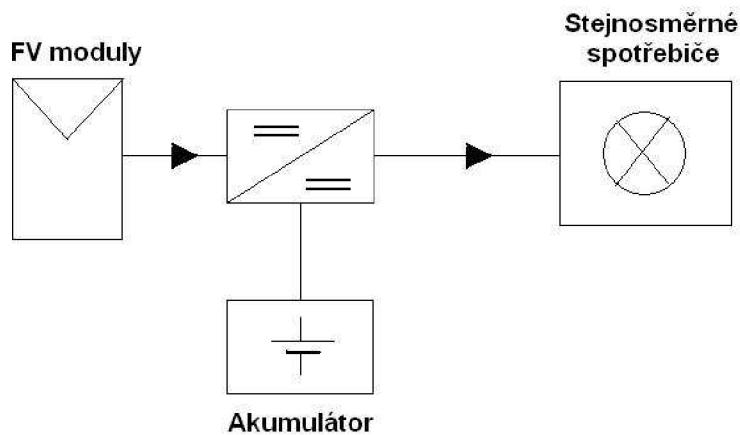
FVE včetně příslušenství vyžadují přístupovou komunikaci, oplocení, zabezpečení proti vandalům a zlodějům a připojení do distribuční soustavy. FVE má zpravidla velký nárok na plochu a jsou vyhledávány svahy otočené směrem k jihu, popřípadě jihozápadu. Umístit FVE v nezastavěném území lze pouze v souladu s územním plánem.

Umístění FVE v zastavěném území je možné především na objektech výroben a skladování, v plochách technické infrastruktury a v plochách smíšených podnikatelských prostor, pokud jsou k tomuto vymezeny územním plánem. Pokud je FVE takového rozsahu, že je pouze doplňujícím zařízením jiné stavby, je možné ji umístit jako součást této stavby. Může být také umístěna na plochách určených k bydlení, rekreaci a občanského vybavení, jako jsou střechy budov, pláště budov atd.

Fotovoltaické systémy dělíme do dvou skupin:

- a) systémy nezávislé na rozvodné síti- ostrovní systémy (grid-off)

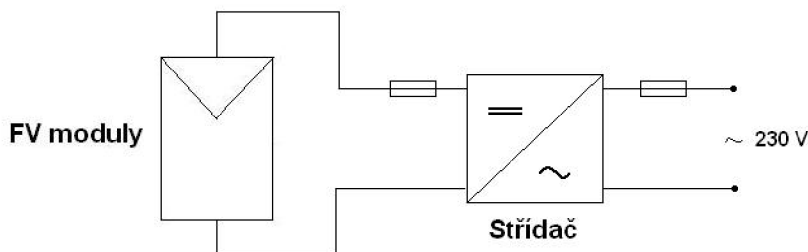
Tyto systémy jsou převážně malého výkonu do 10 kW. Jsou budovány převážně v místech bez možnosti připojení na DS. [1]



Obrázek 2-1 Grid- off system [1]

b) systémy připojené k elektrické síti (grid-on)

Elektrická energie vyráběná fotovoltaickým systémem je do sítě dodávána přes střídače. K dalším ostrovním systémům se řadí systémy s přímým napájením, systémy s akumulací elektrické energie a hybridní ostrovní systémy.



Obrázek 2-2 Grid- on system [1]

2.5 Větrná energie

Větrná energie je jedná z forem energie, do níž se transformuje sluneční záření. Vítr je proudění vzduchu, které vzniká tlakovými rozdíly mezi různě zahřátými oblastmi vzduchu v zemské atmosféře. V důsledku změn atmosférické cirkulace nad Střední Evropou se rychlost větru v průběhu roku mění a kolísá. Rychlost větru je nejdůležitějším údajem při využívání energie větru a udává se v m/s. Poblíž zemského povrchu je proudění ovlivněno povrchem, s rostoucí výškou rychlost větru roste. [4]

Energii větru užívá lidstvo od nepaměti. V posledních letech se energie větru používá na výrobu elektrické energie. Vznikají jak velké větrné parky, tak menší systémy. V našem pásmu není tolik míst s vhodnými podmínkami na výstavbu větrných elektráren. Jsou to hlavně horské oblasti a vrchoviny. Nyní je výstavba nových větrných elektráren na útlumu, a to v důsledku

splnění nelehkých podmínek pro provozování větrné elektrárny, ale také velká obliba budování fotovoltaických systémů. [3]

VTE vyžadují přístupovou komunikaci, manipulační plochu pro montáž, připojení do distribuční soustavy a servis. U VTE není potřeba oplocení, jelikož všechny důležité části elektrárny jsou nepřístupné. Předpokladem pro výstavbu je pozemek s dostatečným větrným potenciálem.

VTE lze rozdělit do kategorie podle výšky stožanu:

- Do 10 m je třeba územní rozhodnutí a případně ohlášení stavby
- Od 10 m do 35 m je třeba územní rozhodnutí a stavební povolení
- Nad 35 m je třeba územní rozhodnutí a stavební povolení.

Větrné elektrárny s celkovým instalovaným výkonem vyšším než 500 kW nebo výškou stožanu přesahující 35 m podle přílohy zákona č. 100/2001 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí, ve znění pozdějších předpisů, náleží do kategorie záměrů, které vyžadují zjišťovací řízení.

Záměr výstavby VTE je předmětem posuzování vlivu na krajinný ráz podle zákona č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny, ve znění pozdějších předpisů.

Umístit VTE s v zastavěném území s výškou nad 35 m významně ovlivňuje ráz území. Nelze je bez posouzení umístit ani do ploch výroby a skladování nebo ploch smíšených výrobních jako tomu bylo u FVE, pokud tyto plochy nebyly pro výstavbu VTE přímo vymezeny.

Umístit VTE v nezastavěném území lze pouze v souladu s charakterem území, s ohledem na jeho měřítko a krajinný ráz. Nutnost zohlednit velké nároky na výšku VTE. VTE s výškou stožanu nad 35 m nebo větrný park se doporučuje umístit ve větší vzdálenosti od obytné zástavby a pohledové izolace. [4]

2.5.1 Výběr vhodné lokality

V případě vnitrozemských oblastí jsou vhodné lokality převážně ve vyšších nadmořských výškách, obvykle nad 500 m.n.m. Před rozhodnutím o stavbě elektrárny je třeba znát následující údaje:

- Naměřené průměrné rychlosti větru včetně četnosti směru, ideálně by se mělo provádět roční měření
- Množství a parametry překážek, které způsobují turbulenci a brání laminárnímu proudění
- Chod ročních venkovních teplot či jiných nepříznivých meteorologických jevů
- Nadmořskou výšku
- Možnost umístění vhodné technologie

- Geologické podmínky pro základy elektrárny
- Dostupnost lokality pro těžké mechanismy
- Vzdálenost od přípojky VN nebo VVN s dostatečnou kapacitou (v aktuálním stavu nejdůležitější z podmínek)
- Vzdálenost od obydlí, která by měla být dostatečná kvůli možnému rušení hlukem
- Míra zásahu do okolní přírody
- Majetkoprávní vztahy k pozemku, postoj úřadů, občanů, vlastnictví či dlouhodobý pronájem.

[4]

VTE se v krajině stávají výraznou dominantou. Tato skutečnost hraje významnou roli při jejich zakomponování. V současné době VTE dle názorů odborníků zabývajících se krajinným rázem i názorů laické veřejnosti znamenají velmi závažný zásah do krajinného rázu území. Dle odborníků může mít nevhodné umístění VTE dopad na turistickou atraktivitu dané oblasti. I z těchto důvodů je projednání záměru výstavby větrné elektrárny velmi složitá záležitost a velmi mnoho záměru ztroskotalo na nekompromisním přístupu k výstavbě VTE, příkladem je kraj Vysočina.

V našich podmínkách s velmi velkou hustotou osídlení lze jen těžko připustit výstavbu místních elektráren pro napájení jednotlivých obcí. Naopak v méně osídlených státech, málo lesnatých rovinách a pahorkatinách bez výraznějších stavebních vertikál by mohlo jít o zajímavé zpestření krajinného rázu.

Větrné elektrárny se setkávají s dalšími negativními reakcemi, jako je zejména hluk. I přestože jsou současné stroje poměrně málo hlučné, musí se stavět v dostatečné vzdálenosti od obydlí. Hluková studie bývá součástí dokumentace dokládané ke stavebnímu povolení. VTE vydává mechanický (převodovka, motor) a aerodynamický hluk způsobený obtékáním listů. Menší elektrárny jsou rychloběžné, a tím i hlučnější.

VTE mohou rušit televizní a mobilní signál až do vzdálenosti 10 km. Závisí na pozici televizního vysílače, elektrárny a objektů, které mají anténu. Praxe neukázala, že by tyto stížnosti přicházely v hojném počtu. Pro výstavbu VTE jsou omezena území, kde jsou umístěny radary a letecké koridory. Radary mají ochranné pásmo 30 km, kde je zakázáno VTE stavět. [4]

2.5.2 Aspekty připojení větrných elektráren k DS

K přeměně kinetické energie větru se používá generátor (synchronní a asynchronní).

Synchronní generátory, které jsou přímo připojeny do DS, mají otáčivou rychlost danou frekvencí sítě a počtem pólů. Tedy při frekvenci sítě 50 Hz má dvou pólový stroj otáčky 3000 min^{-1} , čtyřpólový 1500 min^{-2} a šestipólový 1000 min^{-1} .

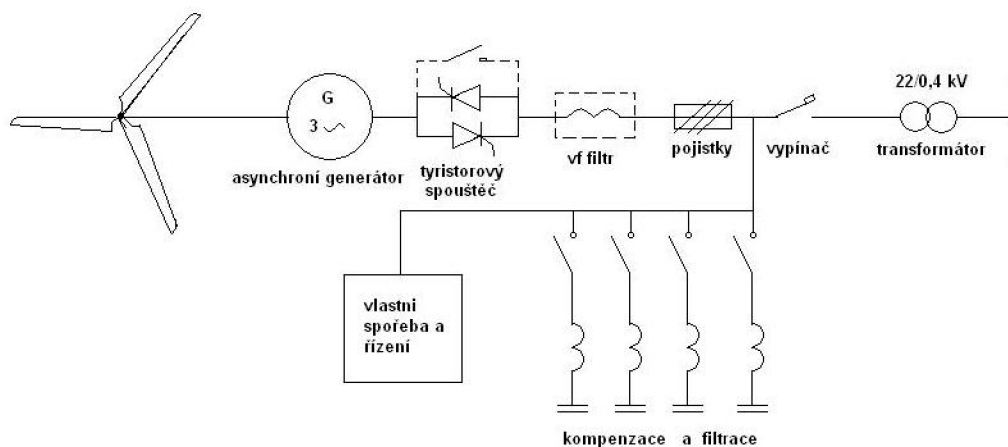
Asynchronní generátory nemají konstantní otáčivou rychlost. Při zatížení se otáčivá rychlost zvyšuje asi o 1 až 2%.

Větrné elektrárny začínají dodávat energii do sítě přibližně při rychlostech 3 až 5,5 m.s⁻¹. Jmenovitého výkonu dosahují elektrárny při rychlostech větru asi 13 až 15 m.s⁻¹ podle užití technologie. Větrné elektrárny se samy odstaví, dosáhnou-li rychlosti větru 25 m.s⁻¹. [1]

2.5.3 Připojení asynchronních generátorů do DS

Asynchronní generátory se díky své jednodušší konstrukci vyznačují nízkými provozními a pořizovacími náklady, jelikož není nutné používat synchronizační zařízení pro připojení do DS. Generátor zhoršuje účinnost sítě tím, že ze sítě odebírá jalový výkon, který potřebuje na vytvoření magnetického pole. Proto je potřeba provádět kompenzaci tohoto zařízení, aby se účinnost stále pohyboval v mezích daných provozovatelem DS.

Asynchronní motory se často vybavují tyristorovými spouštěči, které jsou schopny omezit proudové nárazy na hodnoty nižší než je dvojnásobek jmenovitého proudu. Dalším členem větrné elektrárny je filtrační člen, který omezuje vyšší harmonické. [1]



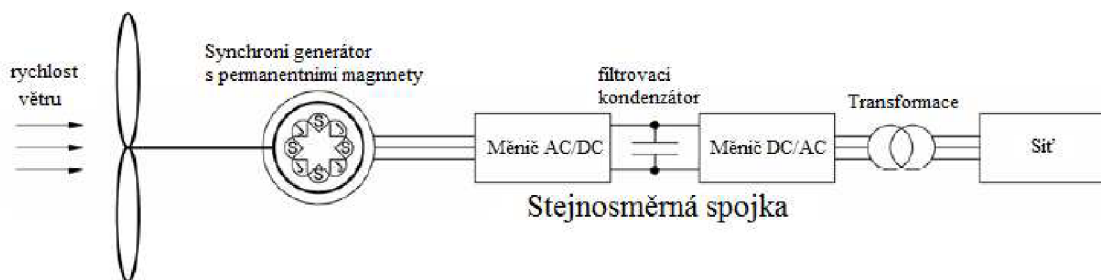
Obrázek 2-3 Jednopolové schéma připojení asynchronního generátoru na síť [1]

Provozovat generátor na optimální hodnotě se dá částečně dosáhnout pomocí elektronických měničů. Pro dosažení stálého magnetického využití generátoru je třeba také měnit napětí. Změna napětí se provádí pomocí změny otáček generátoru. Otáčky rotoru se musí stále držet v oblasti mezi synchronními otáčkami a maximálním momentem v generátorové oblasti.

Pro velké výkony se nejčastěji používají asynchronní generátory s kroužkovou kotvou, a to díky možnosti plynulé regulaci otáček rotoru. Změna otáček se provádí pomocí změny skluzu rotoru. [1]

2.5.4 Připojení synchronních generátorů do DS

Větrné elektrárny velkých výkonů používají synchronní generátory bez převodovky. Jedná se o systém s vícepólovým prstencovým generátorem s proměnnou frekvencí, stejnosměrnou spojkou a střídačem. Tyto stroje na rozdíl od asynchronních strojů mají minimální dopady na síť.



Obrázek 2-4 Schéma zapojení synchronního generátoru na síť [1]

2.6 Energie vody

Energie vody je historicky nejvyužívanějším zdrojem energie. Voda je nositelem tepelné, mechanické a chemické energie. Pro výrobu elektrické energie se nejčastěji používá energie mechanická. energii vody je možno získat využitím kinetické a tlakové energie. [8]

Výstavba vodních elektráren má v České republice bohatou tradici, ve 30. letech 20. století bylo na našem území v provozu více než 11 000 malých vodních elektráren. Největší elektrárna Orlická má instalovaný výkon 360 MW. Z celkové produkce elektřiny v ČR se ve vodních elektrárnách vyrobí asi jen přes necelé 4 %. Většina tohoto výkonu připadá na zdroje s větším výkonem. Dle statistik ERÚ je v současnosti v České republice provozováno cca 1400 vodních elektráren. [8]

Vodní elektrárny mají snadnější akumulaci energie, není potřeba je tolik regulovat. Vodní elektrárny patří k nejvýznamnějším obnovitelným zdrojům. Malé vodní elektrárny jsou elektrárny s výkonem do 10 MW. V našich podmínkách není mnoho příležitostí ke stavbě velkých vodních děl. [8]

V ČR se za malou vodní elektrárnu považují zařízení s výkonem pod 10 MW, v EU pod 5 MW. MVE má malé plošné nároky na hráz nebo jez, náhon a strojovnu. Předpokladem je pozemek v blízkosti vodního toku o dostatečném vodním potenciálu. Vodní elektrárny s celkovým instalovaným výkonem od 10 MW do 50 MW podle přílohy 1 zákona č. 100/2001 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí a o změně některých souvisejících zákonů, ve znění pozdějších předpisů, náleží do kategorie záměrů, které vyžadují zjišťovací řízení. [8]

Umístění MVE v zastavěném území není třeba podmiňovat územním plánem nebo jeho změnou, vhodnost je třeba ověřit v územním řízení.

Umístit MVE v nezastavěném území lze pouze v souladu s charakterem území. Převažují objekty s přírodním charakterem jako jez a náhon.

2.6.1 Výběr vhodné lokality

Z energetického hlediska je vhodné, pokud jsou MVE rozptýleny po celé republice. Případný výpadek některé z nich je z hlediska sítě nevýznamný, na rozdíl od výpadku velkých zdrojů. Mnoho výhodných lokalit je již obsazeno, soustřeďuje se pozornost na místa, kde instalace MVE dosud nebyla technicky možná nebo ekonomicky výhodná. Vytvářejí se turbíny, které jsou schopny pracovat při nízkých spádech. [4]

Výstavba velkých vodních elektráren přináší výrazný zásah do životního prostředí. Potenciál pro jejich výstavbu je u nás v zásadě vyčerpán. Naproti tomu výstavba malých elektráren je nyní možná, hlavně na místech bývalých mlýnů, hamrů a pil. Zbytky bývalého vodního díla mohou výrazně snížit náklady na výstavbu. Další možností je rekonstrukce stávajících malých vodních elektráren, které mají zastaralou techniku. Jsou prováděny výměny za modernější a účinnější turbíny a soustrojí. [4]

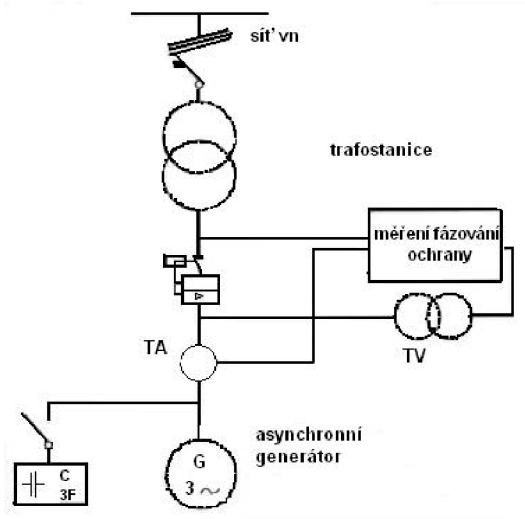
Rozhodujícími ukazateli k ohodnocení konkrétních lokalit pro využití hydro-energetického potenciálu jsou dva základní parametry:

- Využitelný spád
- Množství vody, které proteče v daném místě
- Způsob odstraňování naplavenin ve vodě
- Dodržování odběru sjednaného množství vody- využitím spolehlivých automatik v souvislosti s hladinovou regulací se vyloučí nevhodný vliv obsluhy MVE.

2.6.2 Připojení vodní elektrárny do DS

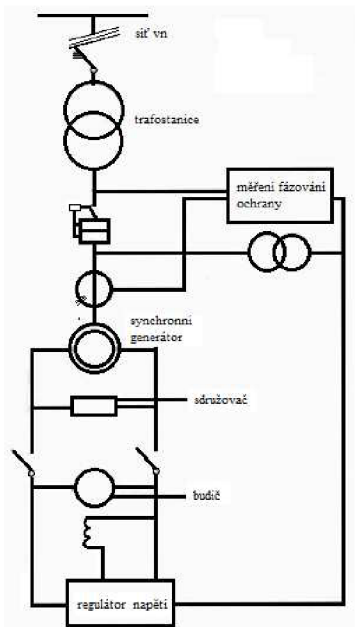
Používají se asynchronní nebo synchronní generátory s vyniklými póly. Pro lepší využití je možné mezi asynchronní či synchronní generátor a DS vložit měnič frekvence.

Asynchronní stroje malých výkonů jsou vyráběny jako motory, proto je potřeba upravit některé jejich veličiny, jako jsou otáčky, výkon, účinník, proud a účinnost stroje tak, aby mohly pracovat v generátorovém stavu. Použitím asynchronních generátorů se zjednoduší elektrické zařízení, zmenšuje se jejich hmotnost, ale hlavně klesá pořizovací cena. Asynchronní generátory se dimenzují co nejbližší k maximu dosažitelného výkonu turbíny. Rotor se nejčastěji používá v provedení vinutý s kroužky a klecové vinutí. Nevýhodou asynchronních generátorů je odběr jalového výkonu a neschopnost samostatného chodu. [1]



Obrázek 2-5 Připojení MVE s asynchronním generátorem k síti [1]

Synchronní generátory jsou oproti asynchronním generátorům složitější, což se projeví v celkové pořizovací ceně, ale i v nákladech na údržbu a provoz. Synchronní generátor může regulovat napětí a frekvenci. Napětí lze měnit změnou budícího proudu. Při nízkém budícím proudu hrozí vypadnutí ze synchronismu. Synchronní generátor může stabilně pracovat v izolované síti, má přesně definovaný účinník a stabilní chování při zkratech, proto se používají tyto generátory ve vodních elektrárnách větších výkonů. [1]



Obrázek 2-6 Připojení MVE se synchronním generátorem k síti [1]

2.7 Energie biomasy

Biomasa je hmota organického původu. Jedná se o rozložitelnou část výrobků, odpadů, zbytků z provozování zemědělství, hospodaření v lesích, ze souvisejících průmyslových odvětví, rovněž se používají zemědělské produkty pěstované pro energetické účely a biologicky rozložitelná část vytríděného průmyslového a komunálního odpadu. Pro energetické účely se používají cíleně pěstované rostliny nebo odpady ze zemědělské, potravinářské nebo lesní produkce.

Stavbu BPS tvoří prostor pro příjem a úpravu odpadů, věže fermentorů, kogenerační jednotka a prostor pro zpracování digestátu. Nezbytná je přístupová komunikace zejména pro navážení odpadů a odvoz vyprodukovaného hnojiva. BPS vyžaduje připojení do DS a současně je využívána pro výrobu tepla. Při zpracování odpadů mohou vznikat úniky amoniaku a zápachajících plynů, proto jsou bioplynové stanice kategorizovány mezi velké zdroje znečištění ovzduší. Je to nařízení vlády č. 615/2006 Sb., o stanovení emisních limitů a dalších podmínek provozování ostatních stacionárních zdrojů znečišťování ovzduší.

Umístění BPS z hlediska územního plánování je možné pouze v souladu s územním plánem. Nezbytné je stanovit ochranné pásmo a dodržet odstupové vzdálenosti zejména od obydlených území, jako jsou plochy pro bydlení, rekreace a občanského vybavení. Vhodné jsou areály zemědělských zařízení nebo nevyužité výrobní areály, které se nacházejí v dostatečné vzdálenosti od obydlených ploch. Převážně se výstavba BPS na našem území umísťuje do bývalých zemědělských objektů, nebo si je budují přímo zemědělská družstva pro své užívání. [4]

BPS nelze umístit v nezastavěné ploše pro její velké prostorové nároky. Je třeba tuto plochu vymezit územním plánem.

2.7.1 Způsob využití biomasy

Biomasa lze rozdělit:

1. Biomasa odpadní:

- Rostlinné odpady ze zemědělské prvovýroby a údržby krajiny - řepková a kukuřičná sláma, obilná, sláma, seno, zbytky po likvidaci křovin a náletových dřevin, odpady ze sadů a vinic, odpady z údržby zeleně a travnatých ploch
- Lesní odpady - po těžbě dřeva zůstává v lese určitá část stromové hmoty nevyužita
- Organické odpady z průmyslových výrob - spalitelné odpady z dřevařských provozoven, odpady z provozů na zpracování a skladování rostlinné produkce, odpady z jatek, mlékáren, lihovarů, konzerváren
- Odpady ze živočišné výroby - hnůj, kejda, zbytky krmiv
- Komunální organické odpady - kaly, organický tuhý komunální odpad.

2. Biomasa záměrně produkovanou k energetickým účelům

- Jedno a víceleté energetické byliny, např. čirok, šťovík krmný apod.
- Rychle rostoucí dřeviny jako platany, topoly, pajasany, akáty, olše a zejména vrby, topol černý.

Biomasa je tradičně spalována přímo nebo jsou spalovány kapalné či plynné produkty jejího zpracování.

Podporovanou výrobu elektřiny z biomasy se kromě jiných předpisů zabývá vyhláška č. 482/2005 Sb.. Ta rozlišuje v § 4 jednotlivé kategorie biomasy s odlišnou podporou:

1. Kategorie pro termické přeměny zahrnující proces spalování a zplyňování
2. Kategorie pro proces anaerobní fermentace, která zahrnuje veškerou biomasu k výrobě bioplynu.

2.7.2 Využití biomasy

Obecně je efektivita BPS závislá na druhu, složení a stabilitě vstupního substrátu, volbě technologie samotné stanice i na odborném řízení chodu zařízení. V provozu je nutné v jistých mezích dodržovat konstantní složení vstupních surovin. Konkrétní technologie je třeba přizpůsobit substrátu, jímž budou živeny bakterie, produkující metan jako základní energetickou složku bioplynu. Pokud bioplynová stanice zpracovává rizikovější odpady, například odpady z jatek, pak musí být instalován hygienizační stupeň pro odstranění nežádoucích bakterií a plísní. Bioplyn je spalován v tzv. kogeneračních jednotkách, kde je bioplynem poháněn upravený spalovací motor připojený k elektrickému generátoru. Odpadní teplo z motorů není přes chladič dodáváno do okolí, ale prostřednictvím výměníku tepla je jímáno k dalšímu využití. Platí, že energetická hodnota vyprodukovaného tepla je přibližně dvojnásobkem výkonu elektrického zařízení, což je klíčem k efektivitě celého zařízení. Možné využití tepla je pestré, ať už pro topení ve vlastních objektech, pro dodávku teplé vody i tepla do jiných objektů nebo pro obecní systém vytápění a sušárnu dřeva apod.. Je třeba počítat s využitím tepla i mimo topné období.

Bioplyn je vhodné používat všude, kde se používají jiná plynná paliva. Mezi způsoby energetického využití patří:

- Přímé spalování
- Výroba elektrické energie a ohřev teplotnosného média (kogenerace)
- Výroba elektrické energie a ohřev teplotnosného média, výroba chladu (trigenerace)
- Pohon spalovacích motorů nebo turbín
- Využití bioplynu v palivových člancích.

V současné době se pracuje na vylepšení technologie využití bioplynu:

- Šlechtění energetických rostlin a dřevin

-
- Technologický výzkum kofermentace materiálů agrárního, průmyslového a komunálního odpadu
 - Vývoj efektivnějších jednotek na výrobu elektrické energie, tepla a chladu
 - Efektivnější využití bioplynu v palivových článcích, mikroturbínách, pro pohon Stirlingova motoru
 - Využití bioplynu jako chemické suroviny.

Pro stavbu BPS je vhodné využít plochy nevyužívaných areálů zemědělských družstev. Důležité je důkladné posouzení celé technologie v dané lokalitě, posouzení vstupů a výstupů, především s ohledem na hodnoty znečištění ovzduší a dodržení odstupových vzdáleností od obytné zástavby.

3 PŘIPOJOVÁNÍ ZDROJŮ

Paralelní provoz zdrojů se sítí upravuje příloha 4 Pravidel pro provozování distribučních soustav (PPDS). PPDS byla vytvořena a je upravována odborníky z řad provozovatelů distribučních soustav a podléhá schválení Energetickým regulačním úřadem. Příloha 4 se zabývá připojením zdrojů od úplného počátku, tj. podáním žádosti o připojení až po samotné připojení (spuštění) zdrojů do DS. Výrobna při spuštění do DS musí splňovat všechny dané podmínky dané nejen PPDS, ale musí splňovat veškeré náležitosti dané zákonem a předpisy, normy ČSN i PNE, nařízení a směrnice PDS.

3.1 Přihlašovací řízení

Na základě obecného požadavku poskytne technik pověřený PDS žadateli informace o podkladech, které musí žádost o připojení obsahovat a poskytne také informace o možnostech a podmínkách připojení výroby k DS. Poskytnuté informace jsou pouze orientační a nejsou závazné.

Žádost o připojení výrobce k DS musí dále obsahovat následující náležitosti:

- Správně vyplněný formulář (musí obsahovat informace o předpokládaném použitém zařízení, informace o napájecích transformátorech, atd.)
- Přehledové schéma celého elektrického zařízení s jmenovitými hodnotami použitého zařízení (jednopolové schéma postačí)
- Situační plán umístění výroby
- Souhlas vlastníků nemovitosti dotčených realizací výroby
- Souhlas obce a příslušného stavebního úřadu s realizací výroby (vyžadováno pouze u výroben, které nejsou součástí stávajících objektů)
- Hodnota rezervovaného výkonu
- Stávající hodnota rezervovaného výkonu a příkonu
- Studie připojitelnosti (jen pokud je vyžadována PDS). [5]

V odůvodněných případech může technik pověřený PDS požadovat do 15 dnů doplnění dalších údajů, nezbytných k posouzení žádosti. Za termín přijetí žádosti se považuje datum doložení všech úplných náležitostí žádosti o připojení výroby (pokud je vyžadována, tak za datum přijetí se považuje datum dodání studie připojitelnosti vypracována nezávislým zpracovatelem). [5]

PDS po obdržení žádosti musí do 30 dnů od doručení žádosti rozhodnout, zda je nutné ověřit připojení výroby studií připojitelnosti nebo vydá do 60 dnů návrh smlouvy s technickými podmínkami připojení anebo žádost úplně zamítne z kapacitních důvodů. [5]

V případě, že je požadována studie připojitelnosti, musí se technik pověřený PDS žadateli do 30 dnů od doručení žádosti vyjádřit, zda bude studii připojitelnosti vyžadovat či nikoliv. Neučiní-li tak do 30 dnů, není vyžadována studie připojitelnosti. Požaduje-li provozovatel distribuční soustavy zpracování studie, vydá technik PDS žadateli data a další údaje ke zpracování studie, tyto informace budou pouze obecné a budou upřesněny při předávání platných podkladů zpracovateli (žadateli) studie připojitelnosti. Provozovatel DS poskytne nezbytné podklady žadateli nejpozději do 15 dnů od jejich vyžádání. Nepožádá-li žadatel provozovatele DS o podklady pro zpracování studie připojitelnosti do 30 dnů od obdržení žádosti o její zpracování, provozovatel soustavy tuto žádost o připojení neposuzuje. Zpracovatel (žadatel) se zavazuje podklady použít pouze za účelem vypracování studie připojitelnosti a nesmí je poskytovat třetím osobám. [5]

Termín po předložení studie je 90 dnů od předání podkladů ke zpracování studie připojitelnosti. Při pochybnostech o zpracovávání studie je PDS oprávněn požadovat opravení nebo přepracování studie a to do 30 dnů od jejího doručení. Žadatel musí tuto studii přepracovat a doplněnou předat provozovateli distribuční soustavy do 30 dnů od obdržení žádosti o její přepracování. [5]

Po doručení studie s kladným výsledkem je PDS povinen do 60 dnů od doručení studie připojitelnosti žadateli vystavit návrh smlouvy s končným místem připojení a s dalšími upřesňujícími technickými požadavky PDS pro připojení výroby do DS. [5]

Pokud není nutné požadovat po žadateli studii připojitelnosti, vystaví PDS rovnou návrh této smlouvy, a to do 60 dnů od doručení žádosti o připojení nebo v případě nedostatků kapacity žádost zamítne, a to do 30 dnů od podání úplné žádosti. [5]

3.2 Studie připojitelnosti výroby

Studie připojitelnosti musí obsahovat technické posouzení výroby s ohledem na:

- Napěťové poměry ve všech posuzovaných uzlech sítě při jejím maximálním a minimálním zatížení
- Zatížitelnost jednotlivých prvků sítě
- Dodržení parametrů zpětných vlivů na DS, tj. zejména změny napětí vyvolané trvalým provozem výroby, změny napětí při spínání, útlumu signálu HDO, flikru, harmonických a dalších kritérií. [5]

Podklady pro tvorbu studie připojitelnosti obsahují tato data:

- Zkratový výkon VVN nebo VN v napájecí rozvodně nebo v místě, od kterého bude vliv počítán
- Stávající a výhledové hodnoty zatížení v soustavě
- Související zdroje připojené k DS v předmětné části DS
- Platné požadavky na připojení zdrojů k DS v předmětné části DS

- Parametry transformátorů VVN/VN
- Stávající a výhledový stav HDO
- Parametry vedení k místu připojení - délka, typ, průřez
- Možné provozní stavy
- Zjednodušený mapový podklad. [5]

Posuzování připojitelnosti je nutné provádět s ohledem na dosažení co nejnižšího zpětného vlivu na DS. Ve studii připojitelnosti je nutné vycházet z podmínky dodržení účinníku v předávacím místě v celém rozsahu výkonu výroby v rozmezí $\cos \varphi = 0,95$ ind. až $\cos \varphi = 1$. [5]

V případě pochybností o správnosti a úplnosti předložené studie může požadovat její doplnění, rozšíření nebo případně její zamítnutí. A to vše s ohledem na platnost předběžného stanoviska (tj. maximálně prodloužení vypracování studie o 90 dnů). Provozovatel DS má také právo si vyžádat podklady, podle kterých byla studie připojitelnosti počítána. V případě nedoložení veškerých požadovaných dokumentů může PDS žádost zamítnout a vyřadit z evidence. Žadatel si hradí náklady na vypracování studie připojitelnosti. [5]

3.3 Návrh smlouvy

V návrhu smlouvy je kromě smluvních podmínek nutno zejména uvést:

- Přesné místo (podpěrný bod, trafostanice, pojistková skříň apod.) a způsob připojení
- Hranice vlastnictví zařízení
- Částku podílu za připojení a zajištění výkonu
- Termín předpokládaného připojení
- Umístění a typ obchodního měření a požadavky na toto měření
- Potvrzení požadavku na výši rezervovaného výkonu.

U zdrojů s výkonem nad 100 kW na hladině NN a dále u všech na hladinách VN a VVN je dále třeba uvést:

- Název napájecí transformovny a příslušnost do uzlové oblasti napájení (PS/VVN);
- Požadavky na dálkové přenosy (signalizace, měření, ovládání - dle konzultace s příslušným Dispečinkem)
- Požadavky na chránění (síťové ochrany).

Součástí návrhu smlouvy je požadavek na předložení projektové dokumentace (s výjimkou zdrojů do 16 kW). Stanovisko k projektové dokumentaci vydává vyřizující technik, který se ve zdůvodněných případech vyžádá stanovisko ostatních odborných útvarů.

3.4 Další kroky potřebné pro úspěšné připojení výrobní k DS

V době platnosti musí žadatel provést další následující kroky k tomu, aby jeho žádost byla stále platná:

- Doručit projektovou dokumentaci
- Probíhající územní řízení
- Nebo stavební řízení
- Nebo probíhající řízení pro posouzení vlivu stavby na životní prostředí (EIA)
- Řízení o udělení autorizace dle energetického zákona.

Na základě žádosti o připojení výrobní bude vydán návrh smlouvy o připojení. Smlouva o připojení mimo jiné obsahuje ustanovení, že je předčasně ukončena v případě, že výrobce do 12 měsíců od termínu připojení uvedeného v této smlouvě neuzavře bez zavinění PDS s jiným účastníkem trhu s elektřinou smlouvu o dodávce elektřiny vyrobené ve výrobě, jejíž připojení k DS je předmětem této smlouvy o připojení, a to dnem marného uplynutí této lhůty. V případě takového ukončení smlouvy o připojení se zaplacený podíl na nákladech spojených s připojením zařízení žadatele a zajištění požadovaného rezervovaného příkonu snížený o vynaložené náklady na straně PDS vrací žadateli.

V rámci evidované žádosti o připojení lze provést následující změny:

- Snížení celkového instalovaného výkonu výrobní
- Změna typu a počtu výroben do výše původně požadovaného celkového instalovaného výkonu
- Změna umístění výrobní s podmínkou zachování stanoveného místa a způsobu připojení k DS
- Změna místa a způsobu připojení výrobní k DS s podmínkou zachování umístění výrobní.

V případě požadavku na tyto uvedené změny žádosti je nutné znovu doložit všechny podklady, které jsou požadovanou změnou dotčeny. Změněná žádost bude znovu posouzena a PDS žadateli vystaví do 30-ti dnů dodatek smlouvy.

V rámci evidované žádosti o připojení nelze provést následující změny:

- Zvýšení celkového instalovaného výkonu výrobní
- Změna druhu výrobní
- Změna umístění výrobní s návaznou změnou místa připojení k DS
- Rozdělení žádosti (rezervovaného výkonu) mezi různé subjekty.

V případě požadavku na tyto uvedené změny žádosti je nutné podat novou žádost o připojení.

Po celou dobu platnosti musí být žádost při posuzování následných souvisejících žádostí o připojení respektována v plném požadovaném výkonu. Převod žádosti o připojení výrobní elektřiny na jiný subjekt je možný za následujících podmínek:

- Nový žadatel o to písemně požádá, k tomuto účelu může žadatel využít formulář žádosti o připojení
- Původní žadatel musí k této žádosti doložit dokument, který jednoznačně vyjadřuje vůli převést tuto žádost na nového žadatele. Podpis původního žadatele musí být úředně ověřený
- V případě, že je k tomuto úkonu využita plná moc, musí obsahovat úředně ověřený podpis osoby, která ji udělila a jednoznačně opravňovat zmocněnou osobu k provedení úkonu převedení žádosti na jiný subjekt.
- O odsouhlaseném převodu je nutno písemně informovat nového i původního žadatele.

V rámci převodu nelze rozdělovat rezervovaný výkon mezi různé subjekty. Převod žádosti je možný v době závaznosti předběžného nebo závazného stanoviska až do doby uzavření smlouvy o připojení. Po uzavření smlouvy o připojení je již možné postupovat pouze formou smlouvy o převodu práv a povinností (třístranná smlouva původní žadatel – nový žadatel – PDS).

3.5 Projektová dokumentace

Projektová dokumentace musí být zpracována dle vyhlášky 499/2006 Sb. a musí minimálně obsahovat podklady jako délky, typy a průřezy vývodů mezi výrobnou a místem připojení k distribuční síti, parametry použitých transformátorů, dispoziční řešení připojení výrobní k distribuční soustavě. Další důležitou součástí projektové dokumentace jsou typy, parametry a navržené hodnoty nastavení elektrických ochranných zařízení. Projektová dokumentace rovněž musí obsahovat implementaci obchodního měření, dálkové komunikace mezi PDS a zařízením výrobce. PD také obsahuje části požadované PDS. V poslední době se s růstem zdrojů připojovaných do DS se stává důležitou částí PD regulace činného a jalového výkonu výrobní.

3.5.1 Měřicí a řídicí zařízení dle PPDS

Druh a počet elektroměrů a přepínačů tarifů se řeší dle podmínek pro odběr a dodávku elektrické energie. Toto je nutné projednat již ve stadiu přípravy projektu připojení výrobní.

Měření se volí dle napěťové hladiny:

- NN - přímé nebo polopřímé
- VN - je-li měření na straně NN volí se měření polopřímé (nejvíce však do výkonu 630 kVA), v ostatních případech na straně VN transformátoru jako nepřímé
- 110 kV - měření na straně 110 kV a nepřímé. [5]

3.5.2 Požadavky na elektrické ochrany

Ochrany se používají z důvodů odstavení zdroje elektrické energie od DS v případě výpadku v síti. Osazení ochranami se řídí požadavky PDS a podmínkami chráněných zdrojů.

Dle PPDS je třeba, aby výrobní, které pracují paralelně k distribuční síti, byly osazeny ochranami s těmito podmínkami:

Tabulka 3-1 Nastavení ochran

Funkce	Rozsah nastavení	Příklad nastavení	Časové zpoždění	Příklad nastavení
Podpětí 1.stupeň $U <$	$0,7 U_n$ až $1,0 U_n$	$90\% U_n$	$t_{U <}$	0,5 s
Podpětí 1.stupeň $U <<$	$0,7 U_n$ až $1,0 U_n$	$80\% U_n$	$t_{U <<}$	0,1 s
Přepětí 1.stupeň $U >$	$1,0 U_n$ až $1,2 U_n$	$110\% U_n$	$t_{U >}$	0,5 s
Přepětí 1.stupeň $U >>$	$1,0 U_n$ až $1,2 U_n$	$120\% U_n$	$t_{U >>}$	0,1 s
Podfrekvence 1.stupeň $f <$	48 Hz až 50 Hz	49,8 Hz	$t_{f <}$	0,5 s
Podfrekvence 2.stupeň $f <<$	48 Hz až 50 Hz	49,5 Hz	$t_{f <<}$	0,1 s
Nadfrekvence 1.stupeň $f >$	50 Hz až 52 Hz	50,2 Hz	$t_{f >}$	0,5 s

Druhý stupeň je zapotřebí jen po dohodě s PDS. Výrobní musí obsahovat také ochrany nadproudové, zkratové a proti zemnímu zkratu. Při jiném nastavení ochran, než je uvedeno v tabulce, musí být tyto změny odsouhlaseny PDS. [5]

3.5.3 Řízení jalového výkonu

Zdroje musí být při dodávce činného výkonu vybaveny řízením jalového výkonu v předávacím místě pro jeden z následujících režimů:

- Udržení požadované pevné hodnoty účinníku $\cos \varphi$ (pro výrobní do 400 kW stačí tento bod)
- Udržování hodnoty účinníku $\cos \varphi = f(P)$
- Udržování zadané hodnoty jalového výkonu v rámci provozního diagramu stroje
- Udržování napětí v předávacím místě v rámci omezení daných PQ diagramem stroje.

Zdroj musí být schopen dodávat jmenovitý výkon v rozmezích účinníku $\cos \varphi = 0,85$ až 1 (dodávka jalového výkonu) a účinník $\cos \varphi = 1$ až 0,95 (odběr jalového výkonu) při dovoleném rozsahu napětí na svorkách generátoru a při kmitočtu 48,5 až 50,5 Hz. Uvedený základní rozsah jalového výkonu může být modifikován na základě domluvy a souhlasu PDS.

3.6 Podmínky pro připojení výroby k síti

Disperzní zdroje připojované k distribučním sítím VN je až na výjimky nutné podrobit studií připojitelnosti, v níž se provede komplexní výpočet ustálených stavů. Určí se změna napětí v místě připojení při připojení plného výkonu s účinníkem rovným jedné. Vyvedení výkonu z těchto zdrojů do sítě VN se nejčastěji řeší způsobem popsáním níže.

PDS vydá návrh smlouvy s technickými požadavky na připojení výroby, ve kterém je uvedeno místo, kde je možné přípojku uvažovat, tj. příslušné číslo či název vedení a číslo podpěrného bodu. Stožár se při realizaci vybaví úsekovým odpínačem, odkud je veden kabelosvod k transformátoru 22/0,4 kV. V případě, že stávající podpěrný bod bude nevyhovující technickému stavu, bude demontován a nahrazen novým podpěrným bodem, který bude osazen svislým úsekovým odpínačem připraveným pro připojení kabelosvodu. Provozovatel zdroje si po vybudování tohoto zařízení osadí a připojí kabelosvod s omezovači přepětí a vyvede na něj zemní kabel 22kV vedoucí z jeho trafostanice s rozvaděčem VN. Výkony transformátorů se volí v rozmezí 50 až 2000 kVA. Dle zkušeností se sloupové trafostanice používají do výkonu 630 kVA a v případě vyšších výkonů se používají kioskové nebo zděné trafostanice. V tomto případě je součástí této stavby i rozšíření dispečerského systému v rozsahu zajištění přenosu dispečerských informací z této výroby a dálkové ovládní odpínače v poli rozvaděče VN provozovatele výroby. Dispečerský systém bude osazen do provozovatelem připraveného rozvaděče AXY (rozvaděč pro dispečerský systém E.ON). Systém bude připojen do provozovatelem připravených svorek na napájení, ovládní, signalizaci a měření. Pro měření bude osazen převodník, rovněž do připravené pozice v AXY. [11]

Tento dispečerský systém zvyšuje počáteční investici, ale pro bezpečný chod sítě je však nezbytný. Dispečerský systém hradí PDS. Transformátor je třeba chránit proti přepětí svodičem, jenž bude součástí venkovních spodků pro připojení kabelem nebo v poli vypínače (odpínače) výroby. [11]

3.6.1 Výpočet napěťové změny

V dnešní době se na výpočet napěťové změny používají nejčastěji programy, které na základě iteračních metod provedou výpočet ustáleného chodu sítě, tedy rozložení proudů a napětí v jednotlivých uzlech a větvích sítě. K výpočtu chodu sítě je potřeba znát parametry počítané sítě, tj. rozvodny (napěťové hladiny, zkratové výkony), transformátory, vedení (typ, délka a proudová zatížitelnost), parametry připojovaného zdroje a souvisejících zdrojů. Na základě těchto parametrů se provedou výpočty před připojením zkoumaného zdroje a po připojení zdroje a výpočty se porovnají. [10]

Změny napětí v distribučních sítích nastávají obecně v důsledku změny výkonů připojených zdrojů, ale i změnou odebíraných výkonů odběratelů elektrické energie. Změny napětí v jednotlivých uzlech ovlivní změnu napětí v ostatních uzlech sítě, proto musí být při výpočtu respektovány ostatní zdroje připojené do sítě. Mohou nastat dva typy přetížení, a to když je síť silně zatížená (větší počet odběrů) s minimálním počtem zdrojů, což vede k nízké hodnotě napětí

nebo síť slabě zatížená (menší počet odběrů), ale s velkým množstvím zdrojů. Tento problém je popsán v PPDS příloha 4. Napětí vyvolané provozem připojených výroben nesmí v nejnepříznivějším případě překročit 2 % pro výrobní v síti VN a 110 kV ve srovnání s napětím bez jejich připojení. [5]

$$\Delta u_{VN,110} \leq 2\% \quad (3.1)$$

V praxi může PDS tyto podmínky změnit, ale pouze dovoluje-li to druh a způsob provozu sítě. [5]

3.6.2 Změny napětí při spínání

Chceme-li spočítat další zpětné vlivy disperzních zdrojů, musíme použít určitá zjednodušení. V praxi je proto možné použít zjednodušené vztahy nebo programy na výpočet těchto zpětných vlivů. Tyto vztahy vychází ze znalosti poměru zdánlivého výkonu připojovaného zdroje a zkratového výkonu ve společném napájecím bodě. [5]

Změna napětí ve společném napájecím bodě (PCC), způsobené připojením (odpojením) výrobní nesmí překročit tyto meze:

$$\Delta u_{\max, VN, 110} \leq 2\% \quad (3.2)$$

Tyto omezení platí jen v tom případě, pokud spínání není častější jak jednou za 1,5 minuty, což je v praxi ve většině případů dodrženo. Tuto změnu napětí při spínání (vypínání) můžeme určit ze zkratového výkonu v místě připojení a zdánlivého výkonu výrobní. [5]

$$\Delta u_{\max, VN, 110} = k_p \cdot \frac{S_{n, zd}}{S_k''} \quad (-; -, VA, VA) \quad (3.3)$$

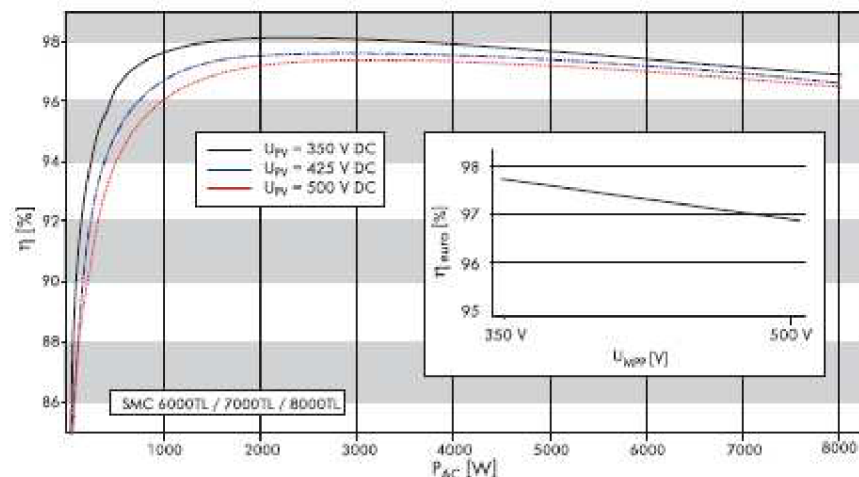
kde k_p je poměr největšího proudu, který se může vyskytnout během spínacího procesu ku jmenovitému proudu výrobní

$S_{n, zd}$ zdánlivý výkon výrobní

S_k'' trojfázový zkratový výkon v místě připojení

[5]

Jednotlivé výrobní způsobují různé změny napětí. Například při řešení fotovoltaických elektráren jde o dodávku přes střídače. Je třeba si uvědomit, že připojení celého výkonu skokově je možné pouze teoreticky, jelikož výstupní výkon se mění dle křivky účinnosti.



Obrázek 3-1 Závislost účinnosti na velikosti dodávaného výkonu u jednotek SMA SMC [13]

Proto při připojení fotovoltaické elektrárny nemůže dojít k výrazným změnám napětí. Při skokovém odpojení fotovoltaické elektrárny už naopak k větším změnám dojít může. Pro určení této změny napětí při odpojení budeme muset znát zkratový výkon a impedanci při zkratu v přípojném bodě. Hodnoty lze zjistit od PDS. Pro odhad této hodnoty napětí vyvolané odpojením v přípojném bodě lze užít vztah, dle [14]

$$d_c = \frac{\Delta S}{S_k'''} \cdot \cos(\alpha - \varphi) \quad (\%; VA, VA) \quad (3.4)$$

kde d_c je relativní změna napětí vyvolaná odpojením v přípojném bodě

ΔS výkon výroby

S_k''' trojfázový zkratový výkon v místě připojení

3.6.3 Dlouhodobý flickr

Většina vyráběných disperzních zdrojů by měla mít ve své technické dokumentaci údaje o dlouhodobém činiteli flickru c . Tento parametr je především závislý na stejnosměrnosti zařízení. Stroje s velkou rotační energií mají malý činitel flickru (turboalternátory, hydrogenerátory). Jako problematické zdroje z hlediska flickru jsou větrné elektrárny bez měničů frekvence a s malým počtem listů. Například fotovoltaické elektrárny se z pohledu činitele flickru řadí mezi zdroje s velmi malým činitelem flickru. [5]

Dle PPDS je potřeba dodržet činitel flickru v místě připojení na této mezní hodnotě:

$$P_{l,NN,VN} \leq 0,46 \quad (3.5)$$

Hodnotu flickru lze opět určit ze zkratového výkonu v místě připojení a zdánlivého výkonu výroby.

$$P_{lt} = c \cdot \frac{S_{n,zd}}{S_k''} \quad (-; -, VA, VA) \quad (3.6)$$

kde c činitel flikru udávaný výrobcem
 $S_{n,zd}$ zdánlivý výkon výroby
 S_k'' trojfázový zkratový výkon v místě připojení

[5]

3.6.4 Proud harmonických

Menší výrobní fotovoltaických elektráren připojených do sítě NN jsou zdrojem harmonických proudů. Zařízení lze bez problému připojit, pokud poměr zdánlivého výkonu výroby k třífázovému zkratovému výkonu je menší než 1/120. Proud třetí harmonické a jejich násobku se sčítají a může docházet k přetěžování středního vodiče.

U výroby VN musí být přípustné napětí emitovaných proudů harmonických menších než 0,2% U_n pro napětí páté harmonické a pro ostatní musí být tato hodnota do 0,1% U_n . V případě překročení těchto limitů je potřeba použít filtrační zařízení nebo připojit výrobu k místu s větším zkratovým výkonem. [5]

Přípustný proud harmonické pro NN:

$$I_{h,NN} = i_h \cdot \frac{S_k'' Z_k}{X_k} \quad (A; A \cdot MVA^{-1}, MVA, \Omega, \Omega) \quad (3.7)$$

kde i_h je vztažný proud pro jednotlivé harmonické
 Z_k hodnota zkratové impedance
 X_k hodnota zkratové reaktance
 S_k'' trojfázový zkratový výkon v místě připojení

Přípustný proud harmonické pro VN:

$$I_{h,VN} = i_h \cdot S_k'' \quad (A; A \cdot MVA^{-1}, MVA) \quad (3.8)$$

kde i_h je vztažný proud pro jednotlivé harmonické
 S_k'' trojfázový zkratový výkon v místě připojení

Pokud je v jednom místě připojení více zdrojů, použijeme následující vztah:

$$I_{h,VN,v} = i_h \cdot S_k'' \cdot \frac{S_{n,zd}}{S_{n,zd,PCC}} \quad (A; A \cdot MVA^{-1}, MVA, MVA, MVA) \quad (3.9)$$

kde i_h je vztažný proud pro jednotlivé harmonické
 S_k'' trojfázový zkratový výkon v místě připojení
 $S_{n,zd}$ zdánlivý výkon výroby
 $S_{n,zd,PCC}$ celkový zdánlivý výkon připojených výroben k PCC

Jelikož se sčítají harmonické proudy jak od odběratelů, tak proudy pocházejících od výroben, je jejich součet dle PPDS dán následovně:

- Harmonické proudy s $h < 11$ se sčítají harmonicky
- Pro neharmonické a s $h > 11$ se celkový harmonický proud sčítá následovně

$$I_{h, VN, y} = \sqrt{\sum_{i=1}^n I_{h,i}^2} \quad (A; A) \quad (3.10)$$

kde $I_{h,i}$ je přípustný proud harmonické

4 VÝPOČET NAPĚŤOVÝCH POMĚRŮ SÍTĚ 22 kV S OHLEDEM NA ZMĚNY V KONFIGURACI SÍTĚ 22 kV

Další část práce má návaznost na předchozí kapitolu s tím, že aplikujeme vybrané pojmy na konkrétní případ z praxe. Jedná se o výpočet chodu sítě 22 kV s předpokládanými disperznímu zdroji pomocí programu E-vlivy.

Nyní přistoupíme k samostatnému modelování konkrétní reálné části distribuční sítě. Tato část DS nebyla vybrána náhodně, nýbrž z důvodů, že je na tuto linku (VN350) připojena bioplynová stanice, u níž je možné pomocí účinníku upravit napěťové poměry v dané lince. Linka je napájena z rozvodny 110/22 kV Uherský Brod. Cílem této simulace bude odlehčit další linkou (VN 395), která je napájena z rozvodny Uhersky Brod a je s námi zvolenou linkou zkrhována. Linka VN 395 bude přetížena velkými odběry a pomocí spínacích operací se tuto linku budeme snažit odlehčit na požadovanou napěťovou změnu danou PPDS (2%).

Na vytipované lince jsou kromě bioplynové stanice také připojeny tři fotovoltaické elektrárny. Bioplynová stanice je připojena do linky VN 350 s celkovým výkonem 536 kW. Fotovoltaické elektrárny připojeny v obci Hluk jsou o výkonech 1,1 MW, 1 MW a 350 kW. Těsně před podpěrným bodem, na kterém je umístěn úsekový odpojovač, je připojena fotovoltaická elektrárna o výkonu 500 kW. Linka VN 350 je zatížena odběry o celkové hodnotě 123 A. Po přepojení sítě by na VN 350 v určitých okamžicích mohlo dojít k přetížení, ale právě zde by měla vypomoci bioplynová stanice regulací jalového výkonu. Zda se nám tato úvaha bude zdát správná, zjistíme v další části práce.

4.1 Technické parametry modelované sítě

Za venkovní sítě jsou považovány sítě provedené převážně jako nadzemní vedení:

- S holými vodiči
- S izolovanými vodiči
- Se závěsnými kabely.

Za venkovní sítě považujeme i takové sítě, kde se vyskytují kabelové úseky, ale převažující části a zejména kmenová vedení jsou provedena jako nadzemní. Venkovní sítě jsou navrhovány a provozovány jako paprskové, kmenové linky je vždy možné napájet z (minimálně) dvou různých směrů. Standardně jsou venkovní sítě budovány s holými vodiči. Izolované vodiče jsou používány tam, kde je potřeba dosáhnout zúžení ochranného pásma, zejména s ohledem na okolní porost.

Závěsné kabely se používají pouze ve výjimečných případech, zpravidla jako náhradní nebo provizorní řešení v případech, kdy není možné uložit kabel do země (např. zahuštění trafostanice v obci).

Úseky vedení ve venkovních sítích dělíme na:

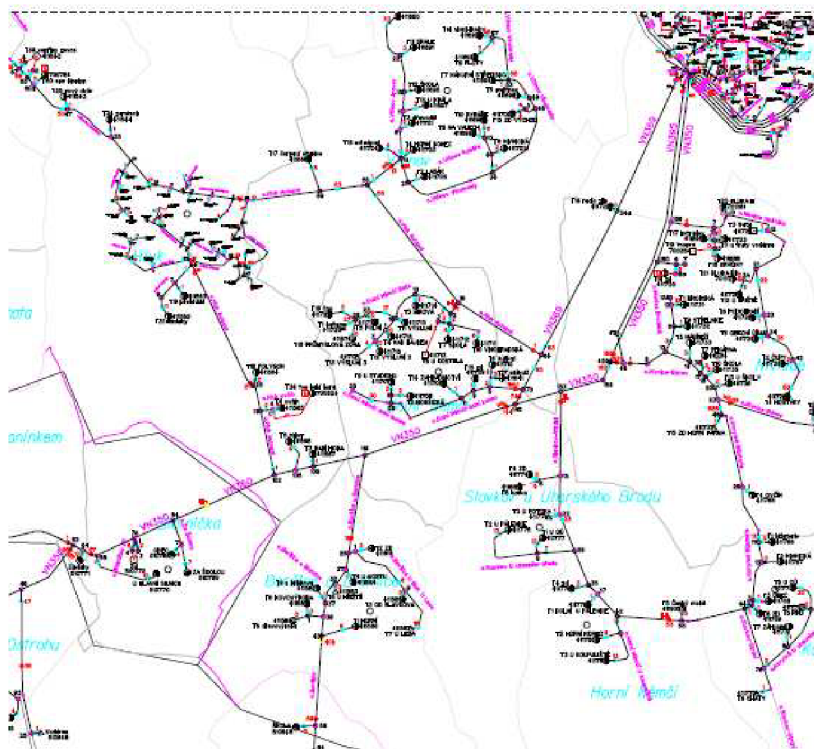
- **Kmenové linky** - kmenová linka je dispečersky pojmenované vedení začínající odbočením od přípojnice v napájecí transformovně a končící na přípojnici v jiné transformovně, spínací stanici nebo na jiné kmenové lince. Kmenová linka je rozdělena na jednotlivé části vřazením vhodného počtu úsečníků. Umístění úsečníků zohledňuje délku a zatížení jednotlivých úseků, počet případně omezených zákazníků, počet připojených odboček (přípojek) a dále místní podmínky mající vliv na poruchovost a tím potřebu manipulací. Pravidla pro umístění úsečníků v kmenových linkách budou ještě dopracována.
- **Propojky** - jsou úseky vedení začínající odbočením od kmenové linky a končící na jiné kmenové lince. 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 (např. při uvolňování rozveden, kalamitách apod.). V místě odbočení od kmenové linky je do odbočky i obou směrů kmenové linky vřazen úsečník. Obdobně jsou vřazovány úsečníky v místě spojení dvou kmenových linek.
- **Odbočky** - jsou úseky začínající odbočením od kmenové linky slouží pro připojení více trafostanic. V případě delších odboček je v místě odbočení od kmenové linky do odbočky vřazen úsečník. Dále jsou již do odboček vřazovány úsečníky pouze výjimečně.
- **Přípojky k trafostanicím** - slouží pro připojení jednotlivých trafostanic.
- **Transformovny 110/22 kV** - jedná se o napájecí body pro síť 22 kV. Podrobný popis řešení těchto stanic je předmětem samostatného dokumentu. Jsou vždy vybaveny vypínači, ochranami a dálkovým přenosem informací a ovládním. U distribučních transformoven se předpokládá v cílovém stavu použití max. dvou transformátorů o výkonu max. 40 MVA. Ve výjimečných případech může být osazen třetí transformátor např. tam, kde je nutno vyčlenit samostatný transformátor pro odběr s velkými výkonovými nároky.

Používané průřezy:

- Kmenové linky - 110 AlFe, 120 SAX-W / ADX-K
- Propojky - 70 AlFe, 120 nebo 70 SAX-W / ADX-K
- Odbočky, přípojky k trafostanicím - 42 AlFe, 35 SAX-W / ADX-K (tam, kde je to nutné z hlediska zkratové odolnosti, tak 70 AlFe či 70 SAX-W / ADX-K).

Při volbě průřezu je nutno zohlednit nejen stávající využití vedení, ale i výhledový stav sítě - tj. i dnešní odbočku je možné navrhnout průřezem 110 AlFe, pokud je reálný předpoklad ji v budoucnu využít jako kmenové nebo propojovací vedení.

Vývody z transformoven venkovním vedením jsou zpravidla navrhovány jako dvojnásobná vedení s tím, že je možné jeden potah ponechat nevyzbrojený jako rezervu pro budoucí nárůst zatížení. V případě, že dochází k souběhu více vývodů z transformovny, jsou tyto vývody řešeny jako kabelové (zejména v zastavěném a zastavitelném území obytných i průmyslových oblastí).



Obrázek 4-1 Schéma sítě z programu TOMS (E.ON)

4.1.1 Parametry prvků sítě

Tabulka 4-1 Napájecí soustava

Název	U [kV]	I_k'' [kA]	S_k'' [MVA]
R 110/22 kV Uh. Brod	110	7,15	1370

Tabulka 4-2 Transformátor 110/23 kV

Název	U_{n1} [kV]	U_{n2} [kV]	S_t [MVA]	P_k [kW]	u_k [%]
T1	110	23	40	238	11

Tabulka 4-3 Parametry venkovních vedení a kabelů

Název	Typ	R_k [Ω .km-1]	X_k [Ω .km-1]	B_k [μ S.km-1]	délka [km]	I_{max} [A]
VN350-KL1	110/22AlFe6	0,259	0,368	1,46	3,431	318
VN350-o.Ni	50AlFe6	0,615	0,396	1,407	0,9	177
VN350-KL2	110/22AlFe6	0,259	0,368	1,46	2,803	318
VN350-o.SS	110/22AlFe6	0,259	0,368	1,46	1,387	318
VN350-o.SI	35AlFe6	0,778	0,389	1,339	0,322	150
VN350-o.S	110/22AlFe6	0,259	0,368	1,46	2,5	318
VN350-o.S.	110/22AlFe6	0,259	0,368	1,46	1	318
VN350-KL3	110/22AlFe6	0,259	0,368	1,46	3,866	318
VN350-o.Bo	70/11AlFe6	0,401	0,381	1,434	2,5	236

VN350-KL4	110/22AlFe6	0,259	0,368	1,46	1,2	318
VN350-o.H1	70AlFe6	0,434	0,391	1,427	0,9	225
VN350.HI	35AlFe6	0,778	0,389	1,339	0,19	150
VN350-o.HL	35AlFe6	0,778	0,389	1,339	0,06	150
VN350-o.H2	70AlFe6	0,434	0,391	1,427	3	225
VN350-o.N1	50AlFe6	0,615	0,396	1,407	1,1	177
VN350-o.N2	42/7AlFe6	0,667	0,421	1,837	0,25	163

Tabulka 4-4 Transformátory 22/0,4 kV

Název	U_{n1} [kV]	U_{n2} [kV]	S_t [MVA]	P_k [kW]	u_k [%]
T2	22	0,4	0,63	6,5	4
T3	22	0,4	0,63	6,5	4
T4	22	0,4	0,4	0,4	4
T5	22	0,4	1	10,5	6
T6	22	0,4	1,6	17	6

Tabulka 4-5 Parametry připojovaných zařízení

Název	U_{n1} [kV]	P [MW]	$\cos\phi$ [-]
BPS	0,4	536	1
FVE-1	0,4	500	1
FVE-2	0,4	350	1
FVE-3	0,4	1000	1
FVE-4	0,4	1100	1

Tabulka 4-6 Parametry připojovaných odběrů

Název	U_{n1} [kV]	I [A]	$\cos\phi$ [-]	P [MW]	Q [kVAr]	S [kVA]
Odb.1	22	32	0,95	1158,4	380,75	1219,36
Odb.2	22	14	0,95	506,8	166,58	533,47
Odb.3	22	11	0,95	398,2	130,88	419,16
Odb.4	22	13	0,95	470,6	154,68	495,37
Odb.5	22	25	0,95	905	297,46	952,63
Odb.6	22	12	0,95	434,4	142,78	457,26
Odb.7	22	16	0,95	579,2	190,37	609,68

4.2 Výpočet chodu sítě

Výpočet chodu sítě je proveden pomocí programu E-vlivy. Program byl vytvořen společností EGC České Budějovice. Výpočet bude proveden pro již připojené zdroje a reálnou část sítě. Tyto výpočty budou později použity společností E.ON Česká republika s.r.o. pro další postupy regulace sítě pomocí bioplynových stanic.

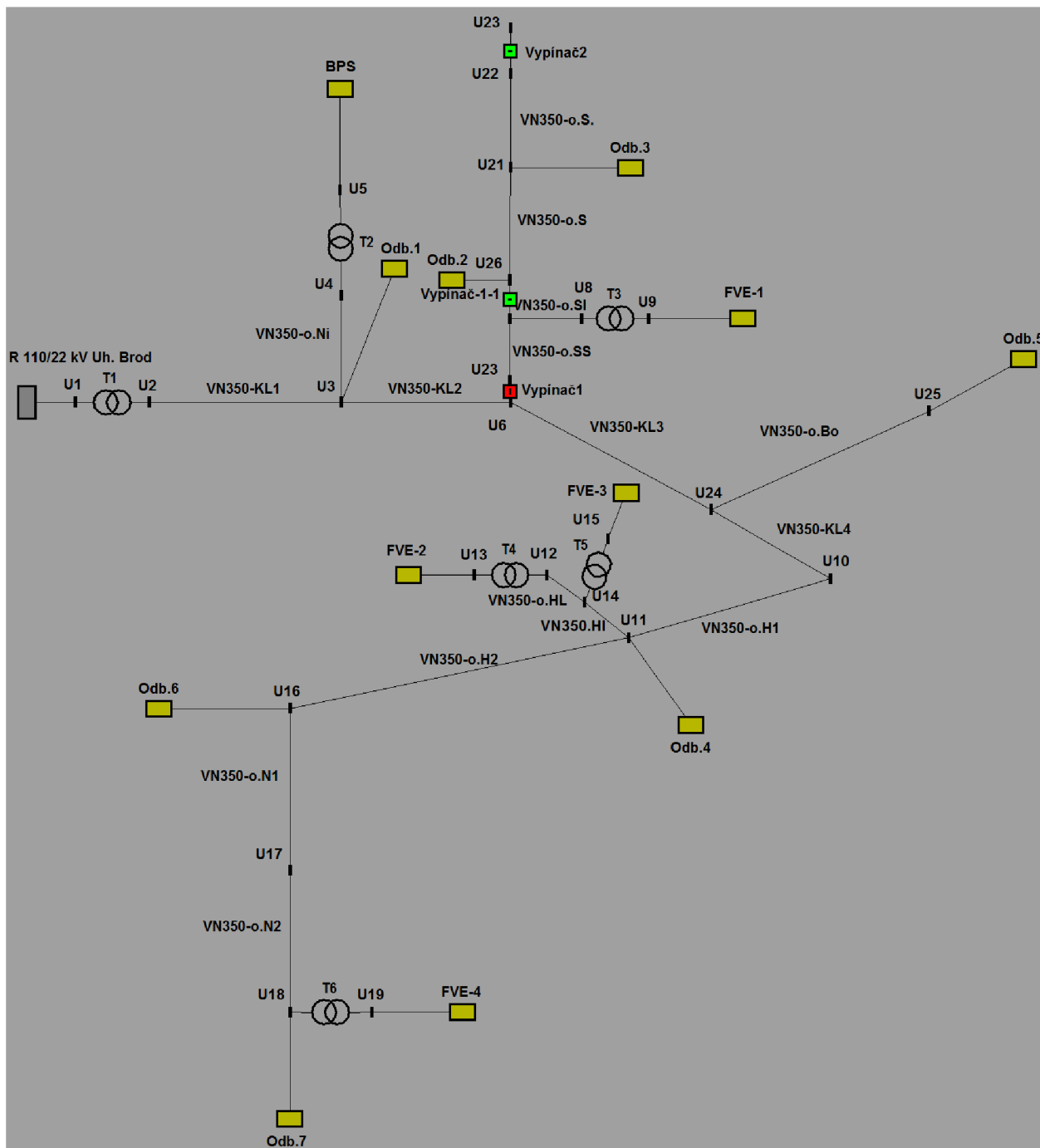
V souladu s obrázkem 4-1, podle níž byl vytvořen náčrt sítě v již zmíněném programu E-vlivy. Toto schéma sítě je naznačeno na obrázku 4-2. V simulované lince VN 350 je v obci Nivnice připojena bioplynová stanice o výkonu 536 kW. Pomocí této bioplynové stanice se pokusíme provést regulaci linky VN 350 při překročení napěťové změny 2% danou dle PPDS. Překročení napěťové změny linky VN 350 nastane z důvodů připojení části linky VN 395. Přepojení linky VN 395 bude provedeno při přetížení linky velkými odběry. Při přepojení se na linku VN 350 připojí nejen část odběrných míst z obce Slavkov, ale také fotovoltaická elektrárna FVE Slavkov o výkonu 500 kW. Po připojení fotovoltaické elektrárny FVE Slavkov nastane překročení napěťové změny 2%.

4.2.1 Výpočet chodu sítě před přepojením

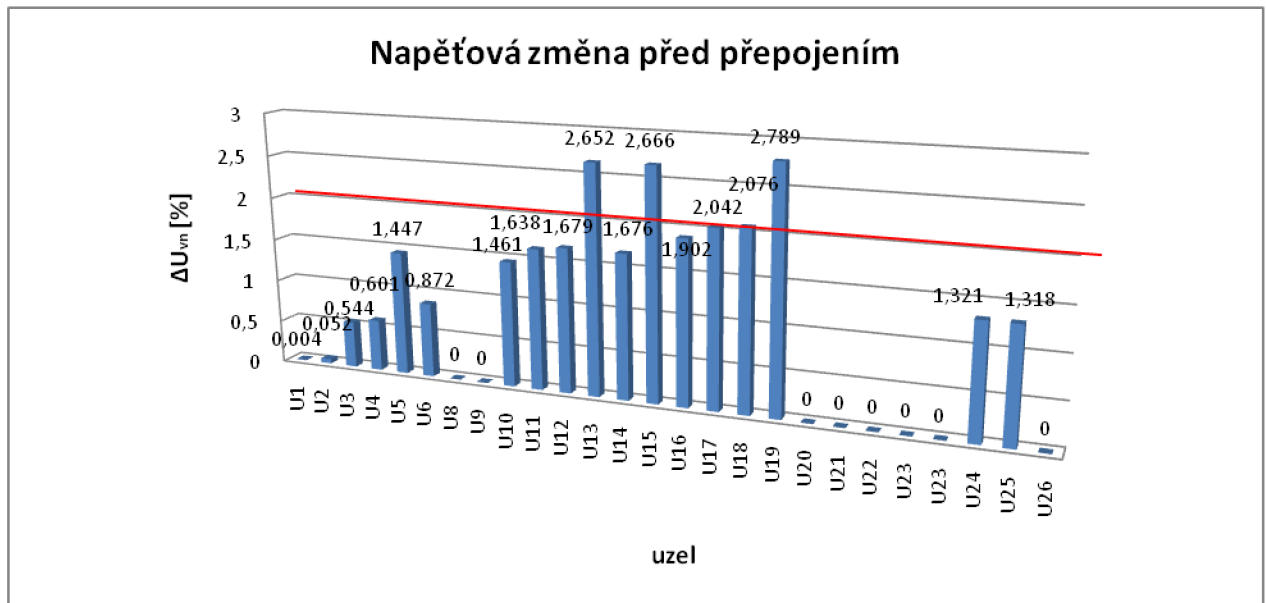
Zvýšení napětí ΔU vyvolané provozem výroben elektřiny připojených k DS nesmí v nejnepříznivějším případě překročit 2% pro výroby s přípojným místem v síti VVN a VN ve srovnání s napětím bez jejich připojení. Pokud je v síti jen jedno přípojně místo, lze tuto podmínku posoudit pomocí poměru výkonu $K_{KI} = S_{kv} / \Sigma S_{AMAX}$, kde S_{kv} je zkratový výkon v přípojném bodě DS a ΣS_{AMAX} je součet maximálních zdánlivých výkonů všech souvisejících výroben. V případě jediného přípojněho bodu v DS bude podmínka pro zvýšení napětí splněna vždy, pokud zkratový poměr výkonu $K_{KI\text{VN}} \geq 50$.

Při posuzování připojitelnosti výroben se vychází z provozu při neutrálním účinníku v předávacím místě do DS, pokud provozovatel DS nestanoví jinak. V technickém návrhu připojení je požadavek na hodnotu účinníku v předávacím místě 1. Výchozím stavem pro výpočet napěťové změny je síť 22 kV bez všech zdrojů. Posuzuje se napěťová změna v místě připojení na distribuční soustavu, v rozvodně 110/22 kV Uh. Brod a v ostatních místech sítě VN.

Nejprve si ověříme výpočet parametrů dané části sítě (VN 350) před připojením části linky VN 395. Výpočet ukáže zatížitelnost dané linky VN 350 a bude možné určit další kroky, aby bylo možné přepojení linky realizovat. Výpočet je proveden dle schématu vytvořeném v programu E-vlivy, v souladu s obrázkem 4-1. Dle schématu zdroj připojený v uzlu U4 přes transformátor T2 je bioplynová stanice o výkonu 536 kW. V uzlu U8, ve schématu označena jako FVE-1, je připojena fotovoltaická elektrárna FVE Slavkov o výkonu 500 kW, která je v základním zapojení připojena na lince VN 350, ale úsekovým odpojovačem přepojena na linku VN 395. FVE Slavkov se pak z důvodů odlehčení linky VN 395 bude přepojovat na linku VN 350. V uzlu U12 (FVE-2) je připojena fotovoltaická elektrárna FVE Hluk o výkonu 350 kW a v uzlu U14 (FVE-3) je připojena fotovoltaická elektrárna FVE Hluk II o výkonu 1000 kW. Posledním zdrojem pracujícím do této linky je fotovoltaická elektrárna FVE Hluk III (FVE-4) o výkonu 1100 kW, která je připojena v uzlu U18. Ostatní parametry použité při výpočtu jsou uvedeny přehledně v tabulkách v kapitole 4.1.1.. Pro naše konkrétní zadání jsou výsledky vypočítané v již zmíněném programu E-vlivy následující:



Obrázek 4-2 Schéma vytvořené v programu E-vlivy



Obrázek 4-3 Napěťové změny linky VN 350 před přepojením

Pohledem do výše uvedeného grafu a tabulky umístěné v příloze A (Tabulka A1) si ověříme, že připojení všech zdrojů do linky VN 350 z pohledu napěťové změny by mělo být v souladu s PPDS, tj. změna napětí nepřekročí hodnotu 2%. Tato napěťová změna nesmí překročit zadanou hodnotu v místě připojení zdroje, tj. vždy v uzlu před transformátorem 22/0,4 kV daného zdroje. V našem výpočtu vidíme, že v uzlu U17 a U18 dojde k překročení této hodnoty o 0,042%, resp. o 0,076%. Toto překročení hodnoty napěťové změny v místě připojení může být způsobené metodou výpočtu (výpočtovým programem) nezávislého zpracovatele studie připojitelnosti, která byla vyžádána distribuční společností (E.ON Česká republika s.r.o.). Pro samotný chod sítě toto překročení změny napětí nemá vliv z hlediska její bezpečnosti, protože výpočty jsou prováděny pro nejhorší možný stav, který může v síti nastat, tj. pro stav, kdy do části DS pracují jen samotné zdroje a odběry nejsou uvažovány (chod naprázdno).

Z hlediska dalších vlivů ovlivnění distribuční sítě můžeme vyslovit názor, že zdroje nijak více její funkci z hlediska bezpečnosti provozu neovlivňují. Napětí v uzlech sítě jsou překročené hodnoty pouze v místech za přípojným bodem zdroje, tj. za transformátorem 22/0,4 kV, nebo v místě rozpojení, tj. za úsekovým odpojovačem (tato síť není zahrnutá do výpočtu). Tyto odchylky jsou označeny červeně a tabulka je umístěna v příloze A (Tabulka A2).

Regulace provozního účinníku u současně použitých střídačů není možná, proto pro dosažení neutrálního účinníku v předávacím místě musí být použito kompenzační zařízení. Byly použity kompenzační zařízení následujících velikostí: BPS Slavkov o velikosti 12,5kVAr, FVE-1 Slavkov o velikosti 12,5 kVAr, FVE-2 Hluk o velikosti 8,75 kVAr, FVE-3 Hluk II o velikosti 25 kVAr, FVE-4 Hluk III o velikosti 26 kVAr.

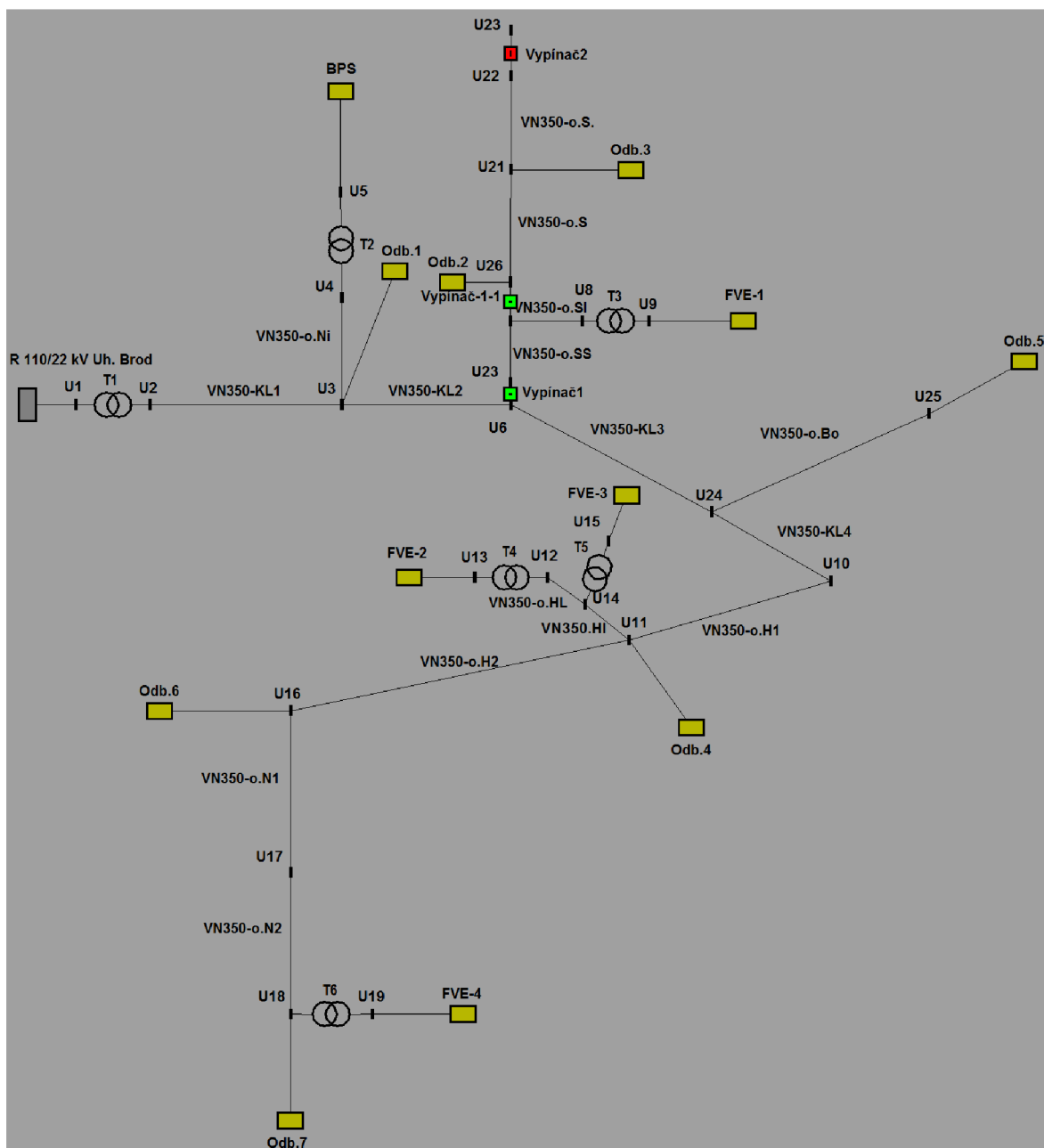
U fotovoltaického zařízení připojeného přes střídače se nepředpokládá výraznější příspěvek k úrovni flikru.

Fotovoltaický systém je připojen k síti přes střídače, proto nemá vliv na útlum signálu HDO. Před uvedením do provozu bude nezbytné ověřit dopad kompenzačního zařízení a instalovaných filtrů u střídačů na úroveň signálu HDO. Norma PNE 33 3430 – 6 připouští pro výrobní zařízení připojovaná do sítí VN a 110 kV snížení úrovně signálu HDO maximálně o 5% za předpokladu,

že bude dodržena jeho minimální přípustná úroveň podle tab.1 této normy. Pro frekvence do 350 Hz jsou minimální úrovně pro VN 190% U_f a pro 110 kV 200% U_f , kde U_f je náběhové napětí přijímače, které obvykle bývá 0,8 – 0,9 % U_n . V případě překročení stanovených limitů bude nezbytné instalovat zařízení pro snížení útlumu signálu HDO. Tuto otázku je nutné projednat s PDS, protože parametry hradících členů podléhají schválení příslušného útvaru PDS. Dle provedeného výpočtu v programu E-vlivy nikde nedochází k překročení požadovaného rozsahu útlumu HDO (viz. Příloha A- Tabulka A6), ale jak již bylo uvedeno, tento výpočet musí být podložen měřením před uvedením výroby do provozu. Vypočtené hodnoty jsou pro přehlednost umístěny v Příloze A.

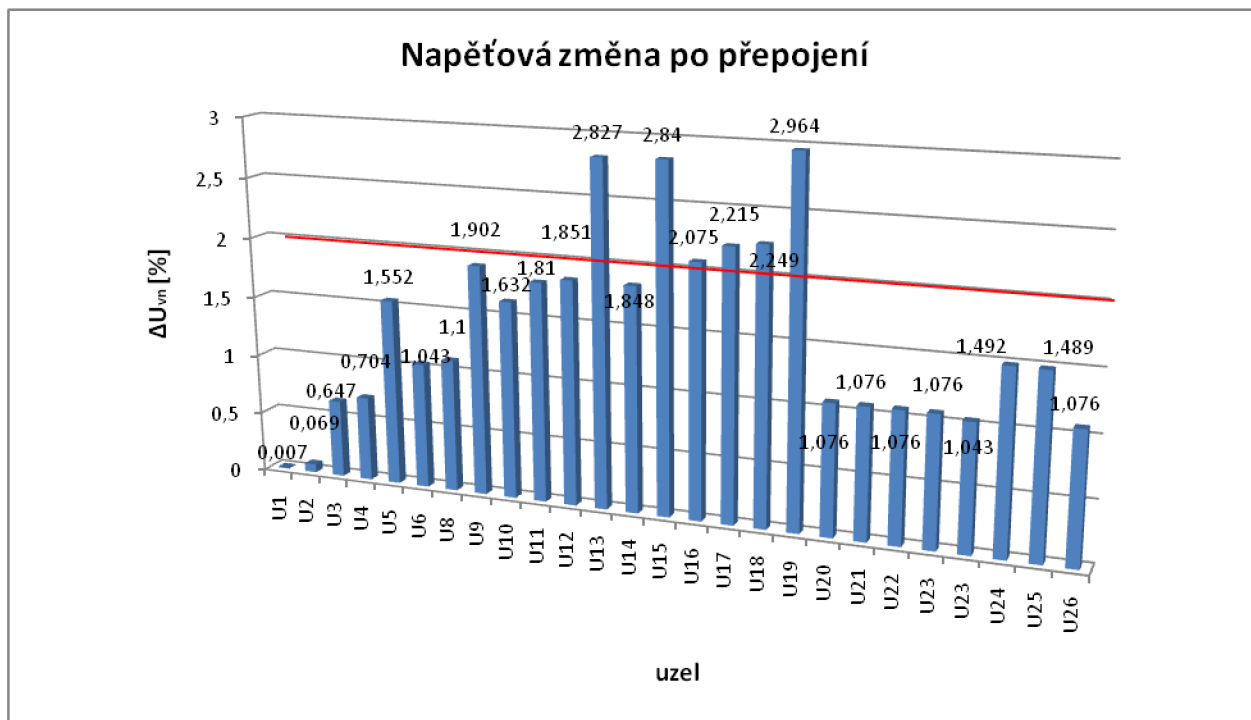
4.2.2 Výpočet chodu sítě po přepojení

Nyní se zaměříme na variantu přepojení části linky VN 350, která je již v základním stavu napájena z linky VN 395 a od linky VN 350 je odpojována pomocí vodorovného úsekového odpojovače. Přepojení nastane v okamžiku, kdy je linka VN 395 příliš přetížena. Provedenou změnou konfigurace sítě se také změní napěťové a ostatní poměry v lince VN 350. Proto nyní opět provedeme výpočet chodu sítě po přepojení části DS. Schéma je následující:



Obrázek 4-4 Schéma vytvořené v programu E-vlivy po přepojení

Tento provozní stav nastane zapnutím úsekového odpojovače (Vypínač 1) v uzlu U 6 a vypnutím úsekového odpojovače (Vypínač 2) v uzlu U 22.



Obrázek 4-5 Napěťové změny linky VN 350 po přepojení

Po provedení výpočtu napěťové změny vidíme překročení povolené hodnoty 2% dané PPDS ve třech místech sítě. Překročení nastane v uzlu U 16 (2,075%), uzlu U 17 (2,215%) a uzlu U 18 (2,249%). Toto překročení už není zanedbatelné jako v případě prvního výpočtu způsobené rozdílnou metodou výpočtu, ale dochází k překročení napěťové změny, které už je z hlediska bezpečného a bezporuchového stavu nepřijatelné.

Provedeme další výpočty potřebné k bezpečnému chodu sítě 22 kV.

Z výpočtů jejichž výsledky jsou umístěny v Příloze B, je patrné, že napětí v uzlech nepřekračuje dovolenou hodnotu požadovanou PPDS, tj. ve všech uzlech kromě uzlů za transformátory vyroben 22/0,4 kV Tyto odchylky jsou opět označeny červeně.

Již také bylo uvedeno, fotovoltaický systém ani bioplynová stanice nemají vliv na útlum HDO. Toto tvrzení musí být ověřeno před uvedením do provozu měření. Dle předběžných výpočtů ani po přepojení nedojde k překročení povolené hodnoty 5% danou PPDS.

Z provedených výpočtů chodu sítě po přepojení je patrné, že takto síť provozovat nelze a to z důvodů zvýšení změny napětí více jak o 2%.

Tabulky provedených výpočtů chodu sítě jsou pro přehlednost uvedeny v příloze B.

4.3 Návrhy opatření bezpečného chodu sítě při změně její konfigurace

Při změně konfigurace byla dle provedených výpočtů změna napětí větší jak 2% (hodnota dána PPDS). Proto je potřeba navrhnout možné způsoby řešení pro snížení této hodnoty změny napětí na maximální hodnotu danou PPDS:

- Regulace napětí distribuční sítě pomocí účinnku bioplynové stanice (jalovým výkonem)
- Rekonstrukce vedení (posílení vedení)
- Zvětšení zkratového výkonu v rozvodně, tj. posílení vedení 110 kV, nebo výměna transformátorů 110/22 kV za výkonnější.

4.3.1. Regulace napětí distribuční sítě pomocí účinnku BPS

Přenos jalového výkonu způsobuje pokles změny napětí v síti. Chceme-li se vyhnout úbytku napětí, musíme se vyhnout přenosu jalového výkonu z jednoho místa sítě do druhého. Potřebný jalový výkon je potřeba přímo vyrobit v místě spotřeby, tedy v našem případě v bioplynové stanici, která výrobu jalového výkonu umožňuje. Požadujeme-li stálou hodnotu úbytku napětí mezi dvěma místy v síti, lze vypočítat hodnotu jalového výkonu vyrobeného z BPS.

$$\Delta U = X \cdot \frac{Q_2}{U_2} \quad (V; \Omega, kVAr, kV) \quad (4.11)$$

kde ΔU	je změna napětí
X	hodnota impedance vedení
Q_2	hodnota jalového výkonu
U_2	napětí v místě napojení zdroje na DS

Z této rovnice 4.11 si pak vyjádříme hodnotu jalového výkonu, kterou žádají uvedené podmínky. Tedy pak regulovaná výroba jalového výkonu v místě napojení zdroje do DS bude:

$$Q_2 = \frac{U_2 \cdot \Delta U_z}{X} \quad (kVAr; kV, kV, \Omega) \quad (4.12)$$

kde ΔU_z	je žádaná změna napětí
X	hodnota impedance vedení
Q_2	hodnota jalového výkonu
U_2	napětí v místě napojení zdroje na DS

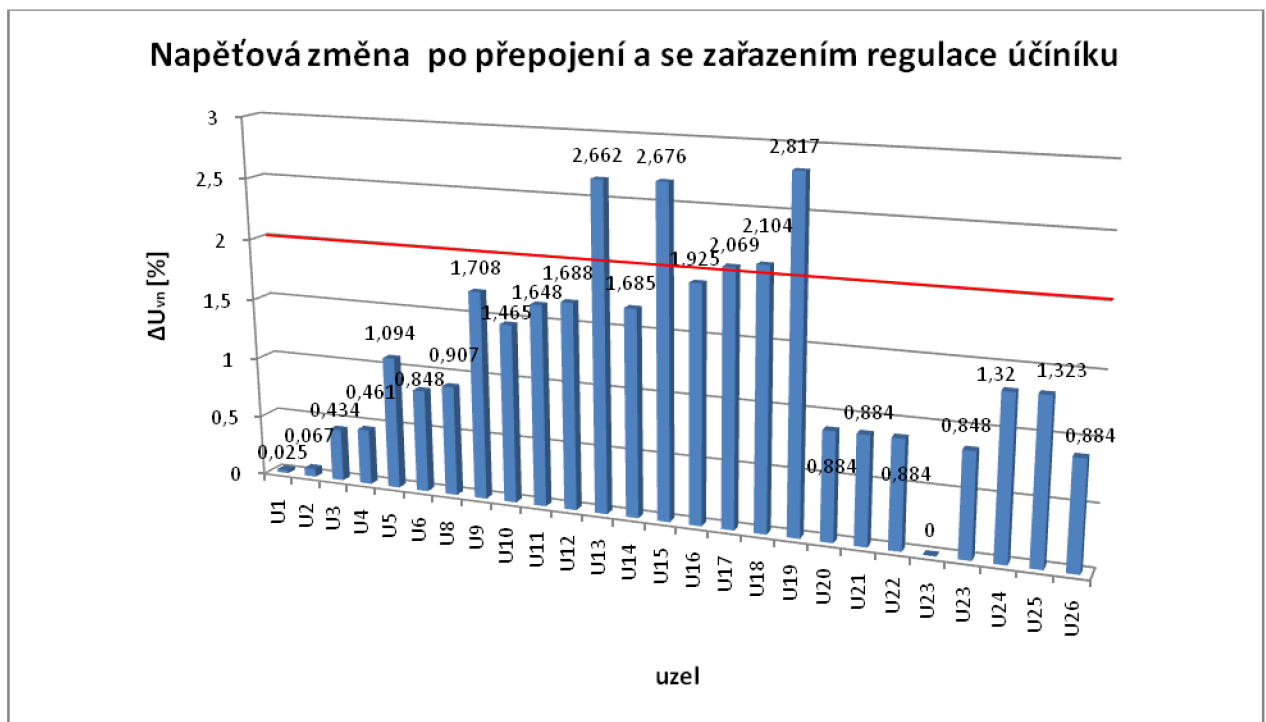
[10]

Výrobu jalového výkonu můžeme uskutečňovat změnou buzení synchronního stroje. Toto buzení stroje je ovlivněno několika faktory, jako jsou např. maximální dovolený proud statoru, výkon stroje, mez budícího proudu a omezení statickou stabilitou.

Bioplynová stanice v námi zvolené části DS má výkon 526 kW. DO BPS byla zvolena kogenerační jednotka TEDOM Quanto D580 SP BIO NOC. Kogenerační jednotky TEDOM řady Quanto se řadí mezi stroje středních a vyšších výkonů, v nichž jsou použity průmyslové plynové motory. KJ TEDOM Quanto D580 je uspořádána v kontejnerové skříni pro venkovní provedení. Obsahuje prostor, ve kterém je umístěno soustrojí motor-generátor na základovém rámu, tepelné zařízení jednotky a prostor pro elektrické rozváděče. KJ je určena pro spalování bioplynu daných parametřů, v provedení se synchronním generátorem pro paralelní provoz se sítí o napětí 400V, 50Hz, pro teplovodní okruhy 90/70 °C. K pohonu jednotky je použitý plynový spalovací motor TCG 2016 V12 Bio, výrobek firmy Deutz. Zdrojem elektrické energie je dvouložiskový synchronní generátor Marelli M8B 400 LA 4 o výkonu 960 kW a v provozu s účinnkem v rozsahu $\cos \varphi = 0.8$ až 1, s napětím 0,4 kV a frekvencí 50 Hz. Nyní přejdeme k praktické simulaci regulace napětí pomocí programu E-vlivy.

4.3.2. Simulace regulace napětí pomocí účinnku (jalovým výkonem) bioplynové stanice

Pomocí regulace účinnku (jalového výkonu) bychom měli nepovolenou změnu napětí vzniklou po přepojení sítě, viz. schéma na Obrázku 4.4, snížit. Zda dojde ke snížení napěťové změny na 2% danou PPDS se ukáže po provedení výpočtu. Pokud by k požadované napěťové změně nedošlo, museli bychom přejít k dalším způsobům řešení vedoucích ke snížení napěťové změny.



Obrázek 4-6 Napěťová změna na lince VN 350 po přepojení a se zařazením regulace účinnku

Po zařazení regulace účinníku (jalovým výkonem) bioplynové stanice je z grafu a tabulky C-1 patrné, že došlo ke zlepšení změny napětí (srovnání s tabulkou B-1) v nejzatíženějším místě sítě, tj. v uzlu U18 (před FVE-4), ale stále se nepodařilo snížit napěťovou změnu pod hodnotu 2% požadovanou PPDS. Proto bude na místě zamyslet se nad dalšími kroky vedoucími ke snížení změny napětí na požadovanou hodnotu. Další změnou by mohla být rekonstrukce části vedení, čímž by mělo dojít ke zlepšení napěťových poměrů sítě.

Ostatní provedené výpočty chodu sítě neměly vliv na spolehlivost provozu a tabulky jsou pro přehlednost uvedeny v příloze C.

4.3.3 Rekonstrukce části vedení

Jelikož předchozí úvaha nevedla k potřebnému snížení napěťové změny, musíme pokračovat v dalších myšlenkách, jak docílit kýženého výsledku. Jako další možnost ke snížení napěťové změny byla zvolena rekonstrukce části vedení, a to z důvodů posloupnosti úprav na nákladech s tím spojených. Je potřeba se zamyslet nad tím, který úsek bude pro rekonstrukci nejvhodnější, aby došlo k potřebnému snížení změny napětí a zároveň se také musíme zamyslet nad efektivností stavby.

Rozsáhlejší obnova stávajících sítí je vždy prováděna na základě zpracované studie dané napájecí oblasti. V rámci této studie je vždy nutno vyhodnotit, zda stávající rozsah sítí (zejména kmenových linek, příp. kabelových vývodů) není nadbytečný, neboť v minulosti došlo (nebo v blízké budoucnosti dojde) v dané oblasti k výstavbě další napájecí transformovny nebo došlo k výrazným změnám na straně velkých odběratelů ze sítě VN. Pokud tomu opravdu tak je, bude nutné na to ve zpracovávané studii příslušným způsobem reagovat.

Obdobně při návrhu nových kmenových vedení nebo kabelových propojů je třeba vždy zvážit, zda v dané lokalitě není zamýšlena do budoucna výstavba nové transformovny, po jejímž zprovoznění by tato vedení pozbyla smysl. Zde je vždy třeba technicky a ekonomicky zvážit, kdy výstavbou dalších vedení odsunout realizaci nové transformovny, a kdy naopak urychlit realizaci nové transformovny.

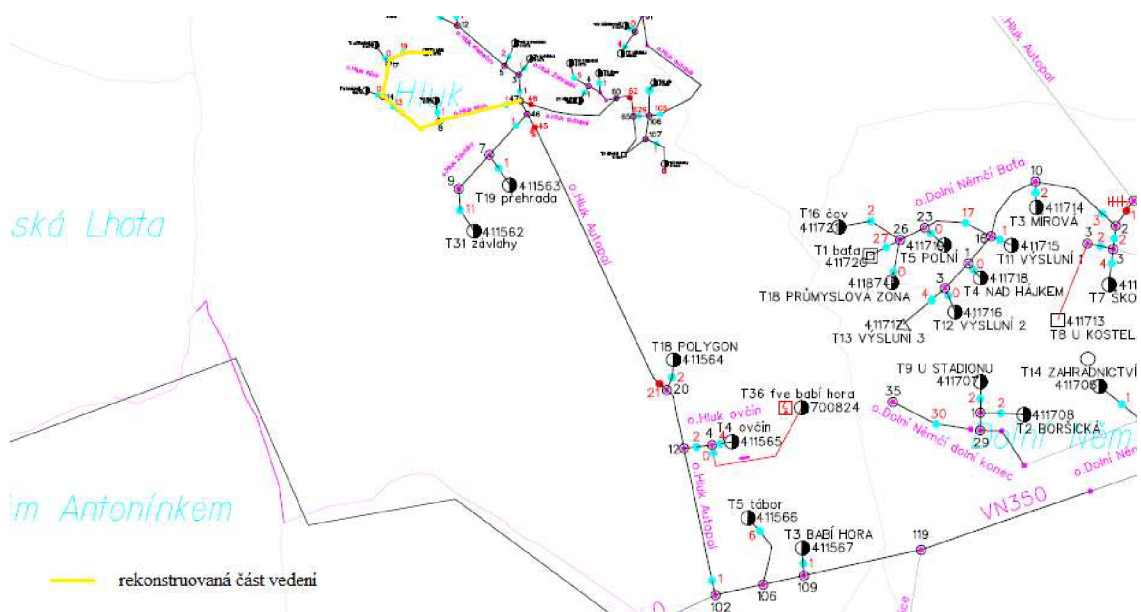
Na kmenovém vedení je pověšeno lano 110/22 AlFe 6 a rekonstrukce na větší průřez by z hlediska efektivnosti byla zbytečná. Proto se musíme zaměřit na jinou část vedení. Jako nejvhodnější se nám jeví rekonstrukce vedení na konci linky mezi úseky U16 a U18. Za nejvhodnější je považována z několika důvodů. Vedení na konci linky je slabého průřezu (50 AlFe 6 a 42/7 AlFe 6) a v úseku U16 až U18 je napěťová změna větší jak 2%, posílením vedení bychom mohli tuto nedovolenou změnu odstranit. Jako vhodnou náhradu za rekonstruované vedení mezi úseky U16 a U18 bychom zvolili lano 70/11 AlFe 6. Zda nám tato rekonstrukce umožní snížit napěťovou změnu na požadovanou hodnotu, se dozvíme po simulaci.

Investice na rekonstrukci části vedení by byla vyvolána z důvodů překročení napěťové změny při přepojení linek při přetížení jedné z nich. Stávající venkovní vedení 22 kV VN 350 odbočka Hluk Niob byla vybudována (dle podkladů GIS) v roce 1980 vodiči AlFe 3x42/7 a AIFE 3x50 na dřevěných stožárech s průraznými izolátory. V roce 2001 byla provedena významnější částečná rekonstrukce (několik málo podpěrných bodů bylo vyměněno za betonové) a výměna

vodičů, vodiče jsou AlFe 3x42/7 a AlFe 3x50. Na některých podpěrných bodech technický stav odpovídá datu základní výstavby, patky jsou vyhnuté, uvolněné odrezlé spoje, dřevo je zasaženo postupující hnilobou. Délka úseku mezi b.č. 1 a p.b.č. 18 je cca 1350 m. Mechanický stav podpěrných bodů a vodičů ještě splňuje příslušnou normu ČSN 333301 a PNE 348210. Současně je dodržena PNE 33 0000-1. Celkový stav zařízení tedy splňuje podmínky pro držitele licence pro distribuci elektrické energie, které stanovuje zákon 458/2000 Sb., ve znění pozdějších předpisů. Ale z důvodů nevyhovění napěťové změny v době krátkodobého přepojení sítě by byla možnost rekonstrukci provést dříve. Pro schválení samotné realizace musí být proveden výpočet efektivnosti stavby a vynaložených investic budoucího provozu sítě. Z výše uvedených důvodů by bylo vhodné nyní přistoupit ke komplexní rekonstrukci této odbočky 22kV.

Odbočka vedení 22 kV Hluk Niob VN 350 bude v rozsahu od p.b.č. 1 po p.b.č. 18 zrekonstruována – stávající dřevěné podpěrné body se vymění za betonové podpěrné body s konzolou „Pařát“ a vodiči AlFe70. U stávajících betonových podpěrných bodů se prozkoumá jejich mechanický stav a bude-li jejich stav špatný, provede se výměna i těchto betonových podpěrných bodů. Na vedení je dále jeden podpěrný bod rohový a tři podpěrné body odbočné, u těchto podpěrných bodů se prozkoumá jejich mechanický stav a prověří se, zda vyhovují z hlediska mechanického namáhání. Pokud bude vyhovující, pak tyto podpěrné body není nutné měnit.

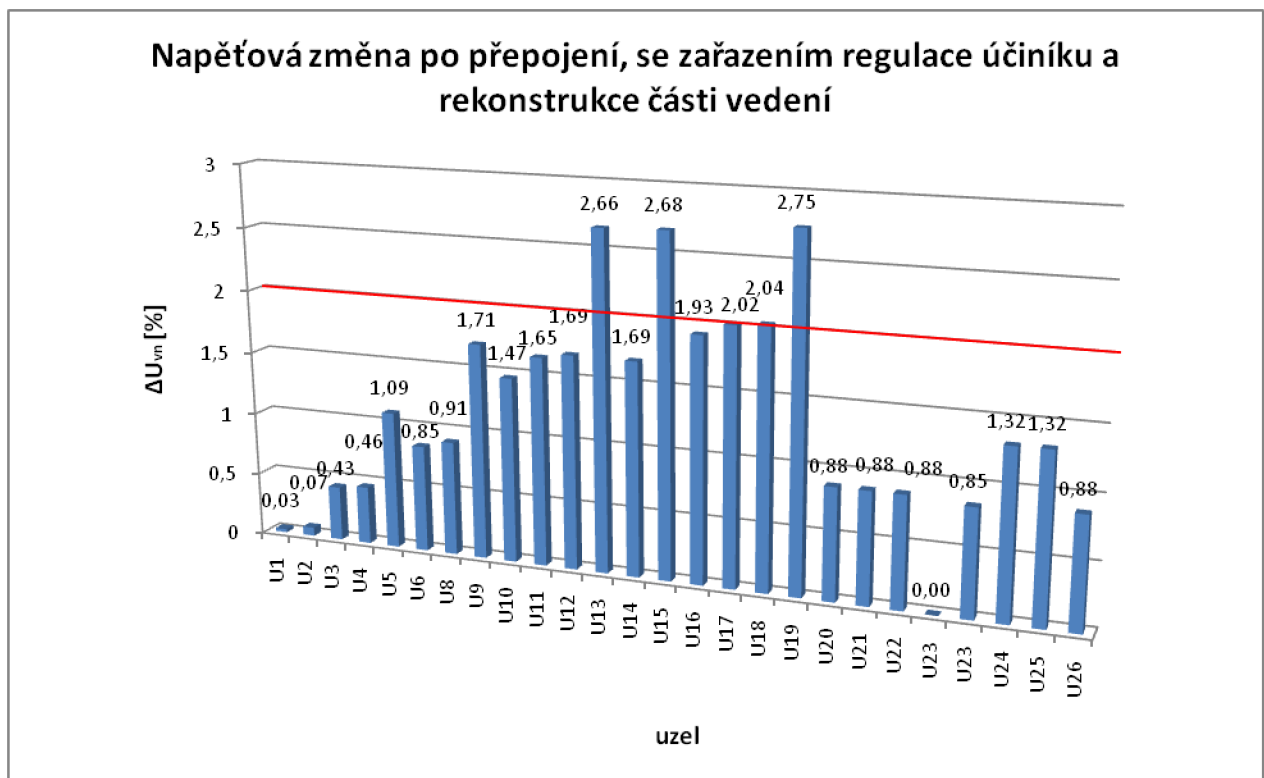
Délka rekonstruované trasy je cca 1350 metrů, jsou v ní vřazeny čtyři úsekové odpojovače, které byly rekonstruovány v roce 2001, proto není nutné tento podpěrný bod s úsekovými odpojovači měnit.



Obrázek 4-7 Rekonstruované vedení

Tabulka 4-7 Parametry vedení po rekonstrukci

Název	Typ	Rk [Ω .km-1]	Xk [Ω .km-1]	Bk [μ S.km-1]	délka [km]	I _{max} [A]
VN350-KL1	110/22AlFe6	0,259	0,368	1,46	3,431	318
VN350-o.Ni	50AlFe6	0,615	0,396	1,407	0,9	177
VN350-KL2	110/22AlFe6	0,259	0,368	1,46	2,803	318
VN350-o.SS	110/22AlFe6	0,259	0,368	1,46	1,387	318
VN350-o.SI	35AlFe6	0,778	0,389	1,339	0,322	150
VN350-o.S	110/22AlFe6	0,259	0,368	1,46	2,5	318
VN350-o.S.	110/22AlFe6	0,259	0,368	1,46	1	318
VN350-KL3	110/22AlFe6	0,259	0,368	1,46	3,866	318
VN350-o.Bo	70/11AlFe6	0,401	0,381	1,434	2,5	236
VN350-KL4	110/22AlFe6	0,259	0,368	1,46	1,2	318
VN350-o.H1	70AlFe6	0,434	0,391	1,427	0,9	225
VN350.HI	35AlFe6	0,778	0,389	1,339	0,19	150
VN350-o.HL	35AlFe6	0,778	0,389	1,339	0,06	150
VN350-o.H2	70AlFe6	0,434	0,391	1,427	3	225
VN350-o.N1	70/11AlFe6	0,401	0,381	1,434	1,1	236
VN350-o.N2	70/11AlFe6	0,401	0,381	1,434	0,25	236



Obrázek 4-8 Napěťová změna na lince VN 350 po přepojení, se zařazením regulace účiníku a rekonstrukce části vedení

Z výše uvedeného grafu a tabulky D-1 je patrné, že v uzlech U17 a U18 stále dochází k nepatrnému zvýšení napěťové změny. Ale z provozního hlediska je tato hodnota zanedbatelná, když uvážíme myšlenku, že síť nebude takto provozována po celou dobu, ale jen ve stavech, kdy

linka VN 395 bude přetížena. Takže z hlediska napěťové změny jsme dospěli k pozitivním výsledkům. Nyní se na danou problematiku zkusíme podívat z hlediska efektivnosti stavby, tj. z hlediska finančního.

Nejprve je nutné se zaměřit na stáří vedení, jelikož každé zařízení VN má stanovenou určitou dobu životnosti.

Ostatní provedené výpočty chodu sítě neměly vliv na spolehlivost provozu a tabulky jsou pro přehlednost uvedeny v příloze D.

Tabulka 4-8 Doba životnosti zařízení [16]

Druh zařízení	Doba životnosti (roky)
Transformátory VVN	35
Tlumivky a odporníky VVN	35
VVN Technologie VN	30
Vstupní rozvodny VN	30
Venkovní vedení VN	45
Kabelové vedení VN	40
Energetické stavby	50
Telekomunikace	30
ŘSO	10
DŘT	10
HDO	10
Měření	15

4.3.3.1 Náklady na investici rekonstrukce části vedení

Abychom mohli odpovědět na otázku, zda bude vhodné provést rekonstrukci vedení dříve, než je plánováno, provedeme výpočet a hodnocení ekonomické rentability rekonstrukce vedení. Pro ekonomické zhodnocení efektivnosti projektu existuje mnoho metod. Dělí se na statické a dynamické (Metoda čisté současné hodnoty, Vnitřní výnosové procento a index ziskovosti).

Kromě zjištění technických parametrů sítě bude dalším krokem investiční zhodnocení rekonstrukce vedení. Rozeberme si nyní možnou výši jednotlivých položek. Uvedené ceny jsou vyčísleny s DPH a jsou odhadnuty dle průměrných cen v roce 2010, dle kterých se řídí techničtí pracovníci ve společnosti E.ON. Pro přesnost plánovaných nákladů na stavbu byly vypočítány v informačním systému E.ON. Plánovaná rekonstrukce byla konzultována s technickým pracovníkem společnosti E.ON.

Investičními náklady rozumíme všechny jednorázové výdaje, jenž souvisí s rekonstrukcí vedení.

Tabulka 4-9 Měrné náklady na rekonstrukci vedení

Položka	množství	Cena za jednotku	cena
	Ks	Kč	Kč
Demontáž venkovního vedení VN 10% (Ceny u staveb nad 250 tis. Kč.)	1350 KC	58	78300
Inflace (vystavba potrvá 4 roky= 4.3%)	1	130000	130000
Podpěrný bod pro odbočení (2x bet. Sloup do 12/15, konz. Pařát II DB, odbočný žebřík 4st)	3	63000	189000
Podpěrný bod rohový (2x bet. Sloup do 12/15, konz. Pařát II R28, žebřík 4st)	1	66000	66000
Vypínání	1	15000	15000
Venkovní vedení VN 3x AlFe 70/11-1- betonový stožár	1350 m	372	502 200
Cena PD	1	85917	85917
Územní řízení a Stavební povolení včetně nabytí právní moci	1	10500	10500
Poplatky	1	10000	10000
Revize	1	12000	12000
Geodetické zaměření	1	50000	50000
Náklady na ekologickou likvidaci demontovaného materiálu	1	100000	100000
Náhrady škod, věcná břemena, smluvní pokuty, rekultivace	1	50000	50000
celková cena		1298917	

Dalšími náklady kromě měrných nákladů na stavbu jsou koeficientní náklady, které se procentuálně odvíjí od celkové ceny měrných nákladů.

Tabulka 4-10 Koeficientní náklady

Náklady	Koeficient	Cena
GZS	0,04	48520
Rezerva	0,1	121300
Interní náklady	0,06	72780

Tabulka 4-11 Celkové plánované náklady na rekonstrukci vedení

Náklady	Cena
	Kč
Měrné náklady	1 298 917
Koeficientní náklady	242 600
celkové náklady	1 541 517

Rekonstruovaná část sítě je zatížena odběry o výkonu 432 kW. Meziroční nárůst zatížení budeme počítat 2%. Ekonomická efektivnost (požadavek na maximálně efektivní vynakládání investičních nákladů) je důležitým kritériem pro schválení zadání staveb, pro rekonstrukci zařízení a jiné vynaložené náklady. Efektivnost stavby bychom provedli pomocí programu, který

byl vytvořen a je aktualizován útvarem Technický Controlling. Je přizpůsoben pro výpočet běžných staveb na hladině NN, VN tak, aby pokrýval co nejvíce staveb. Tento výpočetní model pracuje na principu diskontování peněžních toků (cash-flow) vyvolaných hodnocenou investicí a je nutné zadat všechny investiční a provozní náklady, které během hodnoceného období vzniknou. Na straně nákladů je celková výše investic, provozní náklady obnovovaného nebo nově budovaného zařízení a případně mimořádné náklady. Na straně tržeb je součet poplatků za připojení uhrazených zákazníkem, tržby za distribuci a případně mimořádné tržby (prodej šrotu, úspory atd.). Z toho vyplývá, že strana nákladů je poměrně přesně určitelná, ale strana výnosů je silně závislá na odhadu budoucí prodané elektrické energie.

Výsledkem výpočtů je tedy současná hodnota cash flow, jež se skládá z čisté současné hodnoty, vnitřního výnosového procenta a diskontované doby návratnosti. Čistá současná hodnota (NPV) představuje diskontovaný součet toku hotovosti za hodnocené období. Je rovna součtu diskontovaných hodnot běžných příjmů a výdajů s pořizovacími náklady k okamžiku hodnocení. Pokud je čistá současná hodnota k okamžiku hodnocení kladná, má projekt smysl. [19]

Vnitřní výnosové procento (IRR) je hodnota vnitřní úrokové míry. Vnitřní výnosové procento umožňuje posoudit efektivnost hodnocené investice ve srovnání s požadovanou mírou výnosnosti vlastních prostředků. Vnitřní výnosové procento musí být vyšší, než požadovaná míra výnosnosti vlastních prostředků, potom má projekt smysl. [19]

Diskontovaná doba návratnosti odpovídá období, kdy převáží tvorba finančních zdrojů nad jejich čerpáním. [19]

Údaje o investici specifické pro každou stavbu:

- Investiční náklady
- Zůstatková hodnota původního majetku
- Provozní náklady
- Stávající příkon
- Napěťová hladina
- Podíl odběratele na investici
- Doba výstavby.

[19]

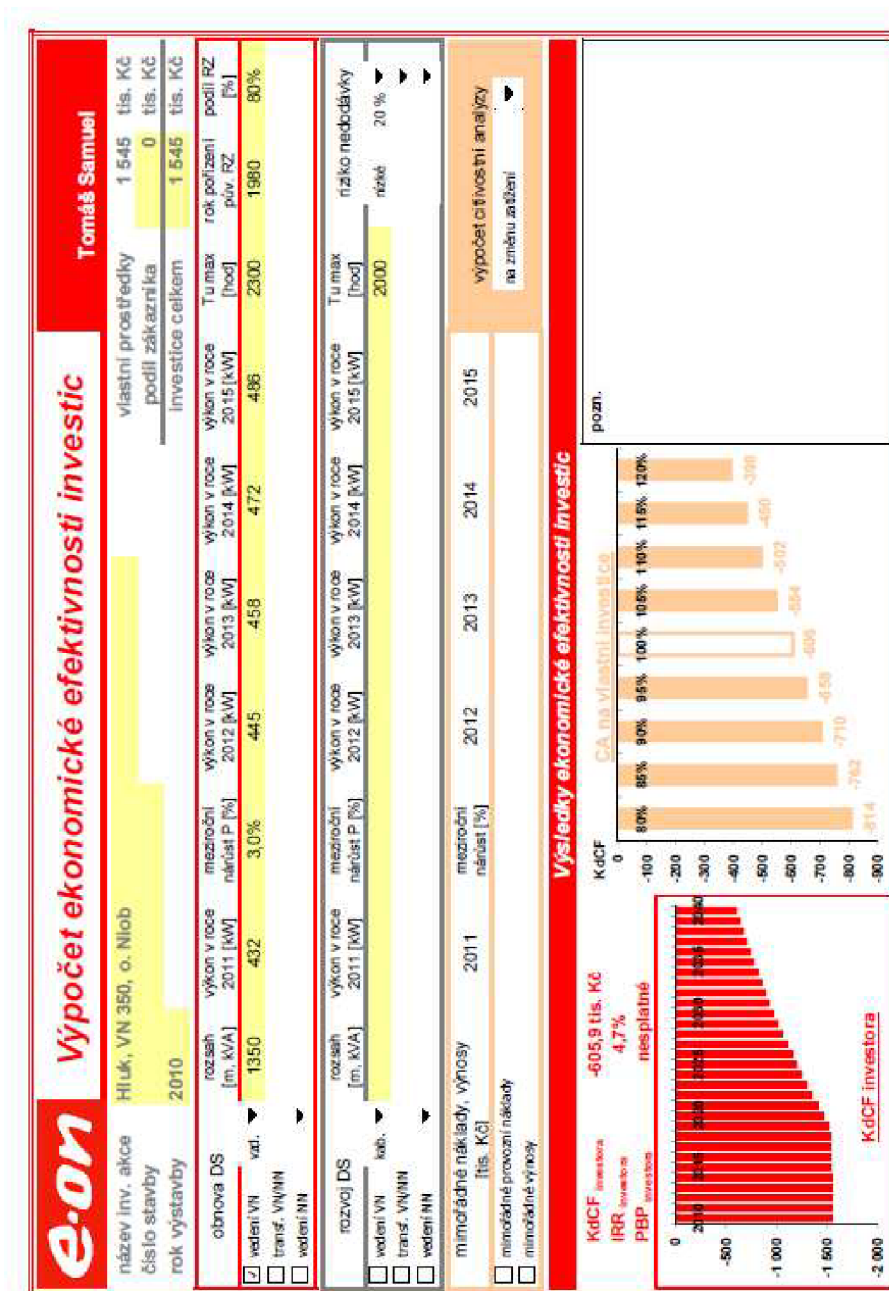
Všeobecné údaje, jež je neměnný a s nimi program počítá:

- Kapitálové náklady
- Sazba daně z příjmů
- Doba hodnocení investice (odpovídá průměrné době životnosti majetku v oblasti energetiky, tzn. 30 let)
- Inflační prostředí (vychází z Eskalačního faktoru dle hodnot ERÚ)
- Diskontní sazba

- Ceník tarifů za distribuci elektrické energie
- Doba životnosti zařízení.

[19]

Program na výpočet efektivnosti byl vytvořen společností E.ON Česká republika, útvaru Controlling a má zjednodušit práci techniků při provádění zadání staveb, protože výpočet výnosů za prodej elektrické energie by byl poměrně náročný a složitý. Z těchto důvodů byl použit právě výpočetní program společnosti E.ON, který byl vytvořen v programu Microsoft Excel. Provedený výpočet efektivnosti nám ukázal, že rekonstrukce vedení odbočky Hluk Niob nebude z pohledu efektivnosti stavbou výnosnou. Kumulovaný diskontní cash flow, což je v podstatě rozdíl peněžních příjmů a peněžních výdajů v jednotlivých letech, byl spočítán na částku -605 900 Kč. Samozřejmě o rekonstrukci odbočky se musí rozhodnout při jednání s lidmi kompetentními o této stavbě rozhodovat.



Obrázek 4-9 Výpočet ekonomické efektivity investic

5 ROZVOJ ENERGETIKY - PLÁNOVANÉ KONCEPTY

S přibývajícím nárůstem spotřeby elektrické energie a v současné době i decentralizované výroby je třeba neustále hledat nová řešení rozvoje energetiky. Jednou z možností rozvoje je vývoj konceptu Smart Grids. Ke vzniku konceptu Smart Grids vedly různé analýzy historie rozvoje energetiky, jako je potřeba neustále zvyšující rezervy ve výrobě elektrické energie, otevření trhu s elektrickou energií, rozdělení klíčových činností v oblasti výroby, distribuce a prodej elektrické energie, tlak na zvyšování podílu výroby z OZE, zvýšení objemu decentralizované výroby, eliminace náhodných mimořádných poruch a požadavky na nové systémové a podpůrné složky.

Projekt Smart Grids je tedy odpovědí na komplexně posuzovaný stav rozvoje energetiky a zabývá se operativním řízením provozu energetické sítě a jeho krátkodobým i dlouhodobým plánováním, rozvojem včetně projektování, výstavby a údržby. Pojem Smart Grids lze tedy definovat jako elektrickou síť, která umí sofistikovaně integrovat veškeré funkce všech připojených zařízení tak, aby byla zajištěna efektivní, ekonomická a bezpečná dodávka elektrické energie. Klíčovým zájmem velkých distribučních společností v EU je důsledek eliminace rozsáhlého připojování OZE do sítě a dopadu jejich provozu na stabilitu sítě v úrovni distribuce a přenosu. Tento koncept rozvoje energetiky je podporován nejen z úrovně národní, ale také z úrovně EU:

- Legislativní rámec předpisů a směrnic pro energetiku
- Podpora ze strukturálních fondů a rámcových programů
- Vytváření kritérií, jež musí splnit členské země.

Jedním z příkladů je uvedení inteligentních měřících systémů (Smart Metering), které podpoří objektivní účast spotřebitelů na trhu s dodávkou elektrické energie. Smart Metering umožňuje nejen monitorovat spotřebu elektrické energie, ale současně by měl také umožňovat flexibilní využití fluktuující (nestálé) dodávky energie z OZE.

Koncept Smart Grids se zabývá:

- Regulací spotřeby (dynamické a selektivní řízení spotřeby vybraných spotřebičů, regulace spotřeby s využitím domácí automatizace, spolupráce se zařízeními decentralizované výroby)
- Distribuovanou výrobou (efektivní řízení rozsáhlého počtu jednotek výroby, možností lokální akumulace- např. nabíjení elektromobilů)
- Mikroregiony (systém lokálního řízení)
- Zásobníky elektrické energie (krátkodobá akumulace, nepřímé zásobníky=chemické principy, přímé zásobníky=budoucnost je supravodivost při pokojové teplotě, ukládání elektrické energie a její přeměnu v jiné formy energie).

Jednou z dalších možností je provozování "virtuálních elektráren", neboli spolupráce výroben s odlišnými parametry, kdy zdroj s nevyhovujícími parametry bude kompenzován

v odpovídajícím čase jiným zdrojem, který tyto nevyhovující parametry pokryje. Jednou z možností je spolupráce fotovoltaických, či větrných elektráren s bioplynovými stanicemi, nebo malými vodními elektrárnami. Vzájemná spolupráce bude řešena prostřednictvím vzájemné vazby mezi všemi zdroji spadajícími pod jednu virtuální elektrárnu. Z hlediska dopadu provozu budou všechny zdroje posuzovány jako jeden celek, samozřejmě se zohledněním elektrické vzdálenosti svých připojení.

Dalším možným zlepšením parametrů sítě, konkrétně jde o napětí sítě, kde by mohlo využít doplnění sítě kompenzací s vloženou regulací napětí.

Koncept Smart Grids tedy představuje komplexní řešení problematiky monitorování, řízení, chránění a automatizace v DS.

6 ZÁVĚR

Výroba elektrické energie z disperzních zdrojů je moderní téma, které řeší všechny vyspělejší státy nejen v Evropě, ale na celém světě. Můžeme říct, že v našich zeměpisných šířkách se jako nejvýhodnější zdroj energie jeví využití štěpné řetězové reakce, která se snad již brzy dostane do popředí zdrojů sloužících k výrobě elektrické energie. Než tato situace nastane, budeme se muset spolehnout na zdroje využívající vodu, vítr, slunce a biomasu. Cílem této práce bylo popsat tyto zdroje, co se týká připojení do DS a vyjádření se k některým dalším technickým problémům, které jsou spjaté s připojováním k DS.

Z ekonomického hlediska je největším problémem těchto zdrojů to, že elektřina z OZE, a to hlavně z fotovoltaických elektráren, kde je cenová politika nastavena nejpříznivěji, bude mít vždy vyšší cenu, než je cena tržní. A to samozřejmě znamená, že tato cena je dotována všemi účastníky trhu s elektrickou energií, což pocítujeme plošně ve fakturách za elektrickou energii. Ale problém dotace výroby elektrické energie z OZE není jediným vážným problémem, co se týče účastníků trhu s elektrickou energií, ale další vážný problém nastane až se začnou projevovat technické problémy, které v extrému mohou vést až k omezení dodávek elektrické energie zákazníkům. Tato omezení nastanou v případě, kdy DS nebude schopna přenášet výkony, a to hlavně z FVE, nebude schopna tuto energii přetransformovat a bude docházet k přetokům do vyšších napěťových úrovní.

První část práce se zabývá myšlenkou umístění disperzních do krajinného rázu. Tato problematika sebou přináší několik dalších souvisejících, spojených zvláště s požadavky při jejich umístění a zásady při jejich začlenění do krajinného rázu a to vše v souladu s platnými zákony a vyhláškami České republiky. Všechna tato kritéria jsou zhodnocena pro každý disperzní zdroj zvláště, jelikož jejich jednotlivé požadavky jak na umístění, tak na ostatní problematiku s tím související jsou od sebe odlišná. Tato problematika sebou přináší další aspekty, jimiž je také připojení disperzních zdrojů k distribuční soustavě.

V další části se zabýváme připojením disperzních zdrojů do sítě DS z hlediska technických podmínek a požadavků PDS. Je zde komplexní řešení připojení výroby k DS jak z hlediska přílohy 4 Pravidel provozování distribuční soustavy, jež byla vytvořena a upravována odborníky z řad provozovatelů, ale také obecných požadavků společnosti E.ON Česká republika, která může rozsah podmínek připojení výroby do sítě DS měnit v závislosti na připojovaném zdroji či oblasti, do které se připojení zvažuje. Obsahem této kapitoly se tedy řeší připojení výroby od samotného přihlašovacího řízení až k předání projektové dokumentace a předání podkladů k zahájení zkušebního provozu výroby. Součástí podkladu potřebných k řešení připojení výroby do sítě DS je nutnost dodržení podmínek pro připojení jako je výše napěťové změny vyvolané trvalým provozem zdroje, změna napětí vyvolána manipulacemi, dlouhodobý flickr a úrovně vyšších harmonických proudů emitovaných do sítě DS. Přičemž mez dovoleného ovlivnění napětí, tedy to, jak se změní napětí v uzlech sítě před a po připojení nového zdroje je nejčastějším důvodem záporně vyřízených žádostí o připojení výroby k DS. Tuto změnu určujeme na základě výpočtu ustálených stavů. Výpočet je v praxi proveditelný převážně výpočtovými programy. Tyto výpočtové programy pracují na základě iteračních metod, přičemž k nejrozšířenějším patří Gauss-Seidlova a Newtonova metoda. Chceme-li však orientačně určit

další zpětné vlivy disperzních zdrojů na DS, je nutné zavést zjednodušující předpoklady. Lze to provést pomocí jednoduchých vztahů, jejichž metodika výpočtu je obsahem příslušné části PPDS. Tyto jednoduché vztahy vychází ze znalosti poměru zdánlivého výkonu připojovaného zdroje a zkratového výkonu ve společném napájecím bodě (PCC).

Další část práce má návaznost na předchozí kapitolu s tím, že aplikujeme vybrané pojmy na konkrétní případ z praxe. Jedná se o výpočet chodu sítě 22 kV s předpokládanými disperzními zdroji pomocí programu E-vlivy. Pro výpočet bylo nejprve nutné od provozovatele distribuční sítě E.ON Česká republika s.r.o. (zadavatele diplomové práce) získat zjednodušené schéma a další parametry nutné k výpočtu. Tyto potřebné informace bylo nutné vyhledat v informačním systému (TOMS). Protože je řešení této problematiky ručním výpočtem časově a obsahově náročné a v dnešní době simulačních programů i zbytečné, byl použit výpočtový program E-vlivy, jež techničtí pracovníci společnosti E.ON při připojování disperzních zdrojů běžně používají. Výpočetní metody aplikované v programu E-Vlivy vycházejí z norem ČSN IEC 1000-2-2, ČSN EN 61000-3-2, ČSN EN 50160 a souboru norem PNE 33 3430. Výpočet chodu sítě je založen na metodě uzlových napětí a principu superpozice. Ze vstupních dat parametrů prvků sítě pro základní harmonickou se v programu nejprve vytvoří jednodólový matematický model sítě. Síť je podle metody uzlových napětí popsána soustavou lineárních rovnic s komplexními koeficienty. K jejímu řešení je v programu použita Gaussova eliminační metoda. Výpočet byl proveden na lince VN 350, která se nachází v oblasti napájené z rozvodny 110/22 kV Uherský Brod. K této lince v základním stavu paralelně pracují čtyři zdroje a to jedna bioplynová stanice a čtyři fotovoltaické elektrárny o celkovém výkonu 2 986 kW. Výpočet se bude provádět jako reálný, tudíž bude nutné uvažovat i odběry elektrické energie, které jsou na lince o celkové hodnotě 123 A (3320 kW). Provedený výpočet chodu sítě v programu E-vlivy potvrdil, že v základním zapojení je síť schopná přenášet výkony zapojené do zvolené linky VN 350. I když dle našeho výpočtu v uzlu U 17 a U 18 došlo k nepatrnému zvýšení napětí (cca o 0,076%), které může být způsobeno rozdílnou metodou výpočtu nezávislých zpracovatelů studií připojitelnosti. Výsledná zvýšená napětí je z pohledu bezpečného provozování DS zanedbatelná a nevede k žádnému ohrožení stability chodu sítě.

Po výpočtu chodu sítě v základním zapojení přistoupíme k řešení, které nastane při přetížení linky VN 395. Je rovněž napájena z rozvodny 110/22 kV Uherský Brod. Přetížení nastane z důvodů velkého množství odběrů připojených na tuto linku. Obecně lze ale říci, že přepojení linky může nastat i z důvodů přetížení zdrojů, pracujících paralelně k síti, či nutnosti rekonstrukce linky, nebo z důvodů poruchy či výpadku na lince. Přepojením linky nastane stav, který nám umožní připojení části odbočky Slavkov. Tímto přepojením na linku VN 350 připojíme odběry o velikosti 11 A, což odpovídá téměř 300 kW, ale také paralelně pracující fotovoltaické elektrárny FVE Slavkov o výkonu 500 kW. Výpočet byl opět proveden v programu E-vlivy. Podle předpokladů, kterých jsme se před přepojením obávali, se staly skutečností a nastala napěťová změna vyšší než 2%, která je povolena PPDS, a to v uzlech sítě U 16 (2,075%), U 17 (2,215%) a U 18 (2,249%). Proto je nutné najít opatření, pomocí kterých bychom změnu napětí dostali na požadovanou hodnotu.

Metody zvolené ke snížení hodnoty změny napětí byly voleny poslopně podle nákladů potřebných pro úpravu parametrů sítě. Jako první metoda a dle nákladu PDS nejméně náročnou metodou je regulace účinníku (jalového výkonu) pomocí točivých strojů. V našem případě je tímto zdrojem bioplynová stanice, která výrobu jalového výkonu umožňuje změnou buzení

synchronního stroje. Synchronní stroj pracuje s účinníkem v rozsahu $\cos \varphi = 0,8-1$. Provedeným výpočtem se nám podařilo hodnoty napěťové změny snížit. Dovolíme si i konstatovat, že snížení změny napětí bylo poměrně velké (cca o 0,15%), ale bohužel se nepodařilo napěťovou změnu snížit na hodnotu povolenou PPDS. V uzlu U 17 byla napěťová změna 2,069% a v uzlu U 18 2,104%. Musíme si ale uvědomit, že bioplynová stanice je jen o výkonu 536 kW. Zde tato diplomová práce může vést k zamyšlení zákonodárců, kteří mají na starosti podporu obnovitelných zdrojů a vést k větší podpoře výkupních cen právě bioplynových stanic před fotovoltaickými elektrárnami. Tyto FVE většinou dynamickou podporu sítě neumožňují. Naopak BPS tuto podporu umožňují a mohou pomoci i k větší zaměstnanosti obyvatel v některých obcích a zároveň vedou ke zlepšení ekonomické situace účastněných zemědělských družstev, které mohou být na pokraji krachu. Nebo je nutné alespoň upravit legislativu, aby i fotovoltaické elektrárny tuto dynamickou podporu sítě umožňovaly a dalo se jimi regulovat napětí sítě.

Jednou z dalších metod, kterou lze využít pro snížení napěťové změny je posílení (rekonstrukce) částí vedení. Nejprve bylo nutné se zaměřit, kterou část linky VN 350 budeme rekonstruovat. Po zvážení technického stavu a parametrů jednotlivých částí sítě bylo rozhodnuto o rekonstrukci koncové odbočky Hluk Niob a to v celé její délce. K návrhu rekonstrukce se přistoupilo z důvodů, že na této odbočce jsou některé podpěrné body téměř třicet let a blíží se doba konce jejich životnosti. Rekonstrukce obnášela výměnu původních dřevěných stožárů s průraznými izolátory a vodiči AlFe 3x42/7 a AlFe 3x50 za betonové podpěrné body s konzolou typu „Pařát“ a vodiči AlFe70. U stávajících betonových podpěrných bodů, které byly rekonstruovány v roce 2001, se prozkoumá jejich mechanický stav, a pokud by byl jejich stav špatný, provedla by se výměna i těchto betonových podpěrných bodů. V předběžném výpočtu měrných nákladů na rekonstrukci je počítáno s kompletní rekonstrukcí odbočky. Bylo také nutné provést výpočet chodu sítě, zda by provedená rekonstrukce vedla k výsledku snížení napěťové změny na požadovanou hodnotu. Provedený výpočet potvrdil naši domněnku, že by provedená rekonstrukce měla vést k požadovanému výsledku, i když s malou odchylkou v uzlu U 17 a U 18, kde byla napěťová změna vyšší cca 0,04% je výpočet proveden na stav, který bude provozován jen ve výjimečných stavech a provozovatel má právo provoz sítě v některých případech upravit, ale samozřejmě jen za podmínek, že nebude zhoršená kvalita elektrické energie dodávané zákazníkům. Bylo také nutné spočítat náklady na provedení rekonstrukce, jež se vyšplhala na hodnotu 1 541 517 Kč. Jelikož realizace rekonstrukce podléhá schválení odpovědných vedoucích, bylo nutné provést finanční zhodnocení stavby, tj. efektivnost stavby. Provedený výpočet efektivnosti nám ukázal, že rekonstrukce vedení odbočky Hluk Niob nebude z pohledu efektivnosti stavbou výnosnou. Kumulovaný diskontní cash flow, jež je v podstatě rozdíl peněžních příjmů a peněžních výdajů v jednotlivých letech, byl spočítán na zápornou částku 605 900 Kč. Proto o rekonstrukci stavby budou muset rozhodnout kompetentní pracovníci.

Poslední metodou, která by vedla ke snížení napěťové změny je zvýšení zkratového výkonu, ale úpravy takového rázu jsou velmi investičně nákladné, proto je při výpočtech neuvažujeme, ale pouze se o této metodě zmiňujeme. Všechny tyto metody jsou dlouhodobého rázu. Za krátkodobé úpravy můžeme považovat částečné odepínání zdrojů (např. 0%, 30%, 60% a 90%), nebo regulace účinníkem jak u bioplynových stanic, tak u fotovoltaických zdrojů. Převážná většina fotovoltaických výroben se střídači s dynamickou podporou sítě při realizaci nepočítá.

Závěr diplomové práce je zaměřen na rozvoj energetiky a vývoj konceptu Smart Grids. Koncept Smart Grids se zaměřuje na komplexní posouzení stavu rozvoje energetiky a zabývá se

operativním řízení provozu energetické sítě. Koncept lze tedy definovat jako elektrickou síť, jež sofistikovaně integruje veškeré funkce všech připojených zařízení pro zajištění efektivní, ekonomické a bezpečné dodávky elektrické energie.

Tato diplomová práce by měla vést i k zamyšlení nad vysokými výkupními cenami elektrické energie vyrobené z fotovoltaických elektráren a více podporovat výroby s točivými zdroji. Právě vysoká výkupní cena z fotovoltaických elektráren a klesající cena za technologie vede k nadměrnému zájmu investorů k budování fotovoltaických zdrojů. Tento neúnosný nárůst fotovoltaických výroben v budoucnu pocítíme nejen s problémy plynoucími s provozem distribučních a přenosových sítí, ale pocítíme to i z ekonomického hlediska plošně v každé faktuře, v neustále se zvyšující částce za podporu obnovitelných zdrojů. Proto bych závěrem navrhl pár rad ohledně zlepšení legislativních podmínek pro podporu výroben s točivými stroji. Jednou z těchto rad by byla vyšší výkupní cena právě těchto výroben a zároveň snížení výkupních cen u fotovoltaických zdrojů. S tímto návrhem by korespondoval další návrh a to, že na lince by vždy zůstala volná kapacita právě pro připojení výroby s točivými stroji a jak bylo doposud zvykem, nestávalo se, že by kapacita byla vybrána fotovoltaickými zdroji a bioplynové stanice se zamítaly z důvodů nedostatku kapacity.

Protože se práce zabývá velmi zajímavou a v praktických aplikacích často řešenou tématikou, konzultoval jsem ji s řadou odborníků z praxe. S problematikou připojování disperzních zdrojů k DS jsem konzultoval s panem Ing. Liborem Bráblíkem, jež zároveň tuto práci vedl, Ing. Vladimírem Kolářem, Ing. Zbyškem Hrubým a Ing. Martinem Hroudným z útvaru Rozvoj VN, NN Brno, společnosti E.ON Česká republika s.r.o.. S otázkou regulace napětí pomocí účinníku jsem byl seznámen panem Ing. Petrem Kolářkem ze společnosti E.ON Česká republika s.r.o.. S otázkou regulace účinníku bioplynových stanic jsem byl seznámen s Ing. Radkem Plačkem, zástupcem ředitele pro provoz ve společnosti TTS energo s.r.o..

Ve své budoucí kariéře bych se chtěl celou problematikou uvedenou v této diplomové práci hlouběji zabývat i po ukončení studia. Budu velmi rád, když mé teoretické znalosti ze studia na VŠ a z mé krátké praktické zkušenosti ze zaměstnání u společnosti E.ON budu moci uplatnit v mém budoucím životě.

7 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] Mastný, P.: Přednášky z předmětu Malé zdroje energie. VUT 2007. Brno. Dostupné z: http://www.ueen.feec.vutbr.cz/~mastny/vyuka/mmze/prednasky/05_pr.pdf
- [2] LIBRA MARTIN. Solární energie, Praha:ČZU 2005
- [3] Krieg, B.: Elektřina ze Slunce – solární technika v teorii a praxi. Ostrava. Hell. 1993.
- [4] Ministerstvo pro místní rozvoj, Ústav územního rozvoje, Stavby a zařízení pro výrobu energie z vybraných obnovitelných zdrojů, metodický pokyn jejich umístování, 2008
- [5] Příloha 4 PPDS: Pravidla pro paralelní provoz zdrojů se sítí provozovatele distribuční soustavy
- [6] Připojování fotovoltaických zdrojů do sítí NN a VN. Konference ČK CIRED 2009. Praha 2009.
- [7] Internetové stránky Energetického regulačního úřadu. Dostupné z: www.eru.cz
- [8] Gabriel, P., Čihák, F.: Malé vodní elektrárny. Praha 1998.
- [9] Pospíšil, J.: Vybrané problémy z připojování fotovoltaických systémů do sítě VN. Konference CIRED 2008. Tábor 2008.
- [10] Haluzík, E.: Řízení provozu elektrizačních soustav. VUT v Brně. Editační středisko VUT 1983.
- [11] Podklady společnosti E.ON Distribuce, a.s.
- [12] EGU Brno a.s.: Připojování OZE do ES ČR, Brno 2010. Studie
- [13] Technická dokumentace střídače SMA, SMC 6000TL/7000TL/8000TL. Dostupné z: <http://www.solaranlagen.de/images/PDF/SMA/sma%20smc%206000tl.pdf>
- [14] Podniková norma energetiky pro rozvod elektrické energie. Výpočetní hodnocení zpětných vlivů odběratelů a zdrojů distribučních soustav PNE 33 3430-0
- [15] ECZR - Správa sítě – Mezera David, ECZR - Rozvoj VVN, VN a NN Č.B. - Mikuláš Ladislav, Prováděcí pokyn E.ON Česká republika, s.r.o.,Koncepce sítě 22 kV, České Budějovice 1.10.2008
- [16] *Zákon 586/1992 Sb., o daních z příjmu, České národní rady ze dne 20. Listopadu 1992.* [cit. 2007-09-12]. Dostupné z URL <http://www.finance.cz/zpravy-soubor/zakony_o_danich_z_prijmu.doc>
- [17] Chmela Michal, Ekonomika a řízení, VUT Brno, Editační středisko VUT 2007
- [18] Michal Baloun, Ing. František Kysnar, Ing. Ondřej Stašek, Manuál programu E-vlivy verze 2.0.0, vydané EGC-EnerGoConsult České Budějovice 2004
- [19] Controllingové systémy, Mikyšková Martina, Hodnocení efektivnosti investic, E.ON Česká republika 2006

Příloha A Výpočet chodu sítě před přepojením

Tabulka A 1 Napěťové změny linky VN 350 před přepojením

Uzel	ΔU_{vn} před [%]	ΔU_{vn} po [%]	rozdíl
U1	-4,433	-4,437	0,004
U2	-8,768	-8,819	0,052
U3	-7,745	-8,29	0,544
U4	-7,745	-8,346	0,601
U5	-7,745	-9,192	1,447
U6	-7,187	-8,059	0,872
U8	100	100	0
U9	100	100	0
U10	-6,271	-7,732	1,461
U11	-6,107	-7,745	1,638
U12	-6,107	-7,786	1,679
U13	-6,107	-8,759	2,652
U14	-6,107	-7,783	1,676
U15	-6,107	-8,773	2,666
U16	-5,734	-7,637	1,902
U17	-5,631	-7,672	2,042
U18	-5,605	-7,681	2,076
U19	-5,605	-8,395	2,789
U20	100	100	0
U21	100	100	0
U22	100	100	0
U23	100	100	0
U23	100	100	0
U24	-6,419	-7,74	1,321
U25	-6,158	-7,475	1,318
U26	100	100	0

Tabulka A 2 Výpočet napětí v uzlech před přepojením

Uzel	U [kV]	úhel [°]	ΔU_n [%]	Z_k [Ohm]	úhel [°]	S_k [MVA]
U1	114,881	-0,05	-4,437	10,794	90	1233,047
U2	23,94	-0,196	-8,819	1,802	87,711	295,368
U3	23,824	-0,221	-8,29	3,21	72,581	165,882
U4	23,836	-0,202	-8,346	3,739	66,109	142,393
U5	0,437	1,377	-9,192	0,011	74,085	15,464
U6	23,773	-0,188	-8,059	4,427	67,6	120,269
U8	0	37,504	100	132097,2	-90,292	0,004
U9	0	39,275	100	43,659	-90,288	0,004
U10	23,701	-0,092	-7,732	6,668	63,267	79,848

U11	23,704	-0,043	-7,745	7,159	61,737	74,367
U12	23,713	-0,032	-7,786	7,338	60,759	72,553
U13	0,435	1,591	-8,759	0,018	71,65	9,578
U14	23,712	-0,033	-7,783	7,295	60,99	72,983
U15	0,435	2,839	-8,773	0,012	76,154	14,781
U16	23,68	-0,001	-7,637	8,825	57,881	60,329
U17	23,688	0,033	-7,672	9,56	55,834	55,693
U18	23,69	0,042	-7,681	9,741	55,37	54,658
U19	0,434	2,025	-8,395	0,009	71,32	19,49
U20	0	37,496	100	132097,3	-90,292	0,004
U21	0	37,463	100	132097,2	-90,292	0,004
U22	0	37,463	100	132096,9	-90,291	0,004
U23	0	37,463	100	132096,9	-90,291	0,004
U23	0	37,507	100	132096,9	-90,291	0,004
U24	23,703	-0,143	-7,74	6,134	64,007	86,789
U25	23,645	-0,209	-7,475	7,444	60,274	71,523
U26	0	37,496	100	132097,3	-90,292	0,004

Tabulka A 3 Výpočet proudů a výkonů před přepojením

Prvek	Uzel	I [A]	úhel [°]	Z [Ohm]	úhel [°]	P [kW]	Q [kVar]	S [kVA]
R 110/22 kV	U1	9,149	130,181	9,813	90	-1175,83	-1389,86	1820,52
T1	U1	9,149	130,18	1,273	86,899	-1175,83	-1389,9	1820,551
T1	U2	43,758	130,181	1,273	86,899	1175,416	1382,268	1814,46
VN350-KL1	U2	43,757	130,181	1,543	54,83	-1175,41	-1382,24	1814,431
VN350-KL1	U3	43,81	130,122	1,543	54,83	1170,298	1377,841	1807,773
VN350-o.Ni	U3	12,874	-0,305	0,658	32,767	531,222	0,78	531,222
VN350-o.Ni	U4	12,874	-0,228	0,658	32,767	-531,497	-0,238	531,497
T2	U4	12,875	-0,23	0,01	75,052	531,531	0,261	531,531
T2	U5	708,101	-0,23	0,01	75,052	-535,473	-15,025	535,683
BPS	U5	708,101	179,77	0,356	-178,393	-535,472	-15,023	535,683
VN350-KL2	U3	24,073	109,987	1,26	54,83	-343,134	-932,207	993,353
VN350-KL2	U6	24,126	109,941	1,26	54,83	341,869	932,73	993,408
T3	U8	0	39,275	0,01	75,052	0	0	0
T3	U9	0	39,275	0,01	75,052	0	0	0
FVE-1	U9	0	-140,725	0,32	-180	0	0	0
VN350-o.H1	U10	22,449	39,724	0,525	41,911	707,839	-590,097	921,548
VN350-o.H1	U11	22,46	39,759	0,525	41,911	-708,43	590,288	922,124
T4	U12	8,447	-0,112	0,016	73,292	346,922	0,486	346,923
T4	U13	464,569	-0,112	0,016	73,292	-349,901	-10,408	350,056

FVE-2	U13	464,569	179,888	0,541	-178,296	-349,901	-10,409	350,056
VN350.HI	U11	32,579	0,806	0,165	26,598	1337,421	-19,836	1337,568
VN350.HI	U14	32,579	0,813	0,165	26,598	-1337,89	19,743	1338,037
VN350-o.HL	U14	8,457	-0,156	0,052	26,598	347,349	0,745	347,35
VN350-o.HL	U12	8,457	-0,148	0,052	26,598	-347,359	-0,705	347,36
T5	U14	24,129	1,144	0,01	79,921	990,797	-20,361	991,006
T5	U15	1327,108	1,144	0,01	79,921	-999,674	-29,579	1000,111
FVE-3	U15	1327,108	-178,856	0,189	-178,305	-999,674	-29,579	1000,111
VN350-o.H2	U11	9,726	101,87	1,75	41,911	-82,431	-390,718	399,319
VN350-o.H2	U16	9,783	101,799	1,75	41,911	82,06	392,786	401,267
VN350-o.N1	U16	11,669	28,364	0,805	32,767	421,16	-227,387	478,624
VN350-o.N1	U17	11,68	28,455	0,805	32,767	-421,436	228,078	479,195
VN350-o.N2	U17	11,68	28,449	0,197	32,258	421,489	-228,044	479,225
VN350-o.N2	U18	11,683	28,476	0,197	32,258	-421,557	228,259	479,387
T6	U18	26,642	0,434	0,006	79,8	1093,149	-7,488	1093,175
T6	U19	1465,306	0,434	0,006	79,8	-1099,99	-30,549	1100,417
FVE-4	U19	1465,306	-179,566	0,171	-178,409	-1099,99	-30,548	1100,417
Odb.	U3	34,652	-18,414	396,932	18,193	1358,419	446,435	1429,897
VN350-o.SI	U20	0	39,258	0,28	26,598	0	0	0
VN350-o.SI	U8	0	39,282	0,28	26,598	0	0	0
VN350-o.S.	U21	0	-47,002	0,45	54,83	0	0	0
VN350-o.S.	U22	0	72,348	0,45	54,83	0	0	0
VN350-o.SS	U23	0	179,809	0,624	54,83	0	0	0
VN350-o.SS	U20	0	179,722	0,624	54,83	0	0	0
Odb.	U21	0	19,266	1154,681	18,197	0	0	0
Odb.	U11	14,007	-18,24	977,037	18,197	546,321	179,592	575,082
VN350-KL3	U6	24,126	109,941	1,738	54,83	-341,874	-932,738	993,417
VN350-KL3	U24	24,199	109,878	1,738	54,83	340,12	933,431	993,467
VN350-KL4	U24	22,434	39,676	0,54	54,83	707,395	-589,764	920,994
VN350-KL4	U10	22,449	39,723	0,54	54,83	-707,864	590,083	921,558
VN350-o.Bo	U24	26,854	161,693	1,381	43,47	-1047,54	-343,701	1102,486
VN350-o.Bo	U25	26,87	161,593	1,381	43,47	1045,372	343,651	1100,408
Odb.	U25	26,869	-18,406	508,059	18,197	1045,362	343,641	1100,396
Odb.	U16	12,917	-18,198	1058,457	18,197	503,282	165,444	529,778
Odb.	U18	17,229	-18,155	793,843	18,197	671,598	220,774	706,955
VN350-o.S	U26	0	-160,411	1,124	54,83	0	0	0
VN350-o.S	U21	0	-160,641	1,124	54,83	0	0	0
Odb.	U26	0	19,299	907,249	18,197	0	0	0

Tabulka A 4 Výpočet ztrát ve větvích sítě před přepojením

Prvek	ΔP [kW]	ΔQ [kVAr]
T1	0,414	7,636
VN350-KL1	5,111	4,394
VN350-o.Ni	0,275	0,542
T2	3,942	14,764
VN350-KL2	1,265	0,524
T3	0	0
VN350-o.H1	0,591	0,191
T4	2,978	9,922
VN350.HI	0,471	0,093
VN350-o.HL	0,01	0,04
T5	8,877	9,218
VN350-o.H2	0,372	2,068
VN350-o.N1	0,277	0,69
VN350-o.N2	0,068	0,215
T6	6,844	23,061
VN350-o.SI	0	0
VN350-o.S.	0	0
VN350-o.SS	0	0
VN350-KL3	1,754	0,693
VN350-KL4	0,47	0,318
VN350-o.Bo	2,17	0,05
VN350-o.S	0	0

Tabulka A 5 Bilance výkonů před přepojením

P_{dod} [kW]	P_{odb} [kW]	ΔP [kW]	Q_{dod} [kVAr]	Q_{odb} [kVAr]	ΔQ [kVAr]
4160,868	4124,982	35,889	1475,422	1355,886	74,419

Tabulka A 6 Útlum HDO prvku: BPS FVE-2 FVE-3 FVE-4 při frekvenci 216,7 [Hz] před přepojením

Uzel	U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	U8	U9	U10	U11
ΔU [%]	0	-0,152	-0,608	-0,664	-2,994	-0,843	-0,843	-0,843	-1,161	-1,286	-1,321

Uzel	U12	U13	U14	U15	U16	U17	U18	U19	U20	U21	U22
ΔU [%]	-4,049	-1,318	-3	-1,506	-1,631	-1,662	-3,487	-0,843	-0,843	-0,843	-0,843

Uzel	U23	U24	U25	U26
ΔU [%]	-0,843	-1,097	-1,097	-0,843

Tabulka A 7 Zkratové poměry- Vypočtená napětí uzlů

Uzel	Ua [kV]	úhel [°]	Ub [kV]	úhel [°]	Uc [kV]	úhel [°]
U1	67,574	-1,368	67,574	-121,368	67,574	118,632
U2	11,979	-6,330	11,979	-126,330	11,979	113,670
U3	9,761	-7,735	9,761	-127,735	9,761	112,265
U4	9,761	-7,735	9,761	-127,735	9,761	112,265
U5	0,177	-7,735	0,177	-127,735	0,177	112,265
U6	7,956	-9,463	7,956	-129,463	7,956	110,537
U8	13,972	0,000	13,972	-120,000	13,972	120,000
U9	0,254	0,000	0,254	-120,000	0,254	120,000
U10	4,730	-15,921	4,730	-135,921	4,730	104,079
U11	3,972	-16,461	3,972	-136,461	3,972	103,539
U12	3,972	-16,461	3,972	-136,461	3,972	103,539
U13	0,072	-16,461	0,072	-136,461	0,072	103,539
U14	3,972	-16,461	3,972	-136,461	3,972	103,539
U15	0,072	-16,461	0,072	-136,461	0,072	103,539
U16	1,450	-22,341	1,450	-142,341	1,450	97,659
U17	0,285	-22,750	0,285	-142,750	0,285	97,250
	U180,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
U19	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
U20	13,972	0,000	13,972	-120,000	13,972	120,000
U21	13,972	0,000	13,972	-120,000	13,972	120,000
U22	13,972	0,000	13,972	-120,000	13,972	120,000
U23	13,972	0,000	13,972	-120,000	13,972	120,000
U23	13,972	0,000	13,972	-120,000	13,972	120,000
U24	5,487	-13,707	5,487	-133,707	5,487	106,293
U25	5,487	-13,707	5,487	-133,707	5,487	106,293
U26	13,972	0,000	13,972	-120,000	13,972	120,000

Tabulka A 8 Zkratové poměry-Tabulka vypočtených proudů a impedancí

Prvek	uzel	Ia [kA]	úhel [°]	Ib [kA]	úhel [°]	Ic [kA]	úhel [°]
R 110/22 kV Uh. Brod	U1	0,290	-55,012	0,290	-175,012	0,290	64,988
T1	U1	0,290	124,988	0,290	4,988	0,290	-115,012
T1	U2	1,448	124,988	1,448	4,988	1,448	-115,012
VN350-KL1	U2	1,448	124,988	1,448	4,988	1,448	-115,012
VN350-KL1	U3	1,448	124,988	1,448	4,988	1,448	-115,012
VN350-o.Ni	U3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
VN350-o.Ni	U4	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
T2	U4	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
T2	U5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
VN350-KL2	U3	1,448	124,989	1,448	4,989	1,448	-115,011
VN350-KL2	U6	1,448	124,988	1,448	4,988	1,448	-115,012

T3	U8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
T3	U9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
VN350-o.H1	U10	1,448	124,991	1,448	4,991	1,448	-115,009
VN350-o.H1	U11	1,448	124,990	1,448	4,990	1,448	-115,010
T4	U12	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
T4	U13	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
VN350.HI	U11	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
VN350.HI	U14	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
VN350-o.HL	U14	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
VN350-o.HL	U12	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
T5	U14	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
T5	U15	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
VN350-o.H2	U11	1,448	124,991	1,448	4,991	1,448	-115,009
VN350-o.H2	U16	1,448	124,990	1,448	4,990	1,448	-115,010
VN350-o.N1	U16	1,448	124,992	1,448	4,992	1,448	-115,008
VN350-o.N1	U17	1,448	124,992	1,448	4,992	1,448	-115,008
VN350-o.N2	U17	1,448	124,992	1,448	4,992	1,448	-115,008
VN350-o.N2	U18	1,448	124,992	1,448	4,992	1,448	-115,008
T6	U18	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
T6	U19	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
VN350-o.SI	U20	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
VN350-o.SI	U8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
VN350-o.S.	U21	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
VN350-o.S.	U22	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
VN350-o.SS	U23	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
VN350-o.SS	U20	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
VN350-KL3	U6	1,448	124,989	1,448	4,989	1,448	-115,011
VN350-KL3	U24	1,448	124,989	1,448	4,989	1,448	-115,011
VN350-KL4	U24	1,448	124,990	1,448	4,990	1,448	-115,010
VN350-KL4	U10	1,448	124,990	1,448	4,990	1,448	-115,010
VN350-o.Bo	U24	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
VN350-o.Bo	U25	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
VN350-o.S	U26	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
VN350-o.S	U21	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Tabulka A 9 Zkratové poměry-Třípólový zkrat

Uzel	U4	U12	U14	U18
U_{nom} [kV]	22	22	22	22
I_k [kA]	3,84	1,929	1,941	1,448
I₁ [kA]	3,84	1,929	1,941	1,448
I₂ [kA]	-	-	-	-
I₀ [kA]	-	-	-	-

Příloha B Výpočet chodu sítě po přepojení

Tabulka B 1 Napěťové změny linky VN 350 po přepojení

Uzel	ΔU_{vn} před [%]	ΔU_{vn} po [%]	rozdíl
U1	-4,403	-4,411	0,007
U2	-8,629	-8,698	0,069
U3	-7,35	-7,997	0,647
U4	-7,35	-8,054	0,704
U5	-7,35	-8,902	1,552
U6	-6,583	-7,626	1,043
U8	-6,478	-7,579	1,1
U9	-6,478	-8,38	1,902
U10	-5,672	-7,304	1,632
U11	-5,509	-7,319	1,81
U12	-5,509	-7,36	1,851
U13	-5,509	-8,336	2,827
U14	-5,509	-7,357	1,848
U15	-5,509	-8,349	2,84
U16	-5,138	-7,213	2,075
U17	-5,035	-7,25	2,215
U18	-5,01	-7,259	2,249
U19	-5,01	-7,974	2,964
U20	-6,478	-7,555	1,076
U21	-6,395	-7,471	1,076
U22	-6,395	-7,471	1,076
U23	-6,395	-7,471	1,076
U23	-6,583	-7,626	1,043
U24	-5,819	-7,311	1,492
U25	-5,559	-7,048	1,489
U26	-6,478	-7,555	1,076

Tabulka B 2 Výpočet napětí v uzlech po přepojení

Uzel	U [kV]	úhel [°]	ΔU_n [%]	Z_k [Ohm]	úhel [°]	S_k [MVA]
U1	114,852	-0,072	-4,411	10,794	90	1233,042
U2	23,913	-0,286	-8,698	1,803	87,711	295,364
U3	23,759	-0,348	-7,997	3,21	72,581	165,879
U4	23,772	-0,329	-8,054	3,739	66,108	142,39
U5	0,436	1,259	-8,902	0,011	74,085	15,464
U6	23,678	-0,346	-7,626	4,427	67,599	120,265
U8	23,667	-0,356	-7,579	5,256	64,091	101,285
U9	0,434	1,14	-8,38	0,012	73,457	14,828
U10	23,607	-0,245	-7,304	6,668	63,267	79,846
U11	23,61	-0,196	-7,319	7,159	61,737	74,366

U12	23,619	-0,184	-7,36	7,338	60,759	72,552
U13	0,433	1,452	-8,336	0,018	71,65	9,578
U14	23,619	-0,185	-7,357	7,295	60,989	72,981
U15	0,433	2,71	-8,349	0,012	76,154	14,781
U16	23,587	-0,152	-7,213	8,825	57,881	60,328
U17	23,595	-0,118	-7,25	9,56	55,834	55,692
U18	23,597	-0,109	-7,259	9,741	55,37	54,657
U19	0,432	1,89	-7,974	0,009	71,319	19,489
U20	23,662	-0,362	-7,555	5,037	66,031	105,697
U21	23,644	-0,395	-7,471	6,144	63,994	86,658
U22	23,644	-0,395	-7,471	6,588	63,371	80,814
U23	23,644	-0,395	-7,471	4E+10	0	0
U23	23,678	-0,346	-7,626	4,427	67,599	120,265
U24	23,608	-0,297	-7,311	6,135	64,007	86,787
U25	23,551	-0,363	-7,048	7,444	60,274	71,522
U26	23,662	-0,362	-7,555	5,037	66,031	105,697

Tabulka B 3 Výpočet proudů a výkonů po přepojení

Prvek	uzel	I [A]	úhel [°]	Z [Ohm]	úhel [°]	P [kW]	Q [kVAr]	S [kVA]
R 11	U1	12,22	134,388	9,813	90	-1702,7	-1735,06	2430,97
T1	U1	12,22	134,39	1,273	86,899	-1702,7	-1734,96	2430,89
T1	U2	58,443	134,39	1,273	86,899	1701,96	1721,34	2420,67
VN350-KL1	U2	58,444	134,389	1,543	54,83	-1701,98	-1721,39	2420,73
VN350-KL1	U3	58,493	134,342	1,543	54,83	1692,86	1711,31	2407,15
VN350-o.Ni	U3	12,911	-0,415	0,658	32,767	531,338	0,624	531,338
VN350-o.Ni	U4	12,911	-0,338	0,658	32,767	-531,615	-0,087	531,615
T2	U4	12,912	-0,339	0,01	75,052	531,626	0,095	531,626
T2	U5	710,144	-0,339	0,01	75,052	-535,59	-14,944	535,799
BPS	U5	710,144	179,661	0,354	-178,402	-535,59	-14,943	535,798
VN350-KL2	U3	37,408	124,205	1,26	54,83	-873,109	-1267,89	1539,44
VN350-KL2	U6	37,454	124,156	1,26	54,83	870,057	1265,87	1536,04
T3	U8	12,108	-0,543	0,01	75,052	496,342	1,624	496,345
T3	U9	665,943	-0,543	0,01	75,052	-499,828	-14,682	500,044
FVE-	U9	665,943	179,457	0,376	-178,317	-499,828	-14,683	500,044
VN350-o.H1	U10	22,756	38,867	0,525	41,911	721,934	-586,97	930,442
VN350-o.H1	U11	22,767	38,902	0,525	41,911	-722,541	587,14	931,02
T4	U12	8,482	-0,238	0,016	73,292	346,999	0,323	346,999
T4	U13	466,514	-0,238	0,016	73,292	-350,002	-10,329	350,155
FVE-	U13	466,514	179,762	0,536	-178,31	-350,002	-10,328	350,155
VN350.HI	U11	32,706	0,697	0,165	26,598	1337,32	-20,836	1337,49
VN350.HI	U14	32,706	0,703	0,165	26,598	-1337,8	20,74	1337,96
VN350-o.HL	U14	8,484	-0,251	0,052	26,598	347,059	0,397	347,059
VN350-o.HL	U12	8,484	-0,243	0,052	26,598	-347,069	-0,357	347,069

T5	U14	24,23	1,029	0,01	79,921	990,995	-21,01	991,218
T5	U15	1332,66	1,029	0,01	79,921	-999,946	-29,348	1000,38
FVE-	U15	1332,66	-178,971	0,188	-178,319	-999,946	-29,349	1000,38
VN350-o.H2	U11	9,662	100,459	1,75	41,911	-73,057	-388,309	395,122
VN350-o.H2	U16	9,719	100,396	1,75	41,911	72,69	390,363	397,073
VN350-o.N1	U16	11,821	27,778	0,805	32,767	426,667	-226,194	482,917
VN350-o.N1	U17	11,831	27,868	0,805	32,767	-426,951	226,873	483,486
VN350-o.N2	U17	11,833	27,849	0,197	32,258	427,102	-226,778	483,575
VN350-o.N2	U18	11,836	27,876	0,197	32,258	-427,172	226,99	483,736
T6	U18	26,752	0,312	0,006	79,8	1093,36	-8,04	1093,39
T6	U19	1471,37	0,312	0,006	79,8	-1100,26	-30,312	1100,68
FVE-	U19	1471,36	-179,688	0,169	-178,422	-1100,26	-30,312	1100,68
Odb.	U3	34,559	-18,541	396,932	18,193	1351,09	444,026	1422,18
VN350-o.SI	U20	12,11	-0,575	0,28	26,598	496,304	1,846	496,308
VN350-o.SI	U8	12,11	-0,547	0,28	26,598	-496,415	-1,66	496,417
VN350-o.S.	U21	0,019	-92,423	0,45	54,83	-0,028	0,778	0,778
VN350-o.S.	U22	0,001	125,012	0,45	54,83	0,028	0,039	0,048
VN350-o.SS	U23	15,761	148,041	0,624	54,83	-550,465	-338,83	646,388
VN350-o.SS	U20	15,776	147,955	0,624	54,83	550,197	339,585	646,556
Odb.	U21	11,822	-18,592	1154,68	18,197	459,922	151,19	484,135
Odb.	U11	13,952	-18,393	977,037	18,197	542,009	178,174	570,544
VN350-KL3	U6	23,908	108,674	1,738	54,83	-319,541	-926,964	980,494
VN350-KL3	U24	23,981	108,614	1,738	54,83	317,819	927,677	980,608
VN350-KL4	U24	22,74	38,832	0,54	54,83	721,326	-586,817	929,874
VN350-KL4	U10	22,755	38,879	0,54	54,83	-721,808	587,109	930,433
VN350-o.Bo	U24	26,748	161,538	1,381	43,47	-1039,25	-340,99	1093,76
VN350-o.Bo	U25	26,763	161,439	1,381	43,47	1037,09	340,941	1091,7
Odb.	U25	26,762	-18,561	508,059	18,197	1037,07	340,914	1091,66
Odb.	U16	12,866	-18,35	1058,46	18,197	499,329	164,144	525,617
Odb.	U18	17,162	-18,306	793,843	18,197	666,34	219,046	701,42
VN350-o.S	U26	11,801	161,729	1,124	54,83	-460,198	-148,722	483,633
VN350-o.S	U21	11,816	161,499	1,124	54,83	459,927	150,381	483,888
Odb.	U26	15,058	-18,559	907,249	18,197	586,267	192,723	617,131

Tabulka B 4 Výpočet ztrát ve větvích sítě po přepojení

Prvek	ΔP [kW]	ΔQ [kVar]
T1	0,738	13,619
VN350-KL1	9,114	10,086
VN350-o.Ni	0,277	0,537
T2	3,964	14,849
VN350-KL2	3,052	2,027
T3	3,486	13,058
VN350-o.H1	0,607	0,171

T4	3,003	10,005
VN350.HI	0,474	0,096
VN350-o.HL	0,01	0,04
T5	8,951	8,338
VN350-o.H2	0,367	2,054
VN350-o.N1	0,284	0,679
VN350-o.N2	0,07	0,212
T6	6,901	22,272
VN350-o.SI	0,11	0,186
VN350-o.S.	0	0,739
VN350-o.SS	0,268	0,755
VN350-KL3	1,722	0,713
VN350-KL4	0,482	0,292
VN350-o.Bo	2,153	0,05
VN350-o.S	0,271	1,659

Tabulka B 5 Bilance výkonů po přepojení

P_{dod} [kW]	P_{odb} [kW]	ΔP [kW]	Q_{dod} [kVAr]	Q_{odb} [kVAr]	ΔQ [kVAr]
5188,324	5142,021	46,304	1834,678	1690,217	102,437

Tabulka B 6 Útlum HDO prvku: BPS FVE-2 FVE-3 FVE-4 při frekvenci 216,7 [Hz] po přepojení

Uzel	U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	U8	U9	U10	U11
ΔU [%]	0	-0,328	-0,952	-1,008	-3,346	-1,276	-1,334	-3,679	-1,595	-1,721	-1,755

Uzel	U12	U13	U14	U15	U16	U17	U18	U19	U20	U21	U22
ΔU [%]	-4,495	-1,752	-3,441	-1,941	-2,067	-2,098	-3,93	-1,309	-1,309	-1,309	-1,309

Uzel	U23	U24	U25	U26
ΔU [%]	-1,276	-1,53	-1,53	-1,309

Příloha C Výpočet chodu sítě po přepojení a po regulaci účínkem BPS

Tabulka C 1 Napěťová změna na lince VN 350 po přepojení a se zařazením regulace účínku

Uzel	ΔU_{vn} před [%]	ΔU_{vn} po [%]	rozdíl
U1	-4,421	-4,396	0,025
U2	-8,711	-8,644	0,067
U3	-7,58	-8,014	0,434
U4	-7,58	-8,041	0,461
U5	-7,58	-6,486	1,094
U6	-6,897	-7,745	0,848
U8	-6,805	-7,712	0,907
U9	-6,805	-8,513	1,708
U10	-6,08	-7,545	1,465
U11	-5,933	-7,581	1,648
U12	-5,933	-7,622	1,688
U13	-5,933	-8,596	2,662
U14	-5,933	-7,619	1,685
U15	-5,933	-8,609	2,676
U16	-5,599	-7,525	1,925
U17	-5,506	-7,575	2,069
U18	-5,483	-7,587	2,104
U19	-5,483	-8,301	2,817
U20	-6,805	-7,688	0,884
U21	-6,732	-7,616	0,884
U22	-6,732	-7,616	0,884
U23	100	100	0
U23	-6,897	-7,745	0,848
U24	-6,212	-7,532	1,32
U25	-5,98	-7,303	1,323
U26	-6,805	-7,688	0,884

Tabulka C 2 Výpočet napětí v uzlech po přepojení a po regulaci účínku BPS

Uzel	U [kV]	úhel [°]	ΔU_n [%]	Z_k [Ohm]	úhel [°]	S_k [MVA]
U1	114,836	-0,043	-4,396	10,794	90	1233,042
U2	23,902	-0,163	-8,644	1,803	87,711	295,364
U3	23,763	-0,12	-8,014	3,21	72,581	165,879
U4	23,769	-0,077	-8,041	3,739	66,108	142,39
U5	0,426	1,888	-6,486	0,011	74,085	15,464
U6	23,704	-0,078	-7,745	4,427	67,599	120,265
U8	23,697	-0,082	-7,712	5,256	64,09	101,285
U9	0,434	1,408	-8,513	0,012	73,457	14,828

U10	23,66	0,069	-7,545	6,668	63,267	79,846
U11	23,668	0,123	-7,581	7,159	61,737	74,366
U12	23,677	0,135	-7,622	7,338	60,759	72,552
U13	0,434	1,762	-8,596	0,018	71,65	9,578
U14	23,676	0,134	-7,619	7,295	60,989	72,981
U15	0,434	3,013	-8,609	0,012	76,154	14,781
U16	23,655	0,178	-7,525	8,825	57,881	60,328
U17	23,666	0,214	-7,575	9,56	55,834	55,692
U18	23,669	0,223	-7,587	9,741	55,37	54,657
U19	0,433	2,209	-8,301	0,009	71,319	19,489
U20	23,691	-0,089	-7,688	5,037	66,03	105,697
U21	23,676	-0,117	-7,616	6,144	63,993	86,658
U22	23,676	-0,117	-7,616	6,588	63,37	80,813
U23	23,704	-0,078	-7,745	4,427	67,598	120,265
U24	23,657	0,01	-7,532	6,135	64,007	86,787
U25	23,607	-0,048	-7,303	7,444	60,274	71,522
U26	23,691	-0,089	-7,688	5,037	66,03	105,696

Tabulka C 3 Výpočet proudů a výkonů po přepojení a po regulaci účinníku BPS

Prvek	Uzel	I [A]	Úhel [°]	Z [Ohm]	Úhel [°]	P [kW]	Q [kVar]	S [kVA]
R 110/22 kV	U1	10,926	117,667	9,813	90	-1010,571	-1924,021	2173,272
T1	U1	10,926	117,667	1,273	86,899	-1010,571	-1924,044	2173,292
T1	U2	52,257	117,667	1,273	86,899	1009,981	1913,154	2163,382
VN350-KL1	U2	52,257	117,667	1,543	54,83	-1009,987	-1913,163	2163,392
VN350-KL1	U3	52,318	117,632	1,543	54,83	1002,699	1905,666	2153,362
VN350-o.Ni	U3	16,494	38,714	0,658	32,767	528,82	-425,701	678,875
VN350-o.Ni	U4	16,505	38,761	0,658	32,767	-529,272	426,125	679,494
T2	U4	16,505	38,765	0,01	75,052	529,235	-426,15	679,48
T2	U5	907,754	38,765	0,01	75,052	-535,712	401,887	669,702
BPS	U5	907,754	-141,235	0,271	143,123	-535,712	401,886	669,702
VN350-KL2	U3	28,218	108,669	1,26	54,83	-374,087	-1099,534	1161,429
VN350-KL2	U6	28,271	108,633	1,26	54,83	372,35	1099,375	1160,72
T3	U8	12,087	-0,279	0,01	75,052	496,105	1,706	496,108
T3	U9	664,801	-0,279	0,01	75,052	-499,58	-14,72	499,796
FVE-1	U9	664,8	179,721	0,377	-178,312	-499,579	-14,719	499,796
VN350-o.H1	U10	26,213	28,55	0,525	41,911	944,208	-512,259	1074,215
VN350-o.H1	U11	26,222	28,584	0,525	41,911	-945,014	512,255	1074,921
T4	U12	8,455	0,063	0,016	73,292	346,749	0,435	346,749
T4	U13	465,046	0,063	0,016	73,292	-349,734	-10,378	349,888
FVE-2	U13	465,046	-179,937	0,539	-178,3	-349,734	-10,378	349,888
VN350.HI	U11	32,611	0,986	0,165	26,598	1336,683	-20,13	1336,835
VN350.HI	U14	32,611	0,992	0,165	26,598	-1337,155	20,036	1337,305

VN350-o.HL	U14	8,443	0,098	0,052	26,598	346,217	0,214	346,217
VN350-o.HL	U12	8,443	0,106	0,052	26,598	-346,227	-0,174	346,227
T5	U14	24,155	1,323	0,01	79,921	990,327	-20,556	990,54
T5	U15	1328,508	1,323	0,01	79,921	-999,222	-29,489	999,657
FVE-3	U15	1328,508	-178,677	0,189	-178,31	-999,222	-29,49	999,657
VN350-o.H2	U11	8,455	77,002	1,75	41,911	78,677	-337,537	346,585
VN350-o.H2	U16	8,511	77,092	1,75	41,911	-78,958	339,68	348,736
VN350-o.N1	U16	13,414	21,18	0,805	32,767	513,103	-196,98	549,615
VN350-o.N1	U17	13,422	21,264	0,805	32,767	-513,469	197,612	550,182
VN350-o.N2	U17	13,423	21,258	0,197	32,258	513,527	-197,575	550,223
VN350-o.N2	U18	13,425	21,283	0,197	32,258	-513,617	197,776	550,379
T6	U18	26,647	0,62	0,006	79,8	1092,409	-7,556	1092,435
T6	U19	1465,596	0,62	0,006	79,8	-1099,256	-30,496	1099,679
FVE-4	U19	1465,596	-179,38	0,171	-178,411	-1099,256	-30,495	1099,679
Odb.1	U3	29,6	-18,315	463,495	18,195	1157,399	380,413	1218,313
VN350-o.SI	U20	12,088	-0,308	0,28	26,598	496,016	1,903	496,02
VN350-o.SI	U8	12,088	-0,28	0,28	26,598	-496,126	-1,716	496,129
VN350-o.S.	U21	0,019	-92,276	0,45	54,83	-0,029	0,779	0,78
VN350-o.S.	U22	0,001	126,527	0,45	54,83	0,029	0,039	0,049
VN350-o.SS	U23	12,233	144,389	0,624	54,83	-408,702	-291,88	502,227
VN350-o.SS	U20	12,249	144,283	0,624	54,83	408,541	292,789	502,624
Odb.3	U21	10,214	-18,313	1338,296	18,195	397,895	130,786	418,839
Odb.4	U11	12,076	-18,072	1131,538	18,195	470,295	154,578	495,047
VN350-KL3	U6	19,688	87,344	1,738	54,83	36,361	-807,483	808,301
VN350-KL3	U24	19,765	87,354	1,738	54,83	-37,53	808,991	809,861
VN350-KL4	U24	26,201	28,51	0,54	54,83	943,495	-512,273	1073,595
VN350-KL4	U10	26,213	28,556	0,54	54,83	-944,136	512,345	1074,192
VN350-o.Bo	U24	23,268	161,872	1,381	43,47	-906,034	-296,811	953,412
VN350-o.Bo	U25	23,283	161,757	1,381	43,47	904,405	297,266	952,006
Odb.5	U25	23,283	-18,242	585,376	18,195	904,392	297,254	951,99
Odb.6	U16	11,153	-18,017	1224,501	18,195	434,136	142,693	456,985
Odb.7	U18	14,863	-17,971	919,435	18,195	578,855	190,259	609,321
VN350-o.S	U26	10,192	162,062	1,124	54,83	-398,091	-128,195	418,223
VN350-o.S	U21	10,207	161,795	1,124	54,83	397,889	129,957	418,575
Odb.2	U26	12,991	-18,283	1052,923	18,195	506,418	166,448	533,071

Tabulka C 4 Výpočet ztrát ve větvích sítě po přepojení a po regulaci účinníku BPS

Prvek	ΔP [kW]	ΔQ [kVAr]
T1	0,59	10,889
VN350-KL1	7,289	7,497
VN350-o.Ni	0,452	0,424
T2	6,478	24,263

VN350-KL2	1,738	0,159
T3	3,474	13,013
VN350-o.H1	0,805	0,004
T4	2,985	9,943
VN350.HI	0,472	0,094
VN350-o.HL	0,01	0,04
T5	8,895	8,933
VN350-o.H2	0,281	2,143
VN350-o.N1	0,365	0,632
VN350-o.N2	0,09	0,2
T6	6,847	22,94
VN350-o.SI	0,11	0,187
VN350-o.S.	0	0,74
VN350-o.SS	0,161	0,909
VN350-KL3	1,169	1,508
VN350-KL4	0,64	0,072
VN350-o.Bo	1,629	0,456
VN350-o.S	0,202	1,762

Tabulka C 5 Bilance výkonů po přepojení a po regulaci účinníku BPS

P_{dod} [kW]	P_{odb} [kW]	ΔP [kW]	Q_{dod} [kVAr]	Q_{odb} [kVAr]	ΔQ [kVAr]
4494,074	4449,39	44,682	2009,103	1864,317	106,808

Tabulka C 6 Útlum HDO prvku: BPS FVE-2 FVE-3 FVE-4 při frekvenci 216,7 [Hz] po přepojení a po regulaci účinníku BPS

Uzel	U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	U8	U9	U10	U11
ΔU [%]	0	-0,221	-0,736	-0,76	-0,535	-1,06	-1,118	-3,458	-1,378	-1,504	-1,538

Uzel	U12	U13	U14	U15	U16	U17	U18	U19	U20	U21	U22
ΔU [%]	-4,272	-1,535	-3,22	-1,724	-1,849	-1,88	-3,708	-1,092	-1,092	-1,092	-1,092

Uzel	U23	U24	U25	U26
ΔU [%]	-1,06	-1,313	-1,313	-1,092

Příloha D Výpočet chodu sítě po přepojení, po regulaci účínkem BPS a po rekonstrukci části vedení

Tabulka D 1 Napěťová změna na lince VN 350 po přepojení, se zařazením regulace účínku a rekonstrukce části vedení

Uzel	ΔU_{vn} před [%]	ΔU_{vn} po [%]	rozdíl
U1	-4,421	-4,396	0,025
U2	-8,711	-8,644	0,067
U3	-7,58	-8,014	0,434
U4	-7,58	-8,041	0,461
U5	-7,58	-6,486	1,094
U6	-6,897	-7,745	0,848
U8	-6,805	-7,712	0,907
U9	-6,805	-8,513	1,708
U10	-6,08	-7,545	1,465
U11	-5,933	-7,581	1,648
U12	-5,933	-7,622	1,688
U13	-5,933	-8,596	2,662
U14	-5,933	-7,619	1,685
U15	-5,933	-8,609	2,676
U16	-5,599	-7,525	1,925
U17	-5,534	-7,552	2,019
U18	-5,519	-7,559	2,04
U19	-5,519	-8,272	2,753
U20	-6,805	-7,688	0,884
U21	-6,732	-7,616	0,884
U22	-6,732	-7,616	0,884
U23	100	100	0
U23	-6,897	-7,745	0,848
U24	-6,212	-7,532	1,32
U25	-5,98	-7,303	1,323
U26	-6,805	-7,688	0,883

Tabulka D 2 Výpočet napětí v uzlech po přepojení, po regulaci účínku BPS a po rekonstrukci části vedení

Uzel	U [kV]	Úhel [°]	ΔU_n [%]	Z_k [Ohm]	Úhel [°]	S_k [MVA]
U1	114,836	-0,043	-4,396	10,794	90,000	1233,042
U2	23,902	-0,163	-8,644	1,803	87,711	295,364
U3	23,763	-0,120	-8,014	3,210	72,581	165,879
U4	23,769	-0,077	-8,041	3,739	66,108	142,390
U5	0,426	1,888	-6,486	0,011	74,085	15,464
U6	23,704	-0,078	-7,745	4,427	67,599	120,265
U8	23,697	-0,082	-7,712	5,256	64,090	101,285

U9	0,434	1,408	-8,513	0,012	73,457	14,828
U10	23,660	0,069	-7,545	6,668	63,267	79,846
U11	23,668	0,123	-7,581	7,159	61,737	74,366
U12	23,677	0,135	-7,622	7,338	60,759	72,552
U13	0,434	1,762	-8,596	0,018	71,650	9,578
U14	23,676	0,134	-7,619	7,295	60,989	72,981
U15	0,434	3,013	-8,609	0,012	76,154	14,781
U16	23,655	0,178	-7,525	8,825	57,881	60,328
U17	23,662	0,209	-7,552	9,415	56,960	56,548
U18	23,663	0,216	-7,559	9,549	56,767	55,752
U19	0,433	2,202	-8,272	0,009	71,903	19,576
U20	23,691	-0,089	-7,688	5,037	66,030	105,697
U21	23,676	-0,117	-7,616	6,144	63,993	86,658
U22	23,676	-0,117	-7,616	6,588	63,370	80,813
U23	23,704	-0,078	-7,745	4,427	67,599	120,265
U24	23,657	0,010	-7,532	6,135	64,007	86,787
U25	23,607	-0,048	-7,303	7,444	60,274	71,522
U26	23,691	-0,089	-7,688	5,037	66,030	105,696

Tabulka D 3 Výpočet proudů a výkonů po přepojení, po regulaci účinníku BPS a po rekonstrukci části vedení

Prvek	Uzel	I [A]	Úhel [°]	Z [Ohm]	Úhel [°]	P [kW]	Q [kVar]	S [kVA]
R 110/22 kV	U1	10,927	117,661	9,813	90,000	-1010,375	-1924,179	2173,321
T1	U1	10,926	117,662	1,273	86,899	-1010,374	-1924,100	2173,250
T1	U2	52,256	117,662	1,273	86,899	1009,784	1913,212	2163,341
VN350-KL1	U2	52,257	117,661	1,543	54,830	-1009,795	-1913,247	2163,377
VN350-KL1	U3	52,318	117,626	1,543	54,830	1002,507	1905,750	2153,347
VN350-o.Ni	U3	16,494	38,714	0,658	32,767	528,820	-425,700	678,875
VN350-o.Ni	U4	16,505	38,761	0,658	32,767	-529,272	426,125	679,494
T2	U4	16,505	38,765	0,010	75,052	529,235	-426,149	679,479
T2	U5	907,754	38,765	0,010	75,052	-535,712	401,886	669,701
BPS	U5	907,754	-141,235	0,271	143,123	-535,712	401,886	669,701
VN350-KL2	U3	28,217	108,659	1,260	54,830	-373,866	-1099,565	1161,387
VN350-KL2	U6	28,270	108,622	1,260	54,830	372,129	1099,406	1160,678
T3	U8	12,087	-0,279	0,010	75,052	496,105	1,705	496,108
T3	U9	664,800	-0,279	0,010	75,052	-499,579	-14,719	499,796
FVE-1	U9	664,800	179,721	0,377	-178,312	-499,579	-14,719	499,796
VN350-o.H1	U10	26,217	28,553	0,525	41,911	944,326	-512,386	1074,379
VN350-o.H1	U11	26,226	28,587	0,525	41,911	-945,132	512,382	1075,086
T4	U12	8,456	0,063	0,016	73,292	346,761	0,435	346,762
T4	U13	465,062	0,063	0,016	73,292	-349,746	-10,378	349,900
FVE-2	U13	465,062	-179,937	0,539	-178,300	-349,746	-10,378	349,900
VN350.HI	U11	32,611	0,986	0,165	26,598	1336,688	-20,134	1336,839

VN350.HI	U14	32,611	0,992	0,165	26,598	-1337,159	20,040	1337,309
VN350-o.HL	U14	8,443	0,100	0,052	26,598	346,221	0,206	346,221
VN350-o.HL	U12	8,443	0,107	0,052	26,598	-346,231	-0,166	346,231
T5	U14	24,155	1,323	0,010	79,921	990,327	-20,556	990,541
T5	U15	1328,509	1,323	0,010	79,921	-999,223	-29,490	999,658
FVE-3	U15	1328,509	-178,677	0,189	-178,310	-999,223	-29,490	999,658
VN350-o.H2	U11	8,457	76,979	1,750	41,911	78,842	-337,609	346,693
VN350-o.H2	U16	8,514	77,068	1,750	41,911	-79,123	339,752	348,844
VN350-o.N1	U16	13,419	21,179	0,608	43,470	513,272	-197,038	549,793
VN350-o.N1	U17	13,426	21,265	0,608	43,470	-513,510	197,694	550,250
VN350-o.N2	U17	13,429	21,242	0,138	43,470	513,689	-197,523	550,356
VN350-o.N2	U18	13,431	21,261	0,138	43,470	-513,744	197,672	550,461
T6	U18	26,654	0,614	0,006	79,800	1092,400	-7,594	1092,427
T6	U19	1465,975	0,614	0,006	79,800	-1099,250	-30,478	1099,673
FVE-4	U19	1465,975	-179,386	0,171	-178,412	-1099,250	-30,479	1099,673
Odb.1	U3	29,600	-18,315	463,493	18,195	1157,399	380,425	1218,317
VN350-o.SI	U20	12,088	-0,308	0,280	26,598	496,016	1,903	496,020
VN350-o.SI	U8	12,088	-0,280	0,280	26,598	-496,126	-1,716	496,129
VN350-o.S.	U21	0,019	-92,276	0,450	54,830	-0,029	0,779	0,780
VN350-o.S.	U22	0,001	126,528	0,450	54,830	0,029	0,039	0,049
VN350-o.SS	U23	12,233	144,389	0,624	54,830	-408,703	-291,880	502,227
VN350-o.SS	U20	12,249	144,283	0,624	54,830	408,541	292,789	502,624
Odb.3	U21	10,214	-18,313	1338,296	18,195	397,895	130,786	418,839
Odb.4	U11	12,076	-18,071	1131,538	18,195	470,296	154,578	495,048
VN350-KL3	U6	19,690	87,331	1,738	54,830	36,545	-807,567	808,393
VN350-KL3	U24	19,767	87,341	1,738	54,830	-37,714	809,075	809,953
VN350-KL4	U24	26,206	28,505	0,540	54,830	943,720	-512,283	1073,797
VN350-KL4	U10	26,218	28,551	0,540	54,830	-944,360	512,355	1074,395
VN350-o.Bo	U24	23,268	161,871	1,381	43,470	-906,030	-296,817	953,410
VN350-o.Bo	U25	23,283	161,757	1,381	43,470	904,400	297,272	952,004
Odb.5	U25	23,283	-18,242	585,382	18,195	904,381	297,254	951,979
Odb.6	U16	11,153	-18,017	1224,531	18,195	434,125	142,693	456,974
Odb.7	U18	14,867	-17,979	918,955	18,195	578,848	190,261	609,314
VN350-o.S	U26	10,192	162,062	1,124	54,830	-398,092	-128,196	418,224
VN350-o.S	U21	10,207	161,795	1,124	54,830	397,889	129,957	418,575
Odb.2	U26	12,991	-18,283	1052,923	18,195	506,418	166,448	533,071

Tabulka D 4 Výpočet ztrát ve větvích sítě po přepojení, po regulaci účinníku BPS a po rekonstrukci části vedení

Prvek	ΔP [kW]	ΔQ [kVAr]
T1	0,590	10,888
VN350-KL1	7,289	7,497

VN350-o.Ni	0,452	0,425
T2	6,478	24,263
VN350-KL2	1,737	0,159
T3	3,474	13,013
VN350-o.H1	0,806	0,004
T4	2,985	9,943
VN350.HI	0,471	0,094
VN350-o.HL	0,010	0,040
T5	8,895	8,934
VN350-o.H2	0,281	2,143
VN350-o.N1	0,238	0,656
VN350-o.N2	0,054	0,149
T6	6,850	22,885
VN350-o.SI	0,110	0,187
VN350-o.S.	0,000	0,740
VN350-o.SS	0,161	0,909
VN350-KL3	1,169	1,508
VN350-KL4	0,641	0,072
VN350-o.Bo	1,629	0,456
VN350-o.S	0,202	1,762

Tabulka D 5 Bilance výkonů po přepojení, po regulaci účinníku BPS a po rekonstrukci části vedení

P_{dod} [kW]	P_{odb} [kW]	ΔP [kW]	Q_{dod} [kVAr]	Q_{odb} [kVAr]	ΔQ [kVAr]
4493,885	4449,362	44,522	2009,245	1864,331	106,727

Tabulka D 6 Útlum HDO prvku: BPS FVE-2 FVE-3 FVE-4 při frekvenci 216,7 [Hz] po přepojení, po regulaci účinníku BPS a po rekonstrukci části vedení

Uzel	U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	U8	U9	U10	U11
ΔU [%]	0	-0,221	-0,737	-0,76	-0,535	-1,06	-1,118	-3,458	-1,379	-1,504	-1,539

Uzel	U12	U13	U14	U15	U16	U17	U18	U19	U20	U21	U22
ΔU [%]	-4,273	-1,535	-3,221	-1,724	-1,796	-1,812	-3,639	-1,093	-1,093	-1,093	-1,093

Uzel	U23	U24	U25	U26
ΔU [%]	-1,06	-1,314	-1,314	-1,093

Příloha E Náklady na rekonstrukci odbočky

Tisk dne 4.5.2010 Strana 1 / 2
R006 Plánované náklady požadavku

Kód požadavku: 20102841

Kód stavby:

Plánovací směr: 40

Název požadavku: Hluč. rekonstrukce vedení VN350, o. NIIOB podpěrné body 1-17

Typ stavby: Zakaznická stavba

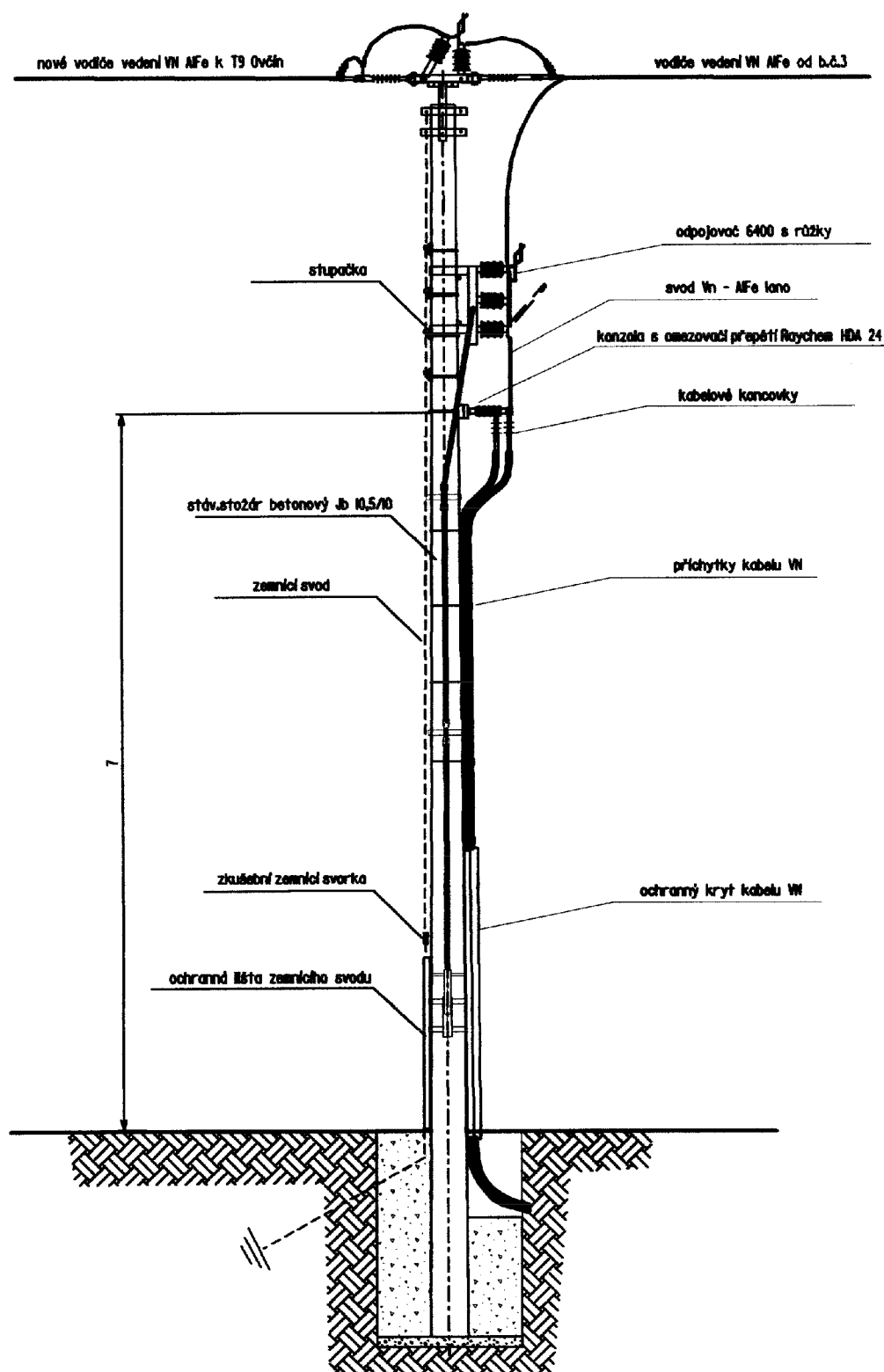
Měrné náklady:												
Plánovací směr	Měrný náklad	Množství	Jednotková cena (Kč)	Majetek podniku	Podíl	Podílové realizační náklady			Bezpodílové real. náklady (Kč)		Poznámka	
						N real. Kč	K real.	N odb. Kč	N 100 % odb.	N 100 % odb.		
*	Demoniáž venkovního vedení VN 10% Ceny u staveb nad 250 tis. Kč	1350 KC	58,00	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0,00	0,00	0,00	0,00	78 300,00	0,00	
*	Různé	1 *	130 000,00	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0,00	0,00	0,00	0,00	130 000,00	0,00	0,00 inflace/ výstavba 4 roky= 4*3%
*	Podpěrný bod rohový (2x bet. sl. D12/15, konz. Parát II R28, zebř 4st.)	1 ks	66 000,00	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0,00	0,00	0,00	0,00	66 000,00	0,00	
*	Podpěrný bod pro odbočení (2x bet.sloup do D12/15, konz.Parát II DB a odbočná, zebř 4st.)	3 ks	63 000,00	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0,00	0,00	0,00	0,00	189 000,00	0,00	
*	Různé	1 *	15 000,00	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0,00	0,00	0,00	0,00	15 000,00	0,00	0,00 vypínání
*	Venk. ved. VN 3 x AlFe 70/11-1 - bet. stožár	1350 m	372,00	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0,00	0,00	0,00	0,00	502 200,00	0,00	
*	Cena PD	1 *	1,00	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0,00	0,00	0,00	0,00	85 917,00	0,00	
*	Územní řízení a Stavební povolení vč. nabytí práv, moči	1 ks	10 500,00	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0,00	0,00	0,00	0,00	10 500,00	0,00	
*	Poplatky	1 *	10 000,00	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0,00	0,00	0,00	0,00	10 000,00	0,00	0,00 uznání veřejného prostranství
*	Revize	1 *	12 000,00	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0,00	0,00	0,00	0,00	12 000,00	0,00	
*	Geodetické zaměření	1 *	50 000,00	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0,00	0,00	0,00	0,00	50 000,00	0,00	
*	Náklady na ekologickou likvidaci demontovaného materiálu	1 *	100 000,00	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0,00	0,00	0,00	0,00	100 000,00	0,00	

Tisk dne 4.5.2010 Strana 2 / 2
 R006 Plánované náklady požadavku

Měrné náklady:										
Plánovací smler	Měrný náklad	Množství	Jednotková cena (Kč)	Majetek podniku	Podíl	Podílové realizační náklady		Bezpodílové real. náklady (Kč)		Poznámka
						N real. Kč	K real.	N odb. Kč	N 100 % odb.	
*	Náhrady škod, věcná břemena, smluvní pokuty, rekvizice	1 *	50 000,00	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0,00	0,0	0,00	50 000,00	0,00
Suma N real.						K podílu odb.	Suma N 100% odb.	Suma N 100% odb.		
0,00							0,00	1 298 917,00		0,00

Koeficientní náklady:									
Náklady	Koef. čís.	Koeficient	Podílové real. náklady (Kč)		Bezpodílové real. náklady (Kč)				
			N ost. real.	N ost. odb.	N ost. 100% odb.	N ost. 100% odb.			
GZS	0,04	0,04	0,00	0,00	48 520,00	0,00			
Rezerva	0,10	0,10	0,00	0,00	121 500,00	0,00			
Interní náklady	0,06	0,06	0,00	0,00	72 780,00	0,00			
Suma N ost. real.			Suma N ost. odb.	Suma N ost. 100% odb.	Suma N ost. 100% odb.				
0,00			0,00	0,00	242 600,00	0,00			
Suma N ost. real.									
Celkem plán [Kč]			Celkem N real. [Kč]	Celkem N odb. [Kč]	Celkem N 100% odb. [Kč]	Celkem N 100% odb. [Kč]			
1 541 517,00			0,00	0,00	1 541 517,00	0,00			

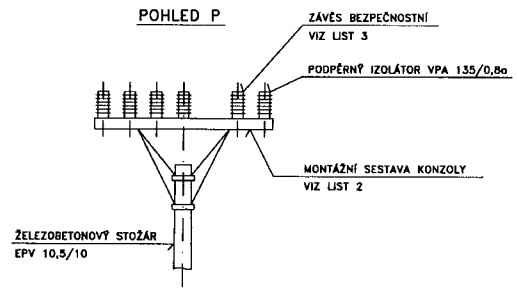
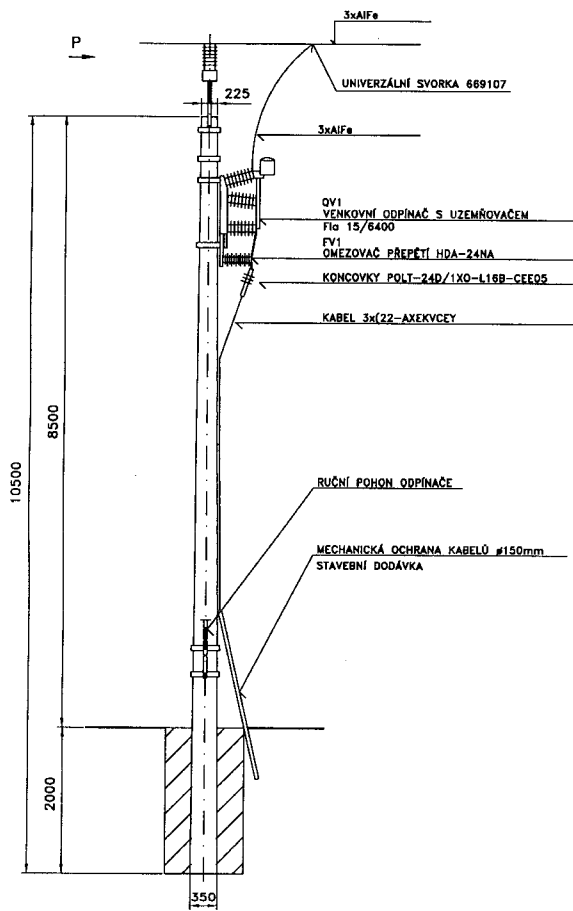
Příloha F Betonový stožár se svodiči přepětí pro připojení FVE



Fotovoltaická elektrárna Hluk - Babí hora
Sestava stožáru b.č. 4

v.č. 6

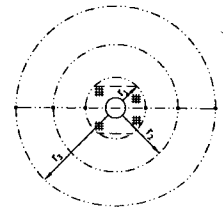
Příloha G Betonový stožár použitý pro rekonstrukci



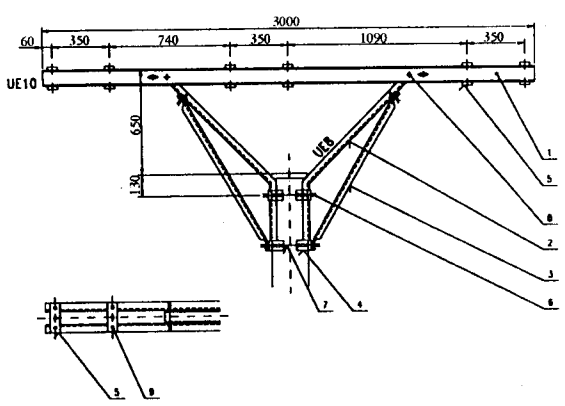
POZNÁMKA PRO STAVEBNÍ ÚPRAVY:
 1. ZÁKLAD STOŽÁRU DIMENZOVAT DLE ČSN 33 3301 KAPITOLA 6. BETONÁŽ SE PROVÁDÍ DLE ČSN 73 2400.
 2. VÝKOPY PRO UZEMNĚNÍ PROVĚST DLE TOHOTO VÝKRESU
 3. HMOTNOST STOŽÁRU EPV12/10: 1544 kg
 4. HMOTNOST OCELOVÝCH KONSTRUKCÍ A PŘÍSTROJŮ: ~ 550 kg

POZNÁMKA PRO MONTÁŽ ELEKTRO:
 K POHONU ODPÍNAČE UMÍSTIT BEZPEČNOSTNÍ TABULKU "POZOR-ZPĚTNÝ PROUD" A "POZOR-EL.ZDROJ". NA STOŽÁR UMÍSTIT BEZPEČNOSTNÍ TABULKU Č. 280116 "VYSOKÉ NAPĚTÍ-ZIVOTU NEBEZPEČNO DOTÝKAT SE ELEKTRICKÝCH ZAŘÍZENÍ NEBO DRÁTŮ I NA ZEM SPADLÝCH".

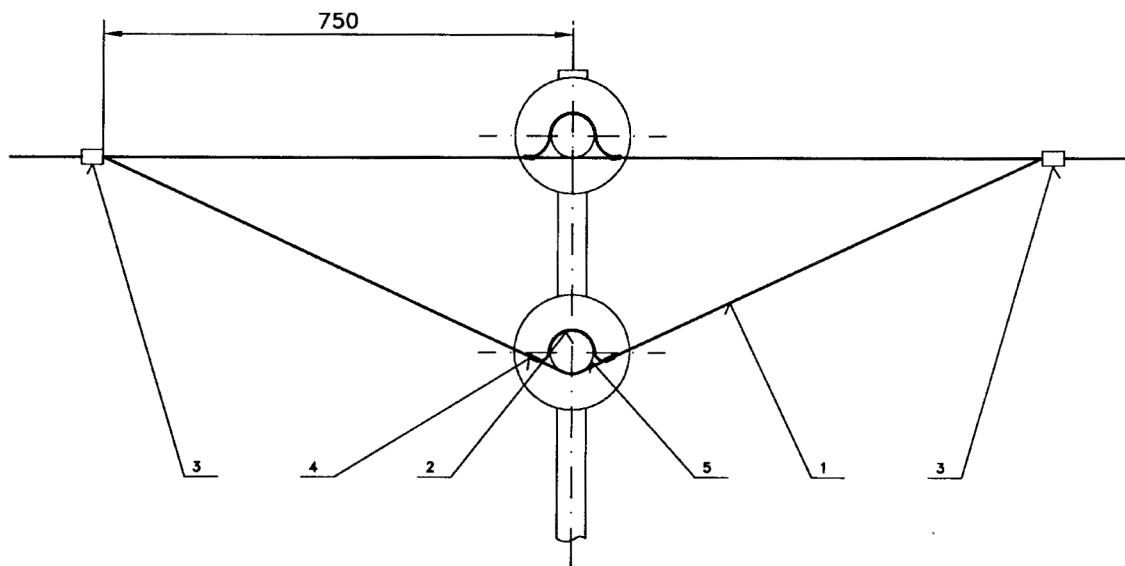
UZEMNĚNÍ STOŽÁRU (MĚR. 1:200)
 ----- UZEMNĚNÍ FeZn 30x4 mm.
 UZEMNĚNÍ PROVĚST DLE ČSN 333201.
 TŘI OBVODOVÉ ZEMNICE, ALESPŮR NA DVOU MÍSTĚCH VZÁJEMNĚ PROPOJENÉ, ULOŽENÉ VE VZDÁLENOSTI $r_1=1m$ (HLOUBKA 0,4m), $r_2=3m$ (HLOUBKA 0,7m) A $r_3=5m$ (HLOUBKA 0,9m) OD NEŽIVÝCH ČÁSTÍ. UVNITŘ VNITŘNÍHO KRUHU ULOŽIT ZEMNÍCI MRÍŽ V HLOUBCE 0,2m, JEJÍ JEDNOTLIVÁ OKA MAJÍ MAX. ROZMĚRY 10x50mm. ZEMNÍCI MRÍŽ PROPOJIT S UZEMNĚNÍM. NAD ZEMNÍCI MRÍŽ UMÍSTIT ŠTĚRKOVOU VRSTVU S TLOUŠTKOU ALESPŮR 100mm.



KONZOLA L ZDOVOJENÁ, 2 PODPĚRY, 2 VZPĚRY NA BETONOVÝ STOŽÁR JB



POZ	NÁZEV	MNOŽSTVÍ
1	KONZOLA LEHKÁ L OEG 34 8613	2 ks
2	KONZOLA LEHKÁ L OEG 34 8610	2 ks
3	VZPĚRA PODPĚRY L OEG 34 8611	2 ks
4	PAS J 85x250mm OEG 34 8618	2 ks
5	PŘÍLOŽKA SPOJOVACÍ 176x63mm PRO UEB OEG 34 8622	12 ks
6	ŠROUB HRUBÝ M20x40mm, MATICE HRUBÁ M20	6 ks
7	ŠROUB HRUBÝ M20x70mm, MATICE HRUBÁ M20	4 ks
8	ŠROUB HRUBÝ M20x120mm, MATICE HRUBÁ M20, PODLOŽKA 22	2 ks
9	ŠROUB HRUBÝ M20x140mm, MATICE HRUBÁ M20	12 ks



POZ.	NÁZEV	MNOŽSTVÍ
1	ŠABLONA Z LANA AIFe 70mm ²	0,54kg
2	TRMEN Z LANA Fe 35mm ²	1ks
3	SVORKA UNIVERZÁLNÍ 669107	2ks
4	DRÁT EAI MĚKKÝ PRŮMĚR 3,55mm	0,09kg
5	PÁSEK OVINOVACÍ EAI 10x1mm	0,05kg