

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

**POSOUZENÍ MOŽNOSTI PŘIPOJENÍ NOVÉHO
ZDROJE DO SÍTĚ Z HLEDISKA NAPĚŤOVÝCH
POMĚRŮ**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

JAN NĚMEC

BRNO 2008

Licenční smlouva
poskytovaná k výkonu práva užít školní dílo

uzavřená mezi smluvními stranami:

1. Pan/paní

Jméno a příjmení: Jan Němec
Bytem: Hrbov 34, Polná 58813
Narozen/a (datum a místo): Jihlava 8.1.1986
(dále jen „autor“)

a

2. Vysoké učení technické v Brně

Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií,
se sídlem Údolní 244/53, 602 00 Brno,
jejímž jménem jedná na základě písemného pověření děkanem fakulty:
Prof. Ing. Radomír Vrba, CSc.
(dále jen „nabyvatel“)

Čl. 1

Specifikace školního díla

1. Předmětem této smlouvy je vysokoškolská kvalifikační práce (VŠKP):

- ☐ disertační práce
- ☐ diplomová práce
- ☐ bakalářská práce
- ☐ jiná práce, jejíž druh je specifikován jako

.....
(dále jen VŠKP nebo dílo)

Název VŠKP: Posouzení možnosti připojení nového zdroje do sítě
z hlediska napěťových poměrů
Vedoucí/ školitel VŠKP: Doc. Ing. Petr Toman Phd.
Ústav: Ústav elektroenergetiky
Datum obhajoby VŠKP:

VŠKP odevzdal autor nabyvateli v*:

☐ tištěné formě – počet exemplářů 2

* hodící se zaškrtněte

☐ elektronické formě – počet exemplářů 2

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

Článek 2

Udělení licenčního oprávnění

1. Autor touto smlouvou poskytuje nabyvateli oprávnění (licenci) k výkonu práva uvedené dílo nevýdělečně užít, archivovat a zpřístupnit ke studijním, výukovým a výzkumným účelům včetně pořizování výpisů, opisů a rozmnoženin.
2. Licence je poskytována celosvětově, pro celou dobu trvání autorských a majetkových práv k dílu.
3. Autor souhlasí se zveřejněním díla v databázi přístupné v mezinárodní síti
 - ☐ ihned po uzavření této smlouvy
 - ☐ 1 rok po uzavření této smlouvy
 - ☐ 3 roky po uzavření této smlouvy
 - ☐ 5 let po uzavření této smlouvy
 - ☐ 10 let po uzavření této smlouvy(z důvodu utajení v něm obsažených informací)
4. Nevýdělečné zveřejňování díla nabyvatelem v souladu s ustanovením § 47b zákona č. 111/1998 Sb., v platném znění, nevyžaduje licenci a nabyvatel je k němu povinen a oprávněn ze zákona.

Článek 3

Závěrečná ustanovení

1. Smlouva je sepsána ve třech vyhotoveních s platností originálu, přičemž po jednom vyhotovení obdrží autor a nabyvatel, další vyhotovení je vloženo do VŠKP.
2. Vztahy mezi smluvními stranami vzniklé a neupravené touto smlouvou se řídí autorským zákonem, občanským zákoníkem, vysokoškolským zákonem, zákonem o archivnictví, v platném znění a popř. dalšími právními předpisy.
3. Licenční smlouva byla uzavřena na základě svobodné a pravé vůle smluvních stran, s plným porozuměním jejímu textu i důsledkům, nikoliv v tísní a za nápadně nevýhodných podmínek.
4. Licenční smlouva nabývá platnosti a účinnosti dnem jejího podpisu oběma smluvními stranami.

V Brně dne:

.....

Nabyvatel

.....

Autor

Bibliografická citace práce:

NĚMEC, J. *Posouzení možnosti připojení nového zdroje z hlediska napěťových poměrů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2008. 59 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Petr Toman, Ph.D.

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

Zároveň bych na tomto místě chtěl poděkovat vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Petru Tomanovi Phd. za cenné rady a připomínky k mé práci, poskytnutou literaturu a svým rodičům za podporu během celé doby mého studia.

.....



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ



Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií

Ústav elektroenergetiky

Bakalářská práce

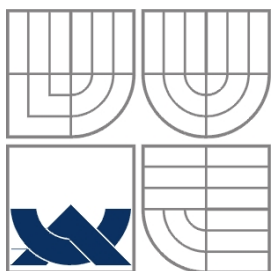
Posouzení možnosti připojení nového zdroje do sítě z hlediska napět'ových poměrů

Jan Němec

vedoucí: doc. Ing. Petr Toman

Ústav elektroenergetiky, FEKT VUT v Brně, 2008

Brno



BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



Faculty of Electrical Engineering and Communication

Department of Electrical Power Engineering

Bachelor's Thesis

Examination possibility connection new source in to system from aspect of voltage rate

by

Jan Němec

Supervisor: doc. Ing. Petr Toman

Brno University of Technology, 2008

Brno

ABSTRAKT

Připojení nových zdrojů elektrické energie do sítě je důležité pro stávající síť z důvodu její zatížitelnosti a dimenzování. Je třeba zhodnotit, zda možnost připojení nového zdroje do sítě je reálná a neohrožující plynulý chod distribuční soustavy.

Tato práce má ukázat jaké podmínky je potřeba splnit pro připojení zdroje do distribuční sítě. A to hlavně z hlediska napěťových poměrů, dále se musí uvažovat působení harmonických proudů a ovlivnění signálu HDO. Na pozadí posuzování připojení zdroje jsou administrativní náležitosti, které tvoří základ úspěšného připojení. Na základě žádosti o připojení, která spadá pod administrativní záležitosti, se většinou nechá vypracovat studie připojitelnosti. Tato studie obsahuje konkrétní výpočty a posouzení jednotlivých faktorů pro připojení nového zdroje.

Dále se zabývá připojením větrných elektráren, protože větrné elektrárny jsou velmi specifické zdroje pro připojení do distribuční sítě. Kladou se na ně větší nároky a provádí se přísnější posouzení na připojení zdroje. Poněvadž mají velmi nestálý diagram zatížení během časové jednotky (den, týden, měsíc). Což způsobuje vyšší namáhání distribuční sítě a nutnost mít rezervu elektrické energie pro případ výpadku větrné elektrárny vlivem bezvětrí.

Nakonec je uvedena praktická ukázka posouzení možnosti připojení. Jako tato ukázka bylo zvoleno posouzení parku větrných elektráren do sítě 110kV s instalovaným výkonem 32MVA z hlediska napěťových poměrů. Postup řešení je dán nahrazením částí vedení dané sítě Pí-články a výpočtem ustáleného chodu uzlové sítě pomocí Gauss-Seidel iterační metody. Následuje vyhodnocení změny napětí před a po připojení zdroje v místě připojení, která nesmí být vyšší než 2%. V této ukázce je tato podmínka splněna a z hlediska napěťových poměrů nebrání nic připojení zdroje do sítě.

KLÍČOVÁ SLOVA: Elektrická energie; Napěťové poměry; Distribuční síť; Připojovací podmínky; Místo připojení; Větrná elektrárna; Ustálený chod;

ABSTRACT

Connection new source of electrical energy into distribution network is important for existing one for reasons its rating and dimensioning. It is even evaluate, whether possibility connection new source in to network is real and do not endanger continuous running distribution system.

This work has shown, what conditions are need realize for connection source into distribution network in view of voltage ratio. Next it must incidence harmonic current and affecting centralized telecontrol signal about reasoning. Against a background examination connection source are administrative acts, which forms basis of successful connection. On basis lets request of connection mostly study of connection working up. This study contains concrete calculation and examination individual factors for connection new source.

Next put mind to connection wind power station, because wind power stations are very special source for connection into distribution network. Bigger demands are putting on them and stricter examination of connection to site must be done. Because during time unit (day, week and month) they have various strain diagram. Which makes higher straining of distribution and necessity have reserve of electrical energy for case fail wind power station owing to windless ness.

In the end, there is referred to practical examination example of possibility connecting. As this example was chosen examination of wind park to 110 kW network with 32 MVA installed power from view of voltage ratio. Solution process is given by replacement of part of given Pi-cells link and by calculation steady state of node site system with Gauss-Seidels iteration method. After that follows evaluation of voltage change in the site before and after connection of source to the network, which can not be higher than 2%. In this example is this condition satisfied and from a view of voltage ratio there is nothing to obstruct for connection new source to network.

KEY WORDS:

Electrical energy; Voltage rate; Distribution network; Connection point; Connection conditions; Wind power station; Steady running conditions;

OBSAH

SEZNAM OBRÁZKŮ.....	12
SEZNAM TABULEK	13
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	14
1. ÚVOD.....	15
2. CHARAKTERISTIKA SOUČASNÉHO STAVU ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY	16
3. CÍLE PRÁCE	17
4. PŘIPOJOVACÍ PODMÍNKY ZDROJE DO DISTRIBUČNÍ SOUSTAVY	18
4.1. VŠEOBECNÉ PODMÍNKY	18
4.2. KONTROLA NAPĚŤOVÝCH POMĚRŮ V SÍTÍ.....	22
4.3.1. ZVÝŠENÍ NAPĚTÍ	22
4.3.2. ZMĚNY NAPĚTÍ PŘI SPÍNANÍ	24
4.3. ZPĚTNÉ VLIVY NA SÍŤ	25
4.3.1. FLICKER	25
4.3.2. PROUDY HARMONICKÝCH.....	26
4.3.3. OVLIVNĚNÍ ZAŘÍZENÍ HDO	27
5. POSOUZENÍ PŘIPOJENÍ VĚTRNÉ ELEKTRÁRNY	29
5.1. VÝPOČET USTÁLENÉHO STAVU SÍTĚ U VĚTRNÝCH ELEKTRÁREN	29
5.2. FLICKER – KOLÍSÁNÍ NAPĚTÍ.....	30
5.3. PROUDY VYŠŠÍCH HARMONICKÝCH	30
5.4. ÚTLUM SIGNÁLU HDO	31
5.5. ZHODNOCENÍ PŘIPOJENÍ VĚTRNÉ ELEKTRÁRNY.....	31
6. PRAKTICKÉ POSOUZENÍ MOŽNOSTI PŘIPOJENÍ VĚTRNÉHO PARKU.....	32
7. ZÁVĚR.....	37
POUŽITÁ LITERATURA	39
PŘÍLOHA A VÝPOČTY PARAMETRŮ VEDENÍ.....	40
PŘÍLOHA B VÝSLEDNÉ HODNOTY ZÍSKANÉ PROGRAMEM GLF	42
PŘÍLOHA C TOPOLOGICKÉ SCHÉMA POSUZOVANÉ SÍTĚ 110KV	46
PŘÍLOHA D GEOGRAFICKÉ SCHÉMA POSUZOVANÉ SÍTĚ 110KV	46

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 2–1: Větrné elektrárny a vedení 110kV

Obrázek 4–1: Připojení výroben k vedení 110 kV jednoduchým T odbočením

Obrázek 4–2: Připojení výroben k vedení 110kV dvojitým T odbočením

Obrázek 4–3: Připojení výrobní zasmyčkováním do vedení 110 kV v DS

Obrázek 4–4: Připojení výrobní do pole vedení do 110kV v rozvodně DS

Obrázek 5–1: Napěťový profil sítě 22kV

Obrázek 6–1: Topologické schéma posuzované sítě 110kV

Obrázek 6–2: Schéma posuzované sítě v GLFmax před připojením zdroje

Obrázek 6–3: Schéma posuzované sítě v GLFmax po připojení zdroje

SEZNAM TABULEK

Tabulka 4–1: Příпустný vztažný proud harmonických 110kV

Tabulka 6-1: Hodnoty parametrů vedení v ES

Tabulka 6–2: Hodnoty uzlového napětí před a po připojení nového zdroje

SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK

Zkratka	Definice
VE	výrobní elektrické energie
DS	distribuční soustava
PPDS	pravidla provozování distribuční sítě
ČEPS	česká energetická přenosová soustava
PS	provozovatel sítě
CHOD	data pro výpočet chodu sítě
GEN	data generátorů statická (štitkové hodnoty, reaktance, časové konstanty)
BUZ	data budících systémů TUR data turbín
REGTG	data regulace uplatňující se v ostrovním provozu – regulátory otáček, přepouštěcí stanice atd.
ZAT	statické a dynamické závislosti odebíraného výkonu na napětí a frekvenci

Značka	Veličina	Jednotka
A	Blondelova konstanta	-
B	Blondelova konstanta	Ω
B_k	Kapacitní susceptance na jednotku délky	S/km
C	Blondelova konstanta	S
D	Blondelova konstanta	-
I_a	Zapínací ráz	A
I_{nG}	Jmenovitý proud generátoru	A
P	Činný výkon	W
P_{1t}	Dlouhodobý činitel flickeru	-
P_{10min}	Max. střední výkon v intervalu 10 minut	W
Q	Jalový výkon	VA
R_k	Elektrický odpor na jednotku délky	Ω /km
S_{kV}	Zkratový výkon	VA
S_o	Referenční výkon	VA
S_{Amax}	Max. zdánlivý výkon	VA
U_n	Jmenovité napětí	V
X_k	Reaktance vedení na jednotku délky	Ω
Y	Admitance	S
Z	Impedance	Ω
c	Činitel flickeru	-
$\cos \varphi$	Účinník	-
$i_{V\mu zul}$	Přípustný vztažný proud harmonických	A
k_i, k_{imax}	Činitel rázového proudu při spínání el. zdroje	-
k_{k1}	Zkratový poměr	-
p	Počet iterací	-
ΔP	Změna činného výkonu	W
ΔQ	Změna jalového výkonu	VA
Δu_{imax}	Povolená změna napětí	V
$\Delta u_{max vn}$	Povolená změna napětí při spínání	V
ε	Přesnost	-
φ	Fázový úhel generátoru	°
v, μ	Řád harmonického proudu	-

1. ÚVOD

Co dělat, když nás napadne myšlenka vybudovat výrobnu elektrické energie? V hlavě je vytvořená určitá představa jak by měla elektrárna vypadat. Postupem času je tato představa pomalu přetvářena v skutečnost a to založením projektu. Který bude vypracováván podle zákonů, vyhlášek a norem týkající se budování elektrárny.

Na začátku projektu je třeba rozmyslet typ výroby (vodní, větrná, sluneční, tepelná, jaderná atd.), množství vyrobené elektrické energie, návratnost investice. Dále učinit rozhodnutí o podobě výroby po stavební stránce, zvolit strojní zařízení (turbíny, generátory, kotle, reaktory, fotovoltaické články a mnohé další), zajistit projekt po finanční stránce atd. návratnost investice, Nesmí se však zapomenout na připojení výroby do sítě, bez toho by sebelepší elektrárna byla k ničemu.

Připojit elektrárnu do sítě není snadná věc, jak se na první pohled zdá. Jde hlavně o získání různých povolení a splnění podmínek pro připojení. Potom samotné připojení je otázkou několika hodin, popřípadě dní. Jako první krok je třeba zažádat u příslušného provozovatele distribuční nebo přenosové sítě o připojení do sítě. Ten se po předložení dokumentů o parametrech výroby, o místu stavby atd. vyjádří k připojení podle pravidel provozování distribuční sítě. Tato práce se zabývá tím co všechno je potřeba udělat aby vám bylo uděleno provozovatelem sítě připojení do sítě. Přestože je každý projekt na výstavbu a připojení do sítě individuální můžeme se řídit pokyny a informacemi uvedené v této práci.

2. CHARAKTERISTIKA SOUČASNÉHO STAVU ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

Problematika posuzování připojení nových zdrojů do distribuční sítě je vcelku ustálená ale velmi potřebná. V dnešní době kdy pořád narůstá spotřeba elektrické energie její třeba pokrýt výstavbou nových zdrojů. A každý takový nový zdroj potřebuje připojit do sítě, aby mohl do ní dodávat elektrickou energii.

Každý nový zdroj je svým způsobem originálně řešen vzhledem k okolnostem, jako jsou např. typ zdroje, geografické prostředí, okolní elektrické zařízení, parametry distribuční sítě a další. Se vším se musí počítat při posuzování zdroje. Přesto můžeme několik faktorů považovat za stěžejní, tím hlavním je určité zatížení sítě před připojením a s tím souvisí povolená změna napětí. Pokud je změna větší než povolená hodnota je připojení nevyhovující a návrh připojení je

vrácen k přepracování nebo k úplnému zamítnutí výstavby zdroje. V opačném případě je možno říci, že připojení nového zdroje z hlediska změny napětí je vyhovující. Po tomto kroku je přistoupit k *Obrázek 2-1: Větrné elektrárny a vedení 110kV* dalším neméně důležitým faktorům, které ovlivňují distribuční síť. Mezi ně patří harmonické proudy, flicker, ovlivnění signálu HDO.



V současnosti pro tuto problematiku je velmi užitečným nástrojem výpočetní technika, zejména pak programy na výpočet ustáleného chodu (např. GLF,), simulační programy (např. Matlab Simulink, Dynast,...), programy pro návrh sítí (PAS Daisy,...) a další.

3. CÍLE PRÁCE

Jak udává název této práce, jejím cílem je nastínit problematiku připojování nových zdrojů do distribuční sítě. Jak hlavně z hlediska napěťových poměrů v síti tak z ohledu na další vlivy, které mohou působit nepříznivě po připojení na síť. Jedná se o harmonické proudy, flicker a ovlivnění signálu HDO. Rovněž je tu ukázáno na administrativní stránku problematiky, která tvoří podklad pro vyjednávání a posuzování možnosti připojení nového zdroje.

Nejvíce problematickým zdrojem pro připojení jsou větrné elektrárny. Proto je jim věnována kapitola, kde jsou uvedeny informace důležité pro posouzení připojení větrných elektráren do sítě. Dále jsou zde popsány typy výpočtů vhodné pro tuto problematiku. Tím hlavním výpočtem je ustálený chod, ale jsou tu použity iterační metody na řešení soustavy rovnic pro řešení uzlové sítě.

Jako praktická ukázka této problematiky bylo zvoleno posouzení parku větrných elektráren větrných elektráren o instalovaném výkonu 32MVA do distribuční sítě 110kV. Posouzení je provedeno pouze z hlediska napěťových poměrů, což je hlavní faktor k posouzení.

4. PŘIPOJOVACÍ PODMÍNKY ZDROJE DO DISTRIBUČNÍ SOUSTAVY

4.1. Všeobecné podmínky

Pro připojení nového zdroje, pro úpravu nebo pro rozšíření výrobní elektrické energie (dále jen VE) do distribuční sítě je potřeba provést několik kroků. Je potřeba získat souhlasné stanovisko provozovatele distribuční sítě (dále jen DS) jako jsou ČEZ Distribuce a.s., E-on Distribuce a.s. nebo Pražská energetika a.s., záleží na lokalitě, a uzavřít s ním smlouvu o dodávce a odběru elektrické energie. Při uzavírání smlouvy je nutno dodržet obchodní podmínky provozu VE, energetický zákon, stavební zákon č.50/1976 Sb. pro nově vybudované nebo z větší části rozšířené VE, zákonu o vodním hospodářství č. 138/1973 Sb. pro vodní elektrárny. Pro uzavření smlouvy o dodávce a odběru je potřeba podle zvoleného provozovatele DS uvést tyto údaje, které jsou citovány z publikace firmy E-on Distribuce a.s. [10]):

”

identifikační údaje žadatele (jméno, název firmy, IČO, DIČ, kontaktní údaje)

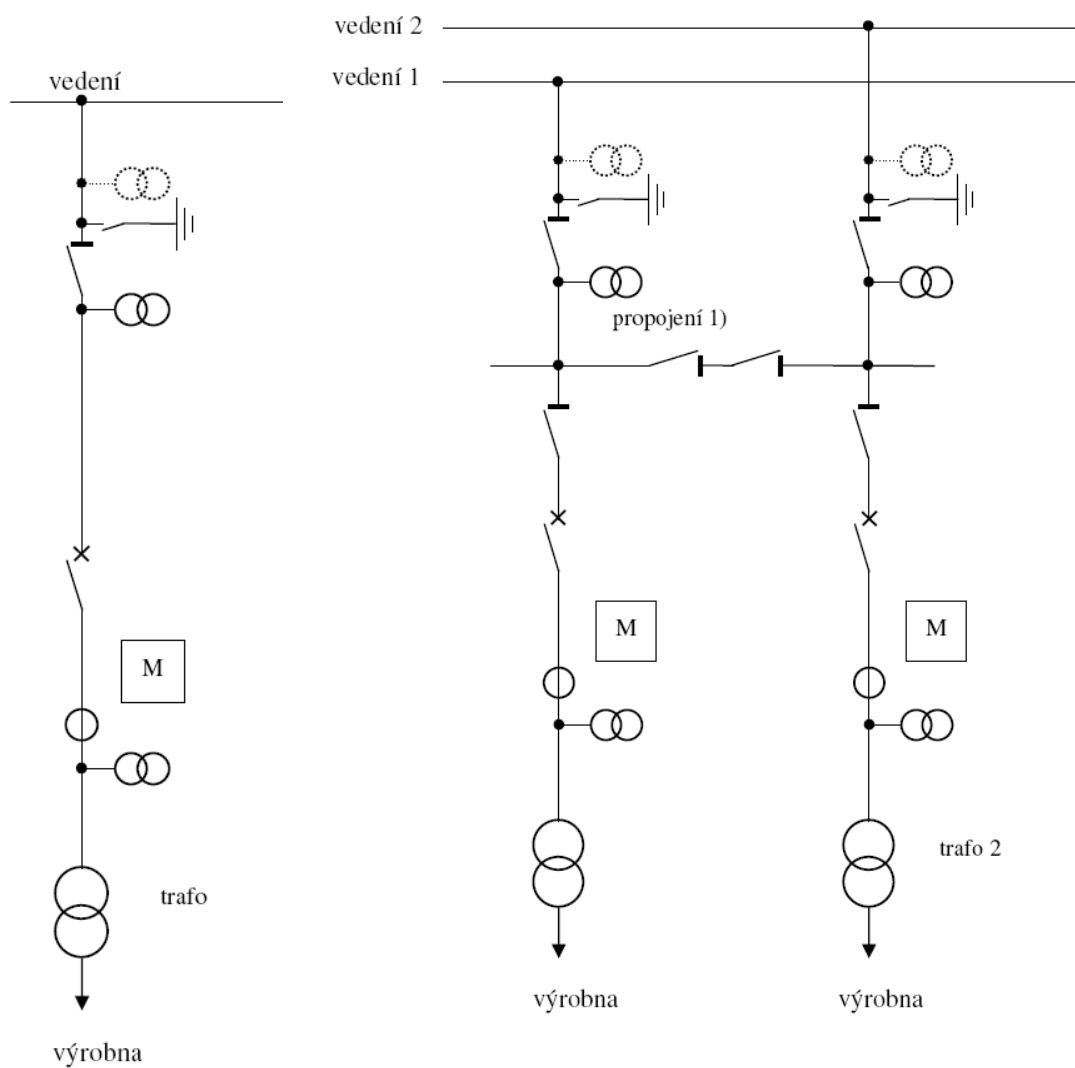
- a) lokalitu (okres, obec, katastrální území)
- b) specifikaci stávajícího odběrného místa (existuje-li) tj. číslo místa spotřeby, popř. číslo elektroměru, předpokládaný příkon při odstavení zdroje v kW.
- c) souhlas vlastníka nemovitosti se zřízením a provozováním el. zdroje
- d) souhlas obce s umístěním el. zdroje na jejím katastrálním území (v případě výroben, které nejsou součástí stávajících objektů)
- e) požadovaný termín připojení
- f) režim dodávky (doba a množství dodávky, způsob podpory OZE)
- g) situační plánec v měřítku se zakreslením umístění el. zdroje, kde bude patrné umístění el. zdroje v širším vztahu k dané lokalitě
- h) druh výroby (kombinovaná, obnovitelné zdroje atd., specifikace dle vyhlášky. MPO 252/2001 v platném znění)
- i) typ el. zdroje, pohonu, generátoru
- j) instalovaný a provozní výkon, jmenovitý a rozběhový proud, jmenovitý a provozní účinník generátoru (P, Q diagram, dosažitelný účinník zdroje při jmenovitém výkonu)
- k) jmenovité napětí zdroje (musí odpovídat ČSN IEC 38)
- l) u větrných elektráren činitel flikru c a vnitřní fázový úhel generátoru φ nebo změnu činného výkonu ΔP a změnu jalového výkonu ΔQ , osvědčení a zkušební protokol k očekávaným zpětným vlivům
- m) u střídačů a měničů frekvence zkušební protokoly k očekávaným proudům harmonických a meziharmonických

- n) zkratový příspěvek zdroje
- o) činitel k_i , $k_{i\max}$ (činitel rázového proudu při spínání el. zdroje)
- p) provozní účinník el. zdroje, popis kompenzace účinníku
- q) způsob připojení (3f, 1f)
- r) přehledové schéma celého elektrického zařízení s jmenovitými hodnotami použitých zařízení (jednopolové schéma postačí) vč. údajů o vlastních přípojných vedeních a rozvodném zařízení výrobce elektřiny
- s) případně další potřebné údaje dle konkrétního případu

”

Po předložení žádosti s uvedenými údaji o připojení do DS, z předchozího seznamu, proběhne její předběžné posouzení. V případě že nebudou poskytnuté údaje přijaty jako dostačující, je žadatel vyzván o doplnění údajů. Buď je povinen obohatit stávající údaje, nebo dodat nové informace potřebné k předběžnému posouzení žádosti. Za termín podání žádosti se považuje den, kdy byly dodány všechny požadované náležitosti.

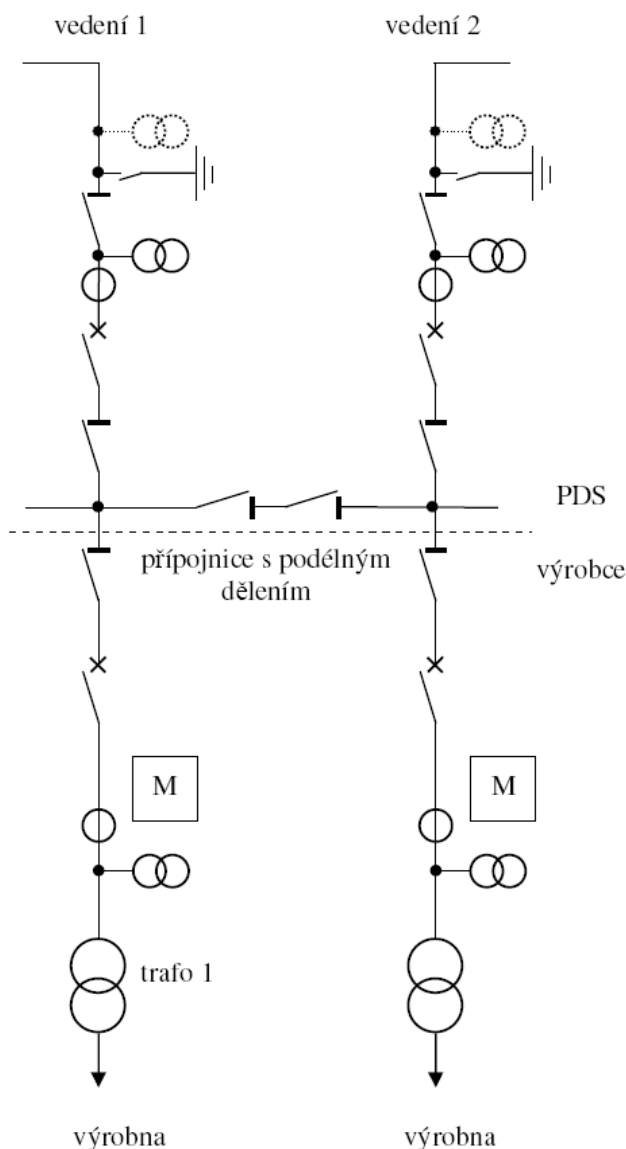
Po předběžném posouzení má provozovatel DS třicet dní na vyjádření, zda je nutné chtít po žadateli, aby nechal vypracovat studii o možnosti připojení VE do DS studii připojitelnosti. Jestli je požadována studie připojitelnosti musí provozovatel DS vydat stanovisko s předběžným označením místa (míst) a způsob připojení VE, pro které bude vypracována studie. Způsoby připojení do DS pro vedení 110kV jsou znázorněny na obr. 1–4.



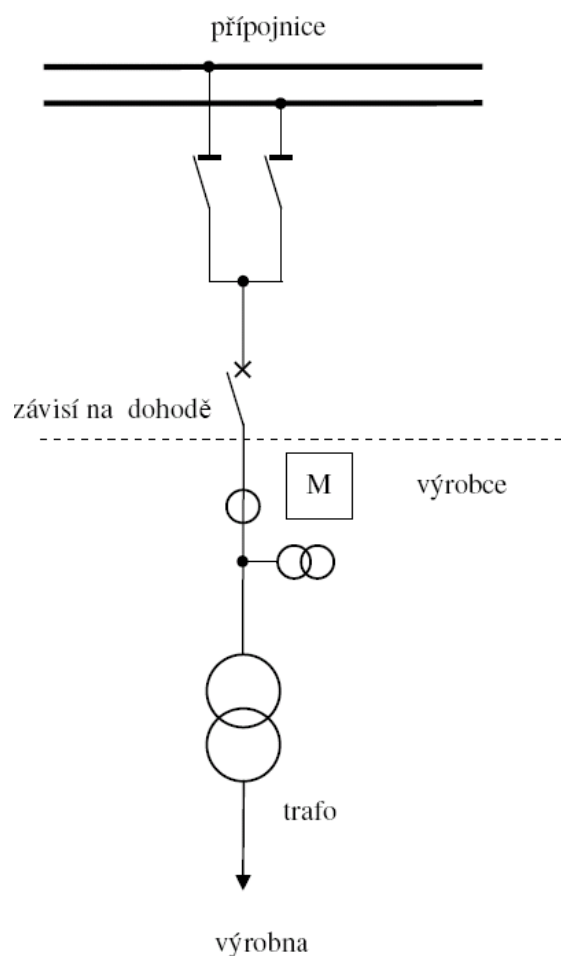
M – Fakturační měření

Obrázek 4–1: Připojení výroben k vedení
110 kV jednoduchým T odbočením

Obrázek 4–2: Připojení výroben k vedení
110kV dvojitým T odbočením



Obrázek 4–3: Připojení výrobny zasmyčkováním do vedení 110 kV v DS



Obrázek 4–4: Připojení výrobny do pole vedení do 110kV v rozvodně DS

Když je požadovaná studie připojitelnosti, má žadatel 90 dní na její doručení provozovateli DS. Tato studie musí obsahovat posouzení možného připojení VE do DS s ohledem na dodržení parametrů zpětných vlivů na DS. Zejména na změny napětí vyvolané trvalým provozem výrobny, na změny napětí při spínání, útlumu signálu HDO, flikru, harmonických a dalších kritérií daných podle Pravidel provozování distribuční sítě [1] (dále jen PPDS) a příloh pravidel [2] [3]. Posuzování připojitelnosti je potřeba zpracovávat s ohledem na minimální dosažitelné zpětné ovlivnění DS provozováním VE a aby bylo využíváno všech provozních možností připojeného zařízení. Ve studii je nutné vycházet z podmínky dodržení účinníku v předávacím místě v celém rozsahu výkonu výrobny v rozmezí $\cos \varphi = 0,95$ ind. až 1. Z pádného důvodu lze požadovat propracovat studii i pro jiné hodnoty účinníku.

Je-li provozovatel DS nespokojen s výsledky studie může požadovat doplnění nebo přepracování studie připojitelnosti. Žadateli se prodlouží doba na doděláním, je mu poskytnuto dalších 90 dní. A zároveň má nárok žádat kopie dokumentů odkud uživatel čerpal informace na udělání studie hlavně při výpočtu. Mohly by to být především zkušební protokoly, zkušební atesty a podobně. Studie obsahuje kontrolu napěťových poměrů v síti zpracovanou v kapitole 4.2.

4.2. Kontrola napěťových poměrů v síti

Napěťové poměry se kontrolují hlavně při provozování výroben v síti, dále při spínání způsobené připojováním a odpojováním generátorů el. energie ve VE.

4.3.1. Zvýšení napětí

Zvýšení napětí způsobeno provozováním připojených výroben nesmí podle přílohy příručky [3] v nejnepríznivějším případě v přípojném bodě přesáhnout 2 % napětí bez připojení VE pro výrobní zapojené do sítí vn a 110 kV.

$$\Delta u_{vn,110kV} \leq 2\% \quad (4.1)$$

pro výrobní připojené sítí nn nesmí přesáhnout 3 %, tedy

$$\Delta u_{nn} \leq 3\% \quad (4.2)$$

„V případě kde je v síti nn a vn jen jedno přípojně místo, je možné tuto podmínku posoudit jednoduše pomocí zkratového poměru výkonů. Posouzení pomocí zkratového výkonu bylo použito z [3].

$$k_{k1} = \frac{S_{kV}}{\sum S_{Amax}} \quad (4.3)$$

kde S_{kV} je zkratový výkon v přípojném bodu a S_{Amax} je součet maximálních zdánlivých výkonů všech připojených/plánovaných výroben. K vyšetření S_{Amax} u větrných elektráren je zapotřebí vycházet z maximálních zdánlivých výkonu jednotlivého zařízení S_{Emax} :

$$S_{Emax} = S_{Emax10min} = S_{nG} \cdot P_{1min} = \frac{P_{nG}}{\lambda} \cdot P_{10min} \quad (4.4)$$

přičemž hodnotu P_{10min} (maximální střední výkon v intervalu 10 minut) je zapotřebí převzít ze zkušebního protokolu. U zařízení se speciálním omezením výkonu je zapotřebí dosadit tyto omezené hodnoty. V případě jediného přípojného bodu v síti bude podmínka pro zvýšení napětí dodržena vždy, když zkratový poměr výkonu k_{k1} je pro výrobní s přípojným místem v síti vn

$$k_{k1vn} \geq 50 \quad (4.5)$$

podobně pro výrobní s přípojným místem v síti nn

$$k_{k1nn} \geq 33 \quad (4.6)$$

Pokud je síť nn a vn silně induktivní, pak je posouzení pomocí činitele k_{k1} příliš konzervativní, tzn., že dodávaný výkon bude silněji omezen, než je zapotřebí k dodržení zvýšení napětí. V

takovém případě je zapotřebí provést výpočet s komplexní hodnotou impedance sítě s jejím fázovým úhlem φ , který poskytne mnohem přesnější výsledek. Podmínka pro maximální výkon pak je pro výrobní s přípojným místem v síti vn

$$S_{Amax\ vn} \leq \frac{2\% \cdot S_{kV}}{|\cos(\psi_{kV} + \varphi)|} = \frac{S_{kV}}{50 \cdot |\cos(\psi_{kV} + \varphi)|} \quad (4.7)$$

pro výrobní s přípojným místem v síti nn

$$S_{Amax\ nn} \leq \frac{3\% \cdot S_{kV}}{|\cos(\psi_{kV} + \varphi)|} = \frac{S_{kV}}{33 \cdot |\cos(\psi_{kV} + \varphi)|} \quad (4.8)$$

kde φ je fázový úhel mezi proudem a napětím výrobní při maximálním zdánlivém výkonu S_{Amax} . U výroben, které dodávají do sítě (induktivní) jalový výkon (např. přebuzené synchronní generátory, pulzní měniče), přitom platí:

$$P > 0 \text{ a } Q > 0 \quad (4.9)$$

$$0^\circ \leq \varphi_E \leq 90^\circ \quad (4.10)$$

U výroben, které odebírají ze sítě (induktivní) jalový výkon (např. asynchronní generátory, podbuzené synchronní generátory, sítě řízené střídače) platí:

$$P > 0 \text{ a } Q < 0 \quad (4.11)$$

$$270^\circ \leq \varphi_E \leq 360^\circ \text{ } (-90^\circ \leq \varphi_E \leq 0^\circ) \quad (4.12)$$

Pokud pro cosinový člen, tj. $\cos(\psi_{kV} - \varphi)$ v rovnici (2.2) vychází hodnota menší než 0,1, pak se zřetelem na nejistoty tohoto výpočtu odhaduje 0,1. V mnoha případech je v praxi udán maximální připojitelný výkon S_{Amax} , pro který je pak zapotřebí určit zvýšení napětí v přípojném bodu. K tomu je používán následující vztah:

$$\Delta u_{AV} = \frac{S_{Amax} \cdot \cos(\psi_{kV} - \varphi)}{S_{kV}} \quad (4.13)$$

V propojených sítích, v sítích 110 kV a/nebo při provozu více rozptýlených výroben v síti je zapotřebí určovat zvýšení napětí s pomocí komplexního chodu sítě. Přitom musí být dodržena podmínka pro Δu v nejnepríznivějším přípojném bodě.

Při posuzování připojitelnosti výroben se vychází z neutrálního účinku v předávacím místě do **DS**, pokud **PDS** vzhledem k místním podmínkám (bilance jalové energie, napětí v síti) nestanoví jinak. V tomto případě je pak zapotřebí doložit podrobnějšími výpočty bilanci ztrát v síti bez zdroje a při jeho provozu.“

4.3.2. Změny napětí při spínání

Podkapitola změny napětí při spínání je citována z [3] „Změny napětí ve společném napájecím bodě, způsobené připojováním a odpojováním jednotlivých generátorů nebo zařízení, nevyvolávají nepřipustné zpětné vlivy, pokud největší změna napětí pro výroby s předávacím místem v síti vn nepřekročí 2 %, tj.

$$\Delta u_{\max \text{ vn}} \leq 2\% \quad (4.14)$$

Pro výroby v síti 110 kV platí pro změnu napětí mez 2 % za předpokladu, že četnost spínání není větší než desetkrát za hodinu, pro větší počet sepnutí je dovolená mezní změna 1,5 % . Pro výroby s předávacím místem v síti nn platí

$$\Delta u_{\max \text{ nn}} \leq 3\% \quad (4.15)$$

Toto platí, pokud spínání není častější než jednou za 1,5 minuty. Při velmi malé četnosti spínání, např. jednou denně, může **PDS** připustit větší změny napětí, pokud to dovolí poměry v síti. V závislosti na zkratovém výkonu S_{kV} v síti **PDS** a jmenovitém zdánlivém výkonu S_{nE} jednotlivé výroby lze odhadnout změnu napětí

$$\Delta u_{\max} = k_{i \max} \cdot \frac{S_{nE}}{S_{kV}} \quad (4.16)$$

činitel $k_{i \max}$ se označuje jako “největší spínací ráz” a udává poměr největšího proudu, který se vyskytuje v průběhu spínacího pochodu (např. zapínací ráz I_a) ke jmenovitému proudu generátoru nebo zařízení, např.

$$k_{i \max} = \frac{I_a}{I_{nG}} \quad (4.17)$$

Výsledky na základě tohoto “největšího zapínacího rázu” jsou na bezpečné straně. Pro činitel zapínacího rázu platí následující směrné hodnoty:

$k_{i \max} = 1$	synchronní generátory s jemnou synchronizací, střídače
$k_{i \max} = 4$	asynchronní generátory, připojované s 95 až 105 % synchronních otáček, pokud nejsou k dispozici přesnější údaje o způsobu omezení proudu. S ohledem na krátkodobost přechodového jevu musí přitom být dodržena dále uvedená podmínka pro velmi krátké poklesy napětí
$k_{i \max} = I_a/I_{nG}$	asynchronní generátory motoricky rozbíhané ze sítě
$k_{i \max} = 8$	pokud není známo I_a .

Asynchronní stroje připojované přibližně se synchronními otáčkami mohou vlivem svých vnitřních přechodových jevů způsobit velmi krátké poklesy napětí. Takovýto pokles smí dosáhnout dvojnásobku jinak přípustné hodnoty, tj. pro síť vn 4 %, pro síť nn 6 %, pokud netrvá déle než dvě periody a následující odchylka napětí od hodnoty před poklesem napětí nepřekročí jinak přípustnou hodnotu. Pro větrné elektrárny platí speciální “činitel spínání závislý na síti”, který musí výrobce prokazovat, jímž se hodnotí jejich spínání a který také respektuje zmíněné velmi krátké přechodové jevy. Tento činitel respektuje nejen výši, ale i časový průběh proudu v

průběhu přechodového děje a udává se jako funkce úhlu impedance sítě y pro každé zařízení ve zkušebním protokolu. Jeho pomocí lze vypočítat fiktivní “náhradní změnu napětí”,

$$\Delta u_{ers} = k_{i\psi} \cdot \frac{S_{nE}}{S_{kV}} \quad (4.18)$$

která rovněž (jako Δu_{max}) nesmí překročit hodnotu 2 % pro výrobní s přípojným místem v síti vn a 3 % pro výrobní s přípojným místem v síti nn. S ohledem na minimalizaci zpětného vlivu na síť **PDS** je zapotřebí zamezit současnému spínání více generátorů v jednom předávacím místě. Technické řešení je časové odstupování jednotlivých spínání, které je závislé na vyvolaných změnách napětí. Při maximálním přípustném výkonu generátoru musí být minimálně 1,5 minuty. Při zdánlivém výkonu generátoru do poloviny přípustné hodnoty postačí odstup 12 s.“

4.3. Zpětné vlivy na síť

Aby nebyla rušena zařízení dalších odběratelů a provozovaná zařízení **PDS**, je zapotřebí omezit zpětné vlivy místních výroben. Pro posouzení je třeba vycházet ze zásad pro posuzování zpětných vlivů a jejich přípustných mezí [1], [2], [3]. Bez další kontroly zpětných vlivů mohou být výrobní připojeny, pokud poměr zkratového výkonu sítě S_{kV} ke jmenovitému výkonu celého zařízení S_{rA} je větší než 500. Pokud výrobce nechá své zařízení ověřit v uznávaném institutu, pak lze do posuzování připojovacích podmínek zahrnout příznivější činitel S_{kV}/S_{rG} (<500). Pro větrné elektrárny je zapotřebí předložit certifikát, zkušební protokol apod. Pro individuální posouzení připojení jedné nebo více vlastních výroben v jednom společném napájecím bodu je třeba vycházet z následujících mezních podmínek:

4.3.1. Flicker

Dlouhodobý flicker

Pro posouzení jedné nebo více výroben v jednom předávacím místě je zapotřebí se zřetelem na kolísání napětí vyvolávající flicker dodržet ve společném napájecím bodě mezní hodnotu

$$P_{It} \leq 0,46 \quad (4.19)$$

Dlouhodobá míra flickeru P_{It} jednoho zdroje může být určena pomocí činitele flickeru c jako

$$P_{It} = c \cdot \frac{S_{nE}}{S_{kV}} \quad (4.20)$$

S_{nE} je jmenovitý výkon zařízení (pro větrné elektrárny je to hodnota S_{nG}).

Pokud je hodnota vypočtená podle předchozí rovnice větší než 0,46, je možné do výpočtu zahrnout fázové úhly a počítat podle následujícího vztahu

$$P_{It} = c \cdot \frac{S_{nE}}{S_{kV}} \cdot |\cos(\psi_{kV} + \varphi_i)| \quad (4.21)$$

Pozn.: Je-li ve zkušebním protokolu zařízení vypočítána hodnota činitele flickeru c pro úhel impedance sítě y a tím je udána jen hodnota c_ψ , použije se tato hodnota flickeru. Přitom je však

třeba vzít v úvahu, že v tomto případě se už kosinový člen nerespektuje, event. se dosazuje roven 1.

U výrobní s více jednotlivými zařízeními je zapotřebí vypočítat P_{It} pro každé zvlášť a výslednou hodnotu pro flickeru ve společném napájecím bodě určit podle následujícího vztahu

$$P_{It\ res} = \sqrt{\sum_i P_{It\ i}^2} \quad (4.22)$$

U zařízení s n stejnými jednotkami je výsledný činitel pro flicker

$$P_{It\ res} = \sqrt{n} \cdot P_{It} = \sqrt{n} \cdot c \cdot \frac{S_{nE}}{S_{kV}} \quad (4.23)$$

4.3.2. Proud harmonických

Harmonické vznikají především u zařízení se střídači nebo měniči frekvence. Harmonické proudy emitované těmito zařízeními musí udat výrobce, např. zprávou o typové zkoušce.

Vzhledem k tomu, že v zadání této práce je požadované posouzení pro síť 110kV. Podmínky harmonických proudů jsou citovány z [3].

„Pro tyto sítě udává následující tabulka celkově dovolené proudy harmonických pro zařízení připojená do jedné transformovny nebo do jednoho vedení 110 kV. Tyto hodnoty převzaté z [8] se vztahují ke zkratovému výkonu v předávacím místě výrobní.

Tabulka 4–1: Přípustný vztažný proud harmonických 110kV

Řád harmonické v, μ	Přípustný vztažný proud harmonických $i_{v, \mu\ zul}$ v A/GVA
5	2,6
7	3,75
11	2,4
13	1,6
17	0,92
19	0,70
23	0,46
25	0,32
>25 nebo sudé	5,25/v
$\mu < 40$	5,25/ μ
$\mu > 40$	16/ μ

Pozn.: Pro harmonické řádu násobku tří se mohou vzít za základ hodnoty pro nejbližší vyšší řád
Přípustné proudy harmonických jednoho výrobního zařízení se získají pak pro harmonické do řádu 13 takto:

$$I_{v\ zul} = i_{v, \mu\ p\check{r}} \cdot S_{kV} \cdot \frac{S_A}{S_0} \quad (4.24)$$

pro harmonické řádů vyšších než 13 a pro meziharmonické:

$$I_{V\text{ zul}} = i_{V,\mu\text{ p\check{r}}} \cdot S_{kV} \cdot \sqrt{\frac{S_A}{S_0}} \quad (4.25)$$

$I_{V,\mu\text{ zul}}$ přípustný proud harmonické výrobního zařízení $i_{V,\mu\text{ zul}}$ přípustný vztažný proud harmonické podle *Tabulka 4–1*

S_{kV} zkratový výkon v přípojném bodě

S_A přípojný výkon výrobního zařízení

S_0 referenční výkon.

Proudy harmonických a meziharmonických řádů vyšších než 13 se nemusí respektovat, když je výkon největšího dodávajícího měniče menší než 1/100 zkratového výkonu sítě v přípojném bodě.

Je-li výrobní zařízení připojeno k úseku vedení mezi dvěma transformovny, dosazuje se za referenční výkon S_0 tepelný mezní výkon tohoto úseku vedení. Při připojení výrobního zařízení přímo nebo přes zákaznickovo vedení k transformovně se za S_0 dosazuje maximálně k transformovně připojitelný vyráběný výkon.

Dodržení přípustných proudů zpětných vlivů lze prokázat měřením celkového proudu v předávacím místě nebo výpočtem z proudů připojených jednotlivých zařízení. Měření proudů harmonických a meziharmonických se musí provádět podle ČSN EN 61000-4-7ed.2.

Proudy harmonických, přiváděné zkresleným napětím sítě do výrobního zařízení (např. do obvodů filtru), se výrobnímu zařízení nepřipočítávají.“

4.3.3. Ovlivnění zařízení HDO

Zařízení hromadného dálkového ovládání (HDO) jsou obvykle provozována s frekvencí mezi cca 180 až 1050 Hz. Místně použitou frekvenci HDO je zapotřebí zjistit u **PDS**. Vysílací úroveň je obvykle mezi 1 % až 4 % U_n . Zařízení HDO jsou dimenzována na zatížení, které odpovídá 50 Hz zatížení sítě, kterou napájí svým signálem. Výrobní ovlivňují HDO přidavným zatížením vysílačů HDO:

- vlastním zařízením výrobní
- příp. zvýšeným zatížením části sítě, do které pracuje výrobní.

Tento vliv může způsobit nepřípustné změny hladiny signálu HDO ve společném napájecím bodu, kterým je obecně zapotřebí zamezit odpovídajícími technickými opatřeními, která musí být odsouhlasena mezi provozovatelem výrobní a **PDS**. Přitom je zapotřebí vycházet z toho, že hladina signálu HDO v žádném bodu sítě nesmí klesnout o více než 10 až 20% pod požadovanou hladinu (v závislosti na podmínkách, jako jsou frekvence HDO, druh sítě, druhy přijímačů apod.), přičemž je zapotřebí uvažovat odpovídající impedance odběrů i výroben. U poklesů hladiny signálu HDO výrobny je zapotřebí uvažovat následující hlediska:

- Zdroje připojené statickými střídači bez filtrů zpravidla nezpůsobují významné snížení hladiny signálu HDO. Pokud jsou vybaveny filtry nebo kompenzačními kondenzátory, pak je zapotřebí přezkoušet sériovou rezonanci s reaktancí nakrátko transformátoru výrobní.

- Zdroje, jejichž synchronní nebo asynchronní generátory jsou připojeny do sítě přes transformátor, vyvolávají tím nižší pokles signálu, čím je vyšší zkratová reaktance generátoru a transformátoru, čím je vyšší frekvence HDO a zkratový výkon sítě.

V některých případech může být nutná instalace zádrže pro tónovou frekvenci. Kromě omezení poklesu hladiny signálu HDO nesmí být též produkováána nežádoucí rušivá napětí.

Obecně platí:

- výrobnou vyvolané rušivé napětí, jehož frekvence odpovídá místně použité frekvenci HDO nebo leží v bezprostřední blízkosti, nesmí překročit 0.1 % U_n

- napětí produkováána výrobnou, jejichž frekvence je do 100 Hz pod nebo nad místní použitou frekvencí HDO, nesmějí v přípojném bodu překročit 0.3 % U_n .

Výše uvedené hodnoty 0.1 % U_n resp. 0.3 % U_n vycházejí z předpokladu, že v síti nn nejsou připojeny více než dvě vlastní výroby. Jinak jsou zapotřebí zvláštní výpočty. Pokud vlastní výroba nepřípustně ovlivňuje provoz zařízení HDO, je zapotřebí, aby její provozovatel učinil opatření potřebná k odstranění ovlivnění, a to i když ovlivnění je zjištěno v pozdějším čase.

5. POSOUZENÍ PŘIPOJENÍ VĚTRNÉ ELEKTRÁRNY

Největší problémy s vyvedením elektrického výkonu větrných elektráren vyplývají z faktu, že výkon je velmi závislý na síle a rychlosti větru a proto není možné zajistit konstantní dodávku elektrické energie do místa vyvedení. Větrné elektrárny a farmy větrných elektráren mohou mít následující vlivy na elektrickou síť:

- přetěžování sítí – je třeba dostatečně dimenzované přípojně místo pro vyvedení výkonu
- kolísání napětí – napětí je ovlivněno kompenzací jednotlivých strojů či celé farmy větrných elektráren
- zvyšování zkratových poměrů – připojením větrné elektrárny do přípojněho místa se změni zkratové poměry s sítí
- kvalita dodávky – větrné elektrárny jsou vybaveny regulací založenou na výkonové elektronice a jsou tedy často i rušivými zdroji v elektrické síti (flicker, vyšší harmonické, útlum signálu HDO, aj.)
- při začlenění větrné elektrárny do pokrývání diagramu zatížení je dodávka nestabilní a závisí na povětrnostních podmínkách, a proto je třeba zajistit dostatečné množství regulačního výkonu pro pokrývání odchylek způsobených větrnými elektrárnami

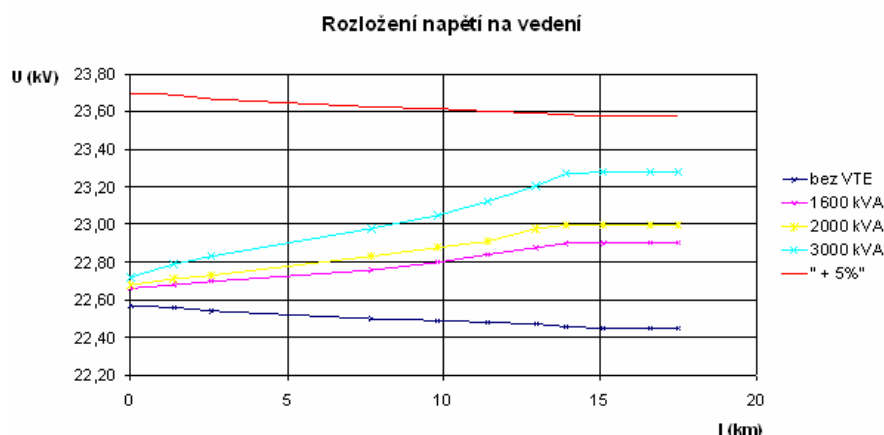
Tyto vlivy nelze zcela eliminovat, ale lze je alespoň omezit na přijatelnou míru užitím vhodné technologie

Podle článku uvedeného na internetových stránkách TzB – Technické zařízení budov [12]

„Pro připojení větrné elektrárny nebo farmy větrných elektráren do distribuční sítě, musí výrobce požádat o připojení, podstoupit přihlašovací řízení s danými zákonnými normami a dále splnit podmínky pro připojení, které jsou dány provozovatelem distribuční sítě (PPDS) – Pravidla pro paralelní provoz zdrojů se sítí provozovatele distribučních soustav. Postup je stejný jako u připojování jiných typů elektráren, který je popsán v předchozích kapitole 4. Při posuzování jsou vyhodnocovány následující parametry: zvýšení napětí po připojení, zvýšení napětí při spínání, flicker (souvisí s kolísáním), proudy vyšších harmonických a ovlivnění zařízení HDO (hromadné dálkové ovládání). „

5.1. Výpočet ustáleného stavu sítě u větrných elektráren

Pro výpočet rozsáhlejších elektrických sítí se v dnešní době využívají výpočetní programy, které na základě iteračních metod jako je např. Newtonova metoda, provedou výpočet ustáleného stavu sítě, tj. rozložení napětí a proudů v jednotlivých uzlech a větvích elektrické sítě. Aby bylo možné výpočet provést, je třeba detailně znát konfiguraci sítě: rozvodny (napěťové hladiny, zkratové výkony), transformátory, vedení (typy vedení, délky a proudové profily), odběry (činné a jalové odběry) a parametry připojeného nového zdroje. Na základě těchto parametrů se provede výpočet před připojením a po připojení nového zdroje. Oba tyto výpočty se porovnají a vynesou rozhodnutí, zda je možno provést připojení. Při posuzování připojení větrné elektrárny do distribuční sítě hlavním kritériem je změna napětí v místě připojení nového výrobního zdroje. V bodě připojení nesmí hodnota v sítích VN a 110Kv přesáhnout hodnotu 2 % napětí bez připojení větrné elektrárny, jak to platí obecně u všech elektráren.



Obrázek 5–1: Napěťový profil sítě 22kV

Dalším faktorem pro posouzení je rozložení napětí v síti tzv. napěťový profil. Ukázka rozložení napětí je zobrazena na *Obrázek 5–1*, kde je napěťový profil bez připojených větrných elektráren a po připojení jednotlivých větrných elektráren různých výkonů do sítě 22kV. Napěťový profil sítě po připojení větrných elektráren nesmí přesáhnout hodnotu 5 %. Pokud je tato hodnota překročena, nejsou splněny podmínky pro připojení nového výrobního zdroje do distribuční sítě a připojení není z technického hlediska možné. Z *Obrázek 5–1* je vidět, že připojit do sítě lze všechny větrné elektrárny.

5.2. Flicker – kolísání napětí

Flicker je možno definovat jako kolísání napětí, které způsobuje změny světelného toku u zdrojů světla. Tyto světelné vlivy jsou nepříjemné pro lidské oko a má vliv na psychiku lidí. Proto je snaha flicker co nejvíc eliminovat nebo aspoň udržet v povolených mezích. Větrné elektrárny jsou jedním ze zdrojů kolísání napětí a tedy i flickeru a proto se musí provést posouzení, zda-li nejsou překročeny povolené hodnoty. Tento výpočet se provede na základě empirického vztahu (4.19) uvedeného v podkapitole 4.3.1 a nebo lze provést výpočet ve specializovaných programech za použití výpočetní techniky. Dlouhodobá míra flickeru nesmí přesáhnout v místě připojení hodnotu 0,46.

5.3. Proudý vyšších harmonických

Proudy vyšších harmonických vznikají zejména u zařízení se střídači nebo měniči kmitočtu. Výrobce uvedených zařízení, které jsou zdrojem harmonických je povinen udat jejich hodnoty. Přípustné hodnoty, které mohou být emitované do sítě, jsou uvedené v podmínkách pro připojení. V dnešní době výrobci udávají u zařízení hodnotu celkového činitele zkreslení vyššími harmonickými, kdy tato hodnota nepřekračuje 5 % a měla by být dostačující, aby nedocházelo k nepříznivému ovlivňování dalších zařízení připojených do distribuční sítě.

5.4. Útlum signálu HDO

Jako prostředek pro ovládání zapínání a odpojování elektrických spotřebičů, přepínání tarifů a ovládání dalších zařízení slouží signál HDO (hromadné dálkové ovládání). Je to řídicí signál přenášený v distribučních sítích. Aby byla zajištěna správná funkce zařízení využívající signál HDO, nesmí úroveň signálu klesnout více jak o 10 až 20 % pod požadovanou hodnotu. Jsou-li porušeny hranice útlumu signálu HDO, je nutno udělat opatření vedoucí k eliminování tohoto nepříznivého vlivu. A to použitím podpůrné impedance. Podpůrná impedance zvýší nebo sníží impedanční poměry ve vybraných částech sítě s ohledem na jejich zrovnoměření a zejména zkvalitnění šíření signálu.

5.5. Zhodnocení připojení větrné elektrárny

Pokud jsou všechny podmínky pro připojení splněny, je možné přistoupit k realizaci projektu výstavby. Po realizaci výroby a předložení podkladu povolí provozovatel distribuční sítě na základě požadavků výrobce zkušební provoz výroby. Tento provoz je časově omezen a je povolen pouze za účelem uvedení výroby do provozu a provedení potřebných zkoušek a měření. Po ukončení zkušebního provozu je provedena kontrola výroby, která zahrnuje potřebné zkoušky a měření. Pokud jsou zkoušky a měření v pořádku, slouží tyto materiály jako podklad pro uzavření smlouvy o připojení výrobního zařízení k distribuční síti.

6. PRAKTICKÉ POSOUZENÍ MOŽNOSTI PŘIPOJENÍ VĚTRNÉHO PARKU

Zadání:

Úkolem je posoudit možnost připojení větrného parku Nevcehle s instalovaným výkonem 32MVA, který se nachází v kraji Vysočina v katastru vesnice Nevcehle, okres Jihlava, podle napětových poměrů. Větrný park se bude posuzovat pro připojení do distribuční sítě 110kV, napájené z rozvodny 400/110kV Slavětice (viz. příloha 1). Známý jsou parametry všech vedení distribuční sítě (délky vedení, typ vodiče, rezistence, reaktance a susceptance) a průměrné komplexní odběry v rozvodnách 110/22kV tvořící uzlovou síť.

Parametry:

- Vedení – délky: $l_{12} = 24,6\text{km}$ $l_{23} = 19,7\text{km}$ $l_{34} = 39,3\text{km}$ $l_{45} = 7\text{km}$ $l_{56} = 18,6\text{km}$
 $l_{62} = 27,9\text{km}$ $l_{47} = 13,03\text{km}$ $l_{18} = 3,34\text{km}$

- Vedení – podélné kilometrové impedance:

AlFe6 185 jednopotah:

$$R_{k1 \times 185} = 0,155\Omega / \text{km} \quad X_{k1 \times 185} = 0,43\Omega / \text{km} \quad B_{k1 \times 185} = 2,796\mu\text{S} / \text{km}$$

AlFe6 240 dvojpotah:

$$R_{k2 \times 240} = 0,119\Omega / \text{km} \quad X_{k2 \times 240} = 0,38\Omega / \text{km} \quad B_{k2 \times 240} = 2,817\mu\text{S} / \text{km}$$

- Průměrné hodnoty komplexních odběrů
- Průměrné hodnoty zdrojů

$$\overline{S}_2 = (22 - j \cdot 5)\text{MVA}$$

$$\overline{S}_1 = (82 + j \cdot 12)\text{MVA}$$

$$\overline{S}_3 = (19 - j \cdot 5)\text{MVA}$$

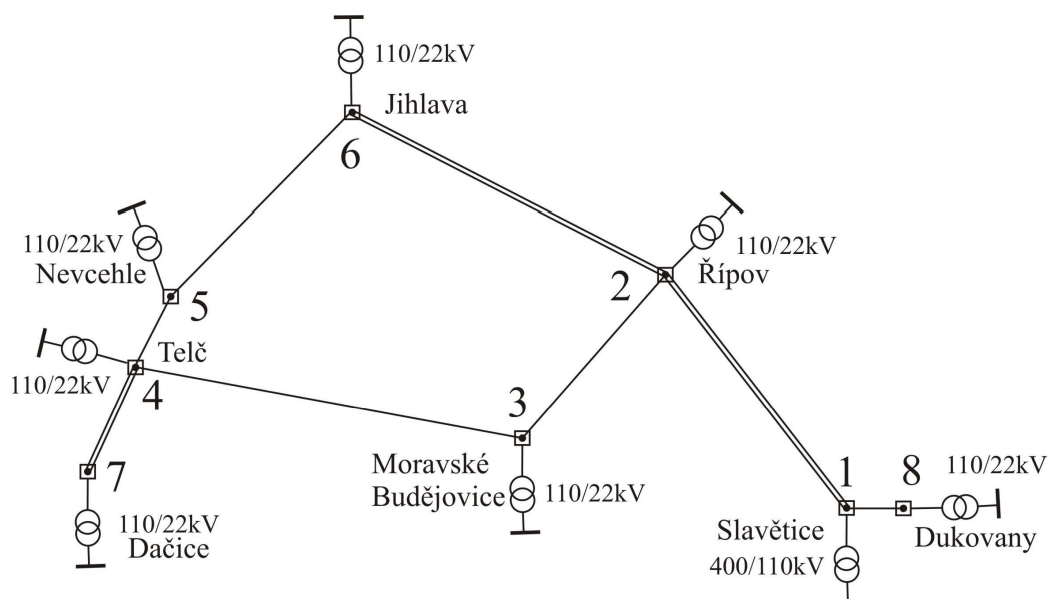
$$\overline{S}_5 = (35 + j \cdot 0)\text{MVA}$$

$$\overline{S}_4 = (14 - j \cdot 3)\text{MVA}$$

$$\overline{S}_6 = (9 - j \cdot 1)\text{MVA}$$

$$\overline{S}_7 = (10 - j \cdot 3)\text{MVA}$$

$$\overline{S}_8 = (8 - j \cdot 3)\text{MVA}$$



Obrázek 6–1: Topologické schéma posuzované sítě 110kV

6.1. Řešení pomocí programu GLFmax

Program GLFmax byl vytvořen firmou EGÚ Brno a.s. Byla použita verze 19/1/1998. Je to program sloužící pro výpočty v elektrizační soustavě. Obsahuje výpočetní moduly z nichž můžeme jmenovat ty nejdůležitější.

- Výpočet ustáleného chodu střídavé elektrické sítě
- Výpočet chodu elektrické sítě stejnosměrným modelem
- Analýza napěťových poměrů v síti
- Analýza zkratových poměrů v síti
- Kontrola spolehlivosti provozu sítě podle kritéria (N-1)
- Rozbor ztrát činného a jalového výkonu v el. síti

Pro tuto práci je nejpodstatnější výpočet ustáleného chodu střídavé sítě. Právě výpočtem ustáleného chodu sítě se získá napětí v místě připojení pro posouzení možnosti připojení vzhledem k napěťovým poměrům. V následujícím odstavci je uvedena definice ustáleného chodu a v dalším odstavci je pár dalších informací o ustáleném chodu sítě.

„Ustálený stavem distribučních sítí (stejně tak i přenosových sítí) se rozumí provozní stavy, při kterých v zařízení neprobíhají krátkodobé přechodné děje související s poruchami (např. zkratovými), s úderem blesku do vedení nebo jeho blízkostí, připojováním a odpojováním vedení, zdrojů, kompenzačních prostředků (kondenzátorů a tlumivek), přepínáním odboček vinutí regulačních transformátorů za provozu apod.“ Tato definice ustáleného chodu byla použita z [5].

Ustálený chod vlastně není pořad ustálený, ale probíhají tam časové změny, způsobené změnou stálého počtu odběratelů. Avšak tyto změny jsou velmi pomalé, a proto můžeme způsobené časové změny zanedbat. Výpočet ustáleného chodu vedení lze provést pro dva

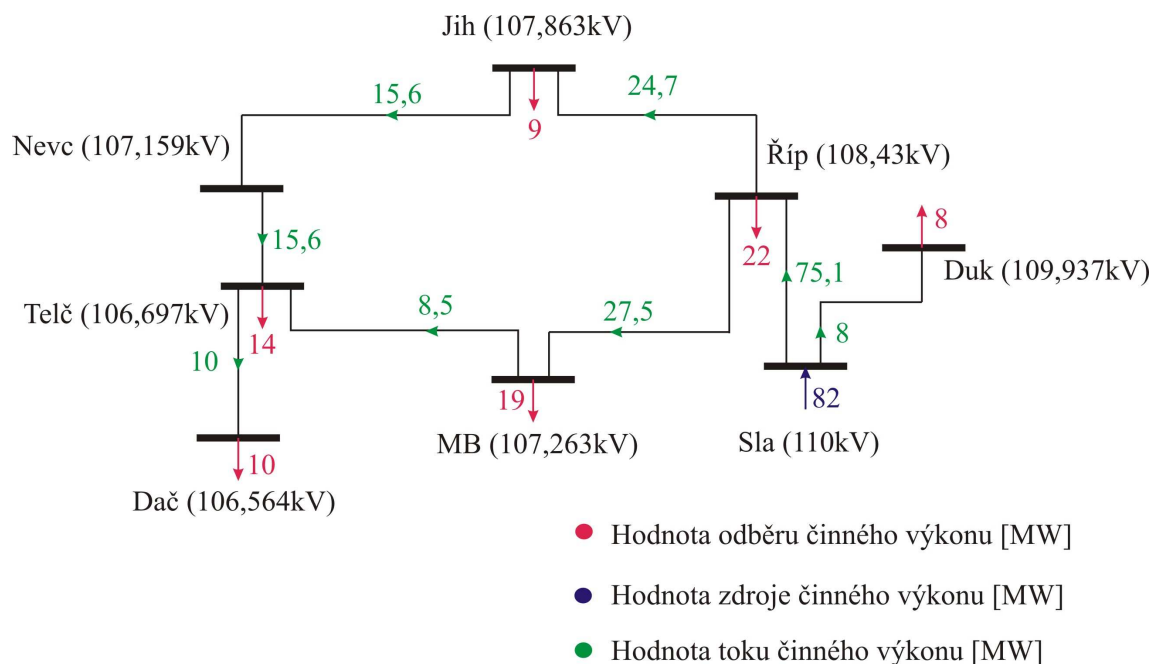
základní typy modelů náhradního schématu vedení. Můžeme použít model se soustřednými nebo rozloženými parametry. Rozhodnutí o tom, který způsob je vhodné zvolit, závisí na frekvenci, rychlosti šíření vln obvodem a na geometrickém rozměru elektrizační soustavy (délka vedení). Volbu modelu je možno provést podle poznatků [6].

Program obsahuje grafický editor pro tvorbu schémat. Po utvoření schématu a po provedení výpočtu ustáleného chodu střídavé elektrické sítě se dají zobrazit toky činného a jalového výkonu, hodnoty napětí v uzlech. V tomto grafickém editoru a za použití vyjmenovaných funkcí byla vytvořena schémata ES *Obrázek 6–2 a Obrázek 6–3*. Jsou to schémata znázorňující rozložení toku činného výkonu a hodnoty napětí v uzlech před a po připojení posuzovaného zdroje. Zároveň jsou na těchto schématech zobrazeny hodnoty zdrojů a odběrů činného výkonu.

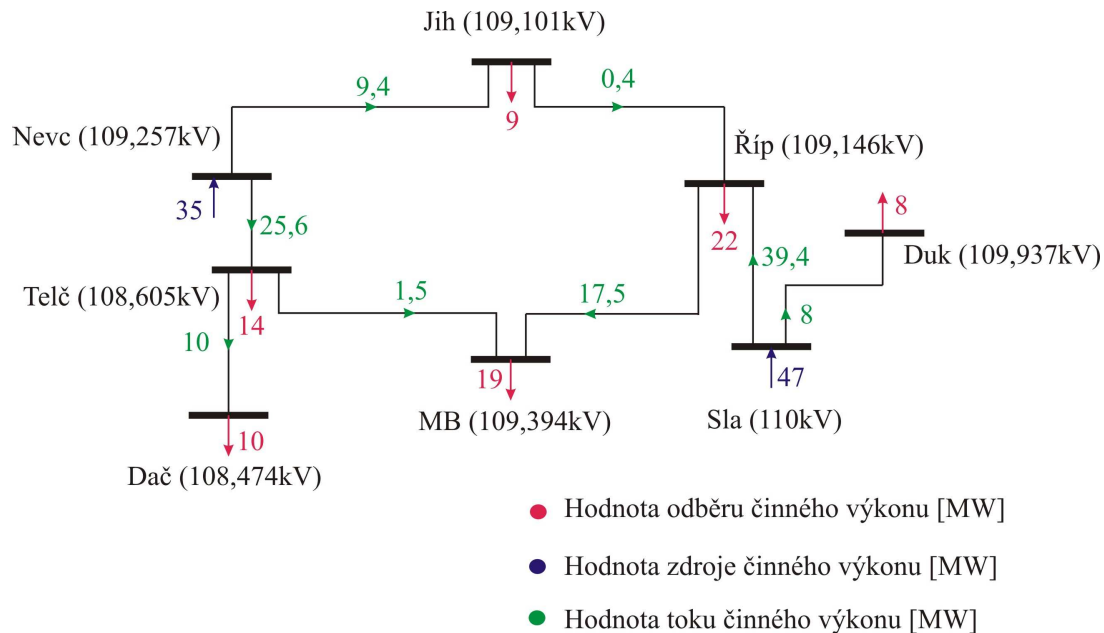
Vedení se zadává buď pomocí předdefinovaných reálných vedení a délky vedení nebo pomocí dat ekvivalentu kdy se zadají celkové parametry vedení (rezistence, reaktance a susceptance). V tomto případě byl zvolen druhý způsob. Proto byly vypočteny ekvivalentní data jednotlivých vedení, jejich hodnoty jsou uvedeny v *Tabulka 6-1* a jednotlivé výpočty hodnot se nacházejí v Příloze A.

Tabulka 6-1: Hodnoty parametrů vedení v ES

č.v.	Začátek vedení	Konec vedení	Rezistence $R [\Omega]$	Reaktance $X [\Omega]$	Susceptance $B [\mu S]$
1 - 2	1.Slav	2.Říp	1,464	4,674	138,596
2 - 3	2.Říp	3.MB	3,054	8,471	55,08
3 - 4	3.MB	4.Telč	6,092	16,899	109,883
4 - 5	4.Telč	5.Nevc	1,085	3,01	19,572
5 - 6	5.Nevc	6.Jih	2,883	7,998	52
6 - 2	6.Jih	2.Říp	1,66	5,301	157,187
4 - 7	4.Telč	7.Dač	1,551	4,952	73,41
1 - 8	1.Slav	8.Duk	0,397	1,269	9,934



Obrázek 6–2: Schéma posuzované sítě v GLFmax před připojením zdroje



Obrázek 6–3: Schéma posuzované sítě v GLFmax po připojení zdroje

6.2. Shrnutí výsledku výpočtu ustáleného chodu

Při výpočtu ustáleného chodu potřebného k posouzení připojení z hlediska napěťových poměrů se došlo k výsledkům uvedených v Tabulka 6-2. Byly vypočteny hodnoty uzlových napětí v jednotlivých uzlech před a po připojení nového zdroje do sítě.

Tabulka 6-2: Hodnoty uzlového napětí před a po připojení nového zdroje

Č.Uzlu	Název uzlu	Hodnota uzlového napětí	
		Před připojením	Po připojení
1	Slavětice	110 kV	110 kV
2	Třebíč - Říčov	108,43 kV	109,146 kV
3	Moravské Budějovice	107,263 kV	108,394 kV
4	Telč	106,697 kV	108,605 kV
5	Nevcehle	107,159kV	109,257 kV
6	Jihlava	107,863 kV	109,101 kV
7	Dačice	106,564 kV	108,474 kV
8	Dukovany	109,937kV	109,937kV

Jak bylo řečeno v kapitole 4.1 pro připojení nového zdroje do sítě z hlediska napěťových poměrů je potřeba splnit základní podmínku a ta zní: Změna napětí v místě se nesmí zvýšit o víc než 2% po připojení zdroje. Je uvedena v (8.1) pro připomenutí znovu.

$$\Delta u_{vn,110kV} \leq 2\% \quad (6.1)$$

Pro posouzení zda je podmínka dodržena, je třeba určit o kolik se napětí zvýšilo v místě připojení. To se zjistí podle (6.2) odečtením napětí se zdrojem a bez v místě připojení.

$$\Delta u_5 = U_{sezdorem} - U_{bezzdroje} \quad (6.2)$$

$$\Delta u_5 = 109,257kV - 107,159kV = 2,098kV \quad (6.3)$$

Po získání rozdílu napětí je možno stanovit procentuální vyjádření rozdílu tím že, se podělí rozdíl napětí napětím bez připojení zdroje do sítě, jak ukazuje vzorec (6.4).

$$\Delta u_{5[\%]} = \frac{\Delta u_5}{U_{bezzdroje}} \cdot 100 \quad (6.4)$$

$$\Delta u_{5[\%]} = \frac{2,098kV}{107,159kV} \cdot 100 = 1,956\% \quad (6.5)$$

Po předchozích výpočtech vyšlo, že změna napětí v místě připojení nového zdroje Nevcehle je 1,956%. Potom tedy je možné říci, že podmínka je splněna a z hlediska napěťových poměrů je možné nový zdroj připojit do posuzované sítě.

7. ZÁVĚR

7.3.1. Závěry práce a její přínos

V této práci pojednává o problematice připojování zdrojů do sítě. Ať se jedná o nové nebo zrekonstruované zdroje. Na začátku práce je uvedeno, jak je možné a co je potřeba pro zdárné připojení zdroje. Dá se tam dozvědět kam a komu je nutné poslat žádost o připojení, co všechno musí žádost obsahovat, jak probíhá jednání o připojení, jaký zvolit způsob připojení do sítě, jaké zákony jsou potřeba dodržet, jaké jsou podmínky připojení atd.

Jednou z důležitých záležitostí jednání o připojení je technické posouzení možnosti připojení zdroje do sítě. Především se jedná o napěťové poměry při ustáleném chodu sítě a při spínání zdroje a dále o zpětné vlivy, což jsou harmonické proudy, flicker a ovlivnění signálu HDO. V této práci je pospáno jak posuzovat tyto napěťové poměry a zpětné vlivy. A jaké limity musí být splněny, aby síť s novým zdrojem pracovala tak jak má a nenastalo ohrožení stávající sítě např. dlouhodobým přetížením sítě. Pokud by nastalo dlouhodobé přetížení sítě, zkrátila by se životnost zařízení sítě, značně by se zvýšily ztráty, vzrostla by četnost poruch apod.

Podle informací z této práce je možné postupovat při plánování stavby zdroje elektrické energie v oblasti připojení zdroje do sítě. Čím se udělá po vyřešení této oblasti jeden z mnoha kroků ke zdárnému naplánování a postavení zdroje elektrického zdroje. Což je cílem všech lidí, kteří se na tom budou podílet. Ať se jedná o investory, projektanty, stavební dělníky, výrobce strojního zařízení nebo o spoustu dalších lidí co budou mít s plánováním a stavbou zdroje něco společného.

7.3.2. Význam a využití dosažených výsledků

Výsledky posouzení možnosti připojení nového zdroje do sítě z hlediska napěťových poměrů jsou rozhodující pro praktické posouzení možnosti připojení, kdyby nevyhovovaly muselo by se upravit výkon směrem dolů nebo v nejhorším případě upustit od stavby elektrárny.

Jako praktická ukázka posouzení možnosti připojení nového zdroje z hlediska napěťových poměrů bylo použito posouzení větrného parku o činném výkonu $P = 32\text{MW}$, který by měl vyrůst u obce Nevcehle na Vysočině. Zdroj by se měl připojit do sítě 110kV s zdrojovou rozvodnou 400kV/110kV ve Slaveticích. Toto posouzení bylo provedeno podle kapitoly 4.2. Ve výpočtech to znamenalo vypočítat ustálený chod v místě připojení zdroje před a po připojení posuzovaného zdroje. Pro výpočet ustáleného chodu sítě byl použit program GLFmax. Za pomoci tohoto programu se dosáhlo výsledků uvedených v kapitole 6.2, kde je uvedeno celkové shrnutí výsledků. Ve výpočtech před připojením zdroje vyšlo napětí v místě připojení $U_{\text{bezzdroje}}=107,159\text{kV}$. A když by byl připojen zdroj o výkonu $P=32\text{MW}$, by napětí bylo $U_{\text{sezdrojem}}=109,257\text{kV}$. Když se tyto obě napětí odečetly byl výsledný rozdíl $\Delta u_5=2,098\text{kV}$, což v procentuálním vyjádření je $\Delta u_5=1,956\%$. To znamená, že je splněna podmínka napěťových poměrů v síti. Tento zdroj se může připojit do stávající sítě.

7.3.3. Návrh dalšího postupu ukázkového příkladu

Další postup řešení praktické ukázky by bylo posouzení harmonických proudů, flickeru a ovlivnění signálu HDO. Dále jsou navrženy postupy pro posouzení jednotlivých veličin.

Flicker - Hlavním posuzovacím parametrem pro studii připojitelnosti je dlouhodobá míra flickeru P_{lt} . Tato veličina je bezrozměrná. Aby se dalo říci, že je možné výrobnu připojit musí být dlouhodobá míra flickeru splňovat podmínku (4.19). Tato podmínka říká, že míra flickeru nesmí větší než hodnota 0,46. Určení této veličiny záleží na jmenovitém výkonu zdroje, jmenovitém napětí sítě, činiteli flickeru a počtu připojovaných zdrojů podle vztahů (4.20), (4.21), (4.22) a (4.23).

Harmonické proudy – Harmonické proudy se posuzují měřením v přípojném bodě a následným porovnáním přípustným proudem harmonických. Přípustné proudy udává výrobce, např. zprávou o typové zkoušce. Výrobci udávají harmonické pomoci přípustných vztazných proudů harmonických, které se podle (4.24) a (4.25) přepočítají na přípustný proud stanovené sítě za použití referenčního výkonu, zkratového výkonu v přípojném bodě a přípojného výkonu v přípojném bodě. Měření proudů harmonických a meziharmonických se musí provádět podle ČSN EN 61000-4-7ed.2.

Proudy harmonických, přiváděné zkresleným napětím sítě do výrobního zařízení (např. do obvodů filtru), se výrobnímu zařízení nepřipočítávají

Ovlivnění signálu HDO - Výrobny ovlivňují signál HDO přídavným zatížením vysílačů HDO. Přídavné zatížení se může dodat buď vlastním zařízením výrobní nebo příp. zvýšeným zatížením části sítě, do které pracuje výrobní. Tento vliv může způsobit nepřípustné změny hladiny signálu HDO ve společném napájecím bodu

Aby posuzovaná výrobní neovlivňovala signál HDO musí být splněno několik podmínek

- výrobnou vyvolané rušivé napětí, jehož frekvence odpovídá místně použité frekvenci HDO nebo leží v bezprostřední blízkosti, nesmí překročit 0.1 % U_n
- napětí produkovaná výrobní, jejichž frekvence je do 100 Hz pod nebo nad místní použitou frekvenci HDO, nesmějí v přípojném bodu překročit 0.3 % U_n .

Pokud nastává ovlivnění signálu HDO v místě připojení může se tento problém řešit instalací zádrže pro tónovou frekvenci.

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] Pravidla provozování distribučních sítí – Hlavní dokument prosinec 2007
- [2] Pravidla provozování distribučních sítí – Příloha č.3 prosinec 2007
- [3] Pravidla provozování distribučních sítí – Příloha č.4 prosinec 2007
- [4] Vyhláška č.18 MPO ze dne 20.12.2001 o podmínkách připojení a dopravy v elektrizační soustavě
- [5] Blažek V., Skala P.: Distribuce elektrické energie, VUT v Brně, Brno 2002
- [6] Hodinka M., Fecko Š., Němeček F.: Přenos a rozvod elektrické energie. SNTL, Praha 1989. ISBN 80-03-00065-3
- [7] PNE 33 3430-0: Výpočetní hodnocení zpětných vlivů odběratelů a zdrojů distribučních soustav
- [8] ČSN 33 3201: Elektrické instalace nad AC 1kV
- [9] Kodex přenosové soustavy, ČEPS a.s., Praha, 2007
- [10] Úvodní informace a obecné technické podmínky pro provozování el. zdrojů paralelně s distribuční sítí, E.ON Distribuce s.r.o., České Budějovice 2007
- [11] Výrobní elektřiny – připojení na síť, ČEZ Distribuce, a.s., Praha, 2005
- [12] Internetové stránka Technické bytové zařízení
<http://elektro.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=4279&h=15&pl=42>

Příloha A Výpočty parametrů vedení

- Vedení 1.Slav – 2.Říp parametry: $l_{12} = 24,6\text{km}$ AlFe6 240 dvojpotah

$$R_{1-2} = \frac{1}{2} \cdot R_{k2 \times 240} \cdot l_{12} \quad R_{1-2} = \frac{1}{2} \cdot 0,119 \cdot 24,6 = 1,4637\Omega$$

$$X_{1-2} = \frac{1}{2} \cdot X_{k2 \times 240} \cdot l_{12} \quad X_{1-2} = \frac{1}{2} \cdot 0,38 \cdot 24,6 = 4,674\Omega$$

$$B_{1-2} = 2 \cdot B_{k2 \times 240} \cdot l_{12} \quad B_{1-2} = 2 \cdot 2,817 \cdot 10^{-6} \cdot 24,6 = 138,5964\mu S$$

- Vedení 2.Říp – 3.MB parametry: $l_{23} = 19,7\text{km}$ AlFe6 185 jednopotah

$$R_{2-3} = R_{k1 \times 185} \cdot l_{23} \quad R_{2-3} = 0,155 \cdot 19,7 = 3,0535\Omega$$

$$X_{2-3} = X_{k1 \times 185} \cdot l_{23} \quad X_{2-3} = 0,43 \cdot 19,7 = 8,471\Omega$$

$$B_{2-3} = B_{k1 \times 185} \cdot l_{23} \quad B_{2-3} = 2,796 \cdot 10^{-6} \cdot 19,7 = 55,08\mu S$$

- Vedení 3.MB – 4.Telč parametry: $l_{34} = 39,3\text{km}$ AlFe6 185 jednopotah

$$R_{3-4} = R_{k1 \times 185} \cdot l_{34} \quad R_{3-4} = 0,155 \cdot 39,3 = 6,0915\Omega$$

$$X_{3-4} = X_{k1 \times 185} \cdot l_{34} \quad X_{3-4} = 0,43 \cdot 39,3 = 16,899\Omega$$

$$B_{3-4} = B_{k1 \times 185} \cdot l_{34} \quad B_{3-4} = 2,796 \cdot 10^{-6} \cdot 39,3 = 109,883\mu S$$

- Vedení 4.Telč – 5.Nevc parametry: $l_{45} = 7\text{km}$ AlFe6 185 jednopotah

$$R_{4-5} = R_{k1 \times 185} \cdot l_{45} \quad R_{4-5} = 0,155 \cdot 7 = 1,085\Omega$$

$$X_{4-5} = X_{k1 \times 185} \cdot l_{45} \quad X_{4-5} = 0,43 \cdot 7 = 3,01\Omega$$

$$B_{4-5} = B_{k1 \times 185} \cdot l_{45} \quad B_{4-5} = 2,796 \cdot 10^{-6} \cdot 7 = 19,572\mu S$$

- Vedení 5.Nevc – 6.Jih parametry: $l_{56} = 18,6\text{km}$ AlFe6 185 jednopotah

$$R_{5-6} = R_{k1 \times 185} \cdot l_{56} \quad R_{5-6} = 0,155 \cdot 18,6 = 2,883\Omega$$

$$X_{5-6} = X_{k1 \times 185} \cdot l_{56} \quad X_{5-6} = 0,43 \cdot 18,6 = 7,998\Omega$$

$$B_{5-6} = B_{k1 \times 185} \cdot l_{56} \quad B_{5-6} = 2,796 \cdot 10^{-6} \cdot 18,6 = 52\mu S$$

- Vedení 6.Jih – 2.Říp parametry: $l_{62} = 27,9\text{km}$ AlFe6 240 dvojpotah

$$R_{6-2} = \frac{1}{2} \cdot R_{k2 \times 240} \cdot l_{62} \quad R_{6-2} = \frac{1}{2} \cdot 0,119 \cdot 27,9 = 1,6601\Omega$$

$$X_{6-2} = \frac{1}{2} \cdot X_{k2 \times 240} \cdot l_{62} \quad X_{6-2} = \frac{1}{2} \cdot 0,38 \cdot 27,9 = 5,301\Omega$$

$$B_{6-2} = 2 \cdot B_{k2 \times 240} \cdot l_{62} \quad B_{6-2} = 2 \cdot 2,817 \cdot 10^{-6} \cdot 27,9 = 157,187\Omega$$

- Vedení 4.Telč – 7.Dač parametry: $l_{47} = 13,03\text{km}$ AlFe6 240 dvojpotah

$$R_{4-7} = \frac{1}{2} \cdot R_{k2 \times 240} \cdot l_{47} \quad R_{4-7} = \frac{1}{2} \cdot 0,119 \cdot 13,03 = 1,5508\Omega$$

$$X_{4-7} = \frac{1}{2} \cdot X_{k2 \times 240} \cdot l_{47} \quad X_{4-7} = \frac{1}{2} \cdot 0,38 \cdot 13,03 = 4,9522\Omega$$

$$B_{4-7} = 2 \cdot B_{k2 \times 240} \cdot l_{47} \quad B_{4-7} = 2 \cdot 2,817 \cdot 10^{-6} \cdot 13,03 = 73,41\Omega$$

- Vedení 1.Sla – 8.Duk parametry: $l_{18} = 3,34\text{km}$ AlFe6 185 jednopotah

$$R_{1-8} = R_{k1 \times 185} \cdot l_{18} \quad R_{1-8} = 0,155 \cdot 3,34 = 0,3974\Omega$$

$$X_{1-8} = X_{k1 \times 185} \cdot l_{18} \quad X_{1-8} = 0,43 \cdot 3,34 = 1,2692\Omega$$

$$B_{1-8} = B_{k1 \times 185} \cdot l_{18} \quad B_{1-8} = 2,796 \cdot 10^{-6} \cdot 3,34 = 9,339\mu S$$

Výsledky ustáleného chodu sítě bez posuzovaného zdroje

Č

Název	Uzel	Z A C A T E K V E D E N Í				Uzel	K O N E C V E D E N Í				Ztráty [MW]	Pom.zat [%]
		Napeti [kV]	C.vyk. [MW]	J.vyk. [MVar]	Proud [A]		Napeti [kV]	C.vyk. [MW]	J.vyk. [MVar]	Proud [A]		
1-2	1_SLAV	110.0	-75.1	-13.5	401	2_RIP	108.4	74.4	12.9	402	0.708	69.5
2-3	2_RIP	108.4	-27.7	-4.9	150	3_MB	107.3	27.5	4.9	150	0.206	30.9
4-7	7_DAC	106.6	10.0	3.0	57	4_TELC	106.7	-10.0	-2.2	55	0.007	9.8
4-5	4_TELC	106.7	15.6	4.1	87	5_NEVC	107.2	-15.6	-4.0	87	0.025	17.9
5-6	5_NEVC	107.2	15.6	4.0	87	6_JIH	107.9	-15.7	-3.6	86	0.065	17.9
6-2	6_JIH	107.9	24.7	4.6	134	2_RIP	108.4	-24.7	-3.1	133	0.089	23.2
3-4	3_MB	107.3	-8.5	0.1	46	4_TELC	106.7	8.4	1.1	46	0.038	9.5
1-8	1_SLAV	110.0	-8.0	-2.9	45	8_DUK	109.9	8.0	3.0	45	0.002	7.7

Celkové ztráty : 1.140 MW

PRICNE VODIVOSTI se v síti nevyskytují

		N A P E T I		C I N N E - M W			J A L O V E - M V A r		
Uzel	Typ	Modul	Uhel	Podb	Pgen	DP	Qodb	Qgen	DQ
1_SLAV	3	110.000	0.00	0.0	82.0	1.140	0.0	12.0	4.440
2_RIP	1	108.430	-1.59	22.0	0.0	0.000	5.0	0.0	-0.000
3_MB	1	107.263	-2.66	19.0	0.0	0.000	5.0	0.0	0.000
4_TELC	1	106.697	-3.36	14.0	0.0	0.000	3.0	0.0	0.000
5_NEVC	1	107.159	-2.76	0.0	0.0	-0.001	0.0	0.0	-0.000
6_JIH	1	107.863	-2.20	9.0	0.0	0.001	1.0	0.0	-0.000
7_DAC	1	106.564	-3.48	10.0	0.0	0.000	3.0	0.0	-0.000
8_DUK	1	109.937	-0.04	8.0	0.0	-0.000	3.0	0.0	0.000
Celkem :				82.0	82.0	1.140	20.0	12.0	4.440

Maximální rozdíl uhlu napeti : 3.48 stupnu

*OBLAST OSTATNI	0.0
-----------------	-----

*UZLY	Typ	U	Uhel	Podb	Qodb	Pgen	Qgen	Qmax	Qmin
1_SLAV	3	110.000	0.00	0.000	0.000	82.000	12.000	0.0	0.0
2_RIP	1	110.000	0	22.000	5.000				
3_MB	1	110.000	0	19.000	5.000				
4_TELC	1	110.000	0	14.000	3.000				
5_NEVC	1	110.000	0	0.000	0.000	35.000	0.000		
6_JIH	1	110.000	0	9.000	1.000				
7_DAC	1	110.000	0	10.000	3.000				
8_DUK	1	110.000	0	8.000	3.000				

*VEDENI			R	X	B	Idov	G	Menic1	Menic2
1-2	1_SLAV	2_RIP	1.464	4.674	138.600	579.000			
2-3	2_RIP	3_MB	3.054	8.471	55.080	486.000			
4-7	7_DAC	4_TELC	0.775	2.476	73.420	579.000			
4-5	4_TELC	5_NEVC	1.085	7.998	19.580	486.000			
5-6	5_NEVC	6_JIH	2.883	7.998	52.000	486.000			
6-2	6_JIH	2_RIP	1.660	5.301	157.180	579.000			
3-4	3_MB	4_TELC	6.092	16.899	110.708	486.000			
1-8	1_SLAV	8_DUK	0.397	1.269	9.409	579.000			

*NAPETI F,20,0.01000****

E|||||

INFORMACE O SITI

Uzlu celkem - 8

z toho : PQ - 7

PU - 0

Ud - 1

Odbery : SumaPodb = 82.000 MW Vyroby : SumaPvyr = 117.000 MW
 SumaQodb = 20.000 MVar SumaQvyr = 12.000 MVar

Rozsah Q u PU uzlu : SumaQmax = 0.000 MVar

SumaQmin = 0.000 MVar

Vedeni - 8

z toho : ved.zap. - 8

ved.vyp. - 0

Transformatoru - 0

z toho : transf.zap. - 0

transf.vyp. - 0

Prírodných vodivosti - 0

z toho : príj.zap. - 0

pric.vyp. - 0

Číslo

Z A C A T E K V E D E N Í						K O N E C V E D E N Í							
Nazev	Uzel	Napeti	C.vyk.	J.vyk.	Proud	Uzel	Napeti	C.vyk.	J.vyk.	Proud	Ztraty	Pom.zat	
		[kV]	[MW]	[MVA]	[A]		[kV]	[MW]	[MVA]	[A]	[MW]	[%]	
1-2	1_SLAV	110.0	-39.4	-11.3	215	2_RIP	109.0	39.2	12.3	218	0.205	37.6	
2-3	2_RIP	109.0	-17.5	-4.3	96	3_MB	108.1	17.4	4.7	96	0.085	19.9	
4-7	7_DAC	108.0	10.0	3.0	56	4_TELC	108.2	-10.0	-2.2	55	0.007	9.6	
4-5	4_TELC	108.2	25.6	4.2	138	5_NEVC	108.7	-25.6	-4.4	138	0.062	28.4	
5-6	5_NEVC	108.7	-9.4	4.4	55	6_JIH	108.8	9.3	-3.8	54	0.025	11.3	
6-2	6_JIH	108.8	-0.3	4.8	26	2_RIP	109.0	0.3	-3.0	16	0.002	4.5	
3-4	3_MB	108.1	1.6	0.3	8	4_TELC	108.2	-1.6	1.0	10	0.001	2.0	
1-8	1 SLAV	110.0	-8.0	-2.9	45	8 DUK	109.9	8.0	3.0	45	0.002	7.7	

Celkove ztraty : 0.391 MW

PRICNE VODIVOSTI se v siti nevyskytuji

N A P E T I C I N N E - M W J A L O V E - M V A r

Uzel	Typ	Modul	Uhel	Podb	Pgen	DP	Qodb	Qgen	DQ
1_SLAV	3	110.000	0.00	0.0	82.0	-34.609	0.0	12.0	2.175
2_RIP	1	108.971	-0.80	22.0	0.0	0.000	5.0	0.0	0.000
3_MB	1	108.128	-1.45	19.0	0.0	0.000	5.0	0.0	0.000
4_TELC	1	108.160	-1.31	14.0	0.0	0.000	3.0	0.0	0.000
5_NEVC	1	108.731	-0.33	0.0	35.0	-0.001	0.0	0.0	-0.000
6_JIH	1	108.786	-0.75	9.0	0.0	0.001	1.0	0.0	-0.000
7_DAC	1	108.029	-1.42	10.0	0.0	0.000	3.0	0.0	-0.000
8_DUK	1	109.937	-0.04	8.0	0.0	-0.000	3.0	0.0	0.000

Celkem : 82.0 117.0 -34.609 20.0 12.0 2.175

Maximalni rozdíl uhlu napeti : 1.45 stupnu

Příloha C Topologické schéma posuzované sítě 110kV

Příloha D Geografické schéma posuzované sítě 110kV