

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ

KATEDRA ELEKTROMECHANIKY A VÝKONOVÉ ELEKTRONIKY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Hodnocení možnosti ostrovních provozů v České republice

jméno příjmení

Jakub Voňka

rok

2019

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
Fakulta elektrotechnická
Akademický rok: 2018/2019

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jakub VOŇKA**
Osobní číslo: **E16B0200P**
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Elektrotechnika a energetika**
Název tématu: **Hodnocení možnosti ostrovních provozů v České republice**
Zadávající katedra: **Katedra elektromechaniky a výkonové elektroniky**

Zásady pro vypracování:

1. Definujte ostrovní provoz v elektrizační soustavě.
2. Analyzujte možnost lokálních ostrovních provozů v ČR.
3. Proveďte hlubší analýzu vybraných lokalit z hlediska spotřeby a instalovaného výkonu ve výrobě.
4. Analyzujte na vybraném příkladu zapojení sítě 110 kV.



Rozsah grafických prací: podle doporučení vedoucího

Rozsah kvalifikační práce: 30 - 40 stran

Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická

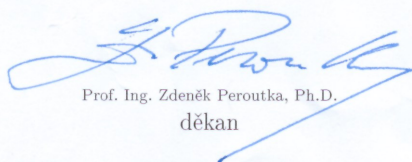
Seznam odborné literatury:

1. MÁSLO, Karel. Řízení a stabilita elektrizační soustavy. Praha: Asociace energetických manažerů, 2013. ISBN 978-80-260-4461-1.
2. Energetický regulační úřad. Roční zpráva o provozu ES ČR pro rok 2017. Praha, Oddělení statistiky a sledování kvality ERÚ, 2018.
3. ČEPS, a.s. Pravidla provozování přenosové soustavy - Kodex přenosové soustavy. Praha, revize 18, leden 2018. Dostupné z <https://www.ceps.cz/cs/kodex-ps>.

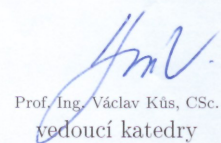
Vedoucí bakalářské práce: Ing. Václav Mužík
Regionální inovační centrum elektrotechniky

Datum zadání bakalářské práce: 5. října 2018

Termín odevzdání bakalářské práce: 13. června 2019


Prof. Ing. Zdeněk Peroutka, Ph.D.
děkan




Prof. Ing. Václav Kůs, CSc.
vedoucí katedry

V Plzni dne 5. října 2018

Abstrakt

Bakalářská práce je zaměřena na hodnocení možnosti ostrovních provozů v České republice. Práce se zabývá analýzou ostrovního provozu pro distribuční a přenosové sítě vln 110 kV k městům s počtem obyvatel okolo 100 tisíc. První fáze kapitol je teoretická k pochopení elektrizační soustavy jako takové, jsou zde nastíněny hlavní problematiky, které by mohli vést k ostrovnímu provozu. V dalších dvou kapitolách jsou z kodexu ČEPS uvedeny služby SyS a PpS, které jsou převážně zaměřeny pro regulaci k zajištění bezporuchového provozu elektrizační soustavy, a rovněž pojednává o problematice ostrovního provozu. Dále se práce krátce zmiňuje o velkokapacitních kontejnerových zdrojích v České republice, které budou mít v budoucnosti velké uplatnění pro elektrizační soustavu spojenou s vyrovnáváním odchylek a akumulací elektrické energie (například pro obnovitelné zdroje elektrické energie). V závěrečné kapitole analyzuji lokální ostrovní provoz v České republice pro vybraná města, kde zmiňuji hlavní lokální výroby elektrické energie s jejich instalovaným výkonem. Na závěr bakalářské práce jsem udělal pro vybraná dvě města hlubší analýzu s doporučením o schopnosti města přejít do ostrovního provozu pouze za pomoci místních zdrojů.

Klíčová slova

Elektrizační soustava, přenosová soustava, distribuční soustava, tranzitní toky, topologie sítí elektrizační soustavy v České republice, systémové služby, podpůrné služby, ostrovní provoz, frekvenční plán, diagram zatížení, vývoj bilance a výroby elektřiny, blackout, velkokapacitní bateriové systémy, možnosti lokálních ostrovů v České republice, výrobní, statutární města.

Abstract

The bachelor thesis is focused on the evaluation of the possibility of island operations in the Czech Republic. The thesis deals with the analysis of island operations for distribution and transmission networks 110 kV to cities with a population about 100 thousand. The first part of the chapters is theoretical to understand the electrification system as such, outlines the main issues that could lead to island operation. In the next two chapters there are listed SyS and PpS services from the CEPS Code, which are mainly focused on regulation to ensure reliability of the electrification system, and also deals with the issue of island operation. Furthermore, the thesis briefly mentions high-capacity container sources in the Czech Republic, which will in the future be of great use for the electrification system, associated with balancing imbalances and accumulation electricity energy (for example, for renewable electricity sources). In the final chapter, I analyze local island operations in the Czech Republic for selected cities, where the main local electricity generating plants with their installed capacity are mentioned, and a deeper analysis and recommendation is made about whether the city is able to switch to island operation with the help of local resources.

Keywords

Electrification system, transmission system, distribution system, transit flows, power grid topology in the Czech Republic, system services, support services, island operation, frequency plan, load diagram, balance and electricity development, blackout, large capacity battery systems, local island options in the Czech Republic, factories, statutory cities.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této bakalářské práce je legální.

.....

Jakub Voňka

10. června 2019

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Václavu Mužíkovi, za cenné profesionální rady, připomínky a metodické vedení práce.

Obsah

1	Úvod	15
2	Elektrizační soustava (ES)	16
2.1	Požadavky	16
2.2	Důvody provozování	17
2.3	Rozdělení a prvky elektrizační soustavy	17
2.4	Propojená elektrizační soustava	17
2.5	Výhody synchronního propojení přenosových soustav	18
3	Přenosová soustava (PS)	19
3.1	Úkoly PS	19
3.2	Hlavní důvody potřeby řízení toků výkonů	19
3.2.1	Tranzitní toky	19
3.3	Příčina vzniku tranzitních toků	20
4	Distribuční soustava	21
4.1	Hladiny DS	21
4.2	Hlavní distributoři	22
5	Uspořádání sítí v elektrizační soustavě	23
5.1	Topologie sítí v ČR	24
5.1.1	Radiální	24
5.1.2	Průběžná	24
5.1.3	Okružní	25
5.1.4	Mřížová	25
6	Systémové služby (SyS)	27
6.1	Technicko organizační prostředky k SyS	27
6.1.1	Udržování souhrnné P zálohy pro primární regulaci f	27
6.1.2	Sekundární regulace f a P	28
6.1.3	Terciární regulace výkonu	28
6.1.4	Využití dispečerské zálohy	28
6.1.5	Sekundární regulace napětí (ASRU)	29
6.1.6	Terciární regulace napětí	29
6.1.7	Zajištění stability přenosu	29
6.1.8	Zajištění kvality napěťové sinusovky	30

7	Podpůrné služby (PpS)	31
7.1	Poskytování PpS na zařízeních, pro jednotlivé subjekty	31
7.1.1	Primární regulace f bloku (PR)	31
7.1.2	Sekundární regulace P bloku (SR)	31
7.1.3	Snížení výkonu (SV_{30})	32
7.1.4	Minutová záloha (MZt) ($t=5, 15$, minut)	32
7.1.5	Sekundární regulace U/Q (SRUQ)	32
8	Ostrovní provoz	33
8.1	Schopnost ostrovního provozu	33
8.2	Požadavky na schopnosti bloku	34
8.2.1	Přechod do ostrovního provozu	34
8.2.2	Ostrovní provoz	34
8.2.3	Opětovné připojení k soustavě	35
8.3	Schopnost startu ze tmy (BS)	35
8.3.1	Dodržení postupu	35
8.4	Frekvenční plán	36
8.4.1	Frekvenční odlehčování	37
9	Diagram zatížení a porucha typu blackout	38
9.1	Diagram zatížení	38
9.1.1	Pásmo základní	38
9.1.2	Pásmo pološpičkové	39
9.1.3	Pásmo špičkové	39
9.1.4	Doba využití maxima	39
9.1.5	Střední výkon	39
9.1.6	Doba plných ztrát	40
9.2	Vývoj bilance a výroby elektřiny (GWh)	40
9.3	Porucha typu blackout	40
9.3.1	Plán obnovy	40
9.3.2	Strategie a priority	41
9.3.3	Princip obnovy soustavy	41
10	Bateriové systémy	43
10.1	Výhody	43
10.2	Nevýhody	44
10.3	Firmy v ČR	44

11 Analýza možnosti lokálních ostrovních provozů v ČR	45
11.1 Histogram	45
11.2 Liberec	46
11.3 České Budějovice	47
11.4 Ústí nad Labem	48
11.5 Hradec Králové	48
11.6 Pardubice	49
11.7 Olomouc	50
11.8 Brno	51
11.9 Zlín	54
12 Závěr	56
12.1 Další možný vývoj	56
Literatura	58
13 Přílohy	1
13.1 Velkokapacitní kontejner od společnosti ENERAGON	1

Seznam obrázků

1	Zjednodušeně zobrazená struktura ES [1]	16
2	Propojené energetické soustavy v Evropě [2]	18
3	Tranzitní toky přes ČR[3]	20
4	Zjednodušený princip distribuční soustavy	21
5	Mapa distributorů v ČR[4]	22
6	Paprsková síť[5]	24
7	Průběžná síť[5]	25
8	Okružní síť[5]	25
9	Mřížová síť[6]	26
10	Denní diagram zatížení[7]	38
11	Histogram	45
12	Místní síť 110 kV města Liberce[8]	46
13	Místní síť 110 kV města České Budějovice[8]	47
14	Místní síť 110 kV města Ústí nad Labem[8]	48
15	Místní síť 110 kV města Hradec králové[8]	49
16	Místní síť 110 kV města Pardubice[8]	50
17	Místní síť 110 kV města Olomouc[8]	51
18	Místní 110 kV města Brno[8]	52
19	Místní síť 110 kV města Zlín[8]	55
20	Kontejner BESS[9]	1
21	Parametry kontejneru BESS část 1.[9]	1
22	Parametry kontejneru BESS část 2.[9]	2
23	Parametry kontejneru BESS část 3.[9]	2

Seznam tabulek

1	Profil společnosti ČEPS, a.s.[10]	23
2	Profil distribučních společností[11]	23
3	Řešení sítí v jednotlivých napěťových hladinách[6]	26
4	Vymezení frekvence v Hz pro pásma provozu část 1.[12] [13]	36
5	Vymezení frekvence v Hz pro pásma provozu část 2.[12] [13]	36
6	Systémové frekvenční odlehčování[12] [13]	37
7	Bilance elektrické energie v ČR[10]	40
8	Bilance města Brno[14]	53
9	Bilance města Zlín[14]	55

Seznam symbolů a zkratek

<i>UCTE</i>	Union for Coordination of the Transmission of Electricity
<i>NORDEL</i>	Transmission system operators in Denmark, Finland, Iceland, Norway and Sweden
<i>ATSOI</i>	Association of the Transmission System Operators of Ireland
<i>UKTSOA</i>	UK Transmission System Operators Association ETSO
<i>BALTSO</i>	Baltic Transmission System Operators
<i>ENTSO</i>	European Network of Transmission System Operators for Electricity v roce 1999
<i>ENTSO – E</i>	European Network of Transmission System Operators for Electricity
<i>OZE</i>	Obnovitelné zdroje energie.
<i>OP</i>	Ostrovní provoz
<i>RZPR</i>	Regulační záloha (PR) – jedná se o točivou výkonovou zálohu, která je vyčleněna na bloku poskytujícím podpůrnou službu primární regulace f bloku
<i>RRPR</i>	Regulační rozsah (PR)
<i>RRSR</i>	Regulační rozsah (SR)
<i>RZSR</i>	Regulační záloha (SR) – jedná se o obecné označení točivé výkonové zálohy, která je vyčleněna na blocích poskytujících podpůrnou
<i>RZSV₃₀</i>	Regulační záloha v blocích, které jsou schopny do 30 minut od povelu Dispečinku ČEPS snížit výkon o předem sjednanou hodnotu zálohy (RZSV30) nebo jsou schopny plného odstavení
<i>RZMZ_t, (t = 10, 15minut)</i>	Regulační záloha minutová, dosažitelná do 10 nebo 15 minut
<i>LFCOP</i>	Dálkové řízení bloků v ostrovním provozu
<i>Netto</i>	Množství vyrobené elektřiny v dané elektrárně mínus vlastní spotřeba elektřiny na samotnou výrobu
<i>saldo</i>	Zůstatek. Rozdíl kladných a záporných hodnot. Například rozdíl mezi výrobou a spotřebou

<i>bruto</i>	Hrubá výroba elektřiny
τ	Časová konstanta
P_{max}	Maximální výkon
$P_{(t)}$	Výkon v čase
A	Vykonná práce
τ_p	Časová konstanta pro střední výkon
P_{str}	Střední výkon
<i>PDS</i>	Provozovatel distribuční soustavy
<i>JE</i>	Jaderné elektrárny
<i>PE</i>	Parní elektrárny
<i>PPE</i>	Paroplynové elektrárny
<i>PSE</i>	Plynové spalovací elektrárny
<i>VE</i>	Větrné elektrárny
<i>PVE</i>	Přečerpávací vodní elektrárny
<i>VTE</i>	Větrné elektrárny
<i>FVE</i>	Fotovoltaické elektrárny
ČOV	Čistírna odpadních vod
BPS	Bioplynová stanice
KVET	Kombinovaná výroba elektřiny a tepla

1 Úvod

Předkládaná práce se zabývá hodnocení možnosti ostrovních provozů v České republice. Již od počátků elektrizační soustavy se lidé potýkali s neplánovanými poruchami v síti, energii jako takovou nelze skladovat, důsledkem může dojít k přetížení vedení vlivem přebytku vyráběné energie. Další poruchy jsou například zkraty, vypnutí jedné z výroben, přerušená izolace, zásah blesku do vedení apod., z toho lze usoudit, že při poruše může dojít k výpadku elektřiny, která může vést k nepokojům a narušení pořádku ve společnosti. Jak je již známo, člověk si musí vzít příklad z minulosti, ponaučit se z ní a docílit toho, aby se podobné situace nestaly či jejich dopad alespoň snížit co nejvíce. Bohužel dnes jsme oproti minulosti silně závislí na elektřině, a proto musíme naši elektrizační síť lépe chránit oproti poruchám, které mohou nastat. Ochranné prvky vyrábíme více inteligentní, vedení dimenzujeme na hladinu napětí, aby dokázalo ustát přepětové špičky apod., to vše je bohužel na úkor ceny jejich výroby a technologie, která je určena jejich dostupností. U nás se elektrizační síť musí pohybovat přesně v mezích $50 \pm 0,2$ Hz (dáno provozovatelem elektrizační soustavy), odchylky nastávají neplánovaně vlivem poruch či nově instalovaných výkonů například fotovoltaické, větrné či malé vodní elektrárny, jak již bylo zmíněno. Pokud by se daná frekvence vychýlila v rozsahu 49 až 47,5 Hz a nedošlo by k jejímu doregulování v reálném čase zpět na hodnotu 50 Hz za pomoci dispečerů, došlo by ihned k nejhorší možné situaci, a to k rozpadu elektrizační soustavy typu blackout. Výpadek by mohl nastat v celém rozsahu elektrizační sítě a škody jsou jak na ztrátě majetku, tak i na životech, problémem je nalézt a opravit danou poruchu v čas, může to trvat až několik hodin, dnů či dokonce týdnů. Blackout již nastal minimálně 9 krát ve velmi rozsáhlém měřítku, jeden z největších byl v Indii červenci roku 2012, kde více než 600 miliónů lidí bylo bez elektřiny na 2 dny. Důvodů je několik, ale jedna z hlavních příčin byla nadměrná elektrická energie, která zatížila přenosovou kapacitu vedení, přenášenou přes oslabené vedení s nedostatečnými ochrannými prvky. Takovéto problémy řešíme správným dimenzováním vedení popřípadě odlehčit síť a dodržování správných postupů pro regulaci sítě. V případě výpadku, již dnes řešíme pomocí ostrovních systémů v minimalizovaném měřítku například pouze pro jednotlivá města.

Toto téma je stále aktuální a s lícenou problematikou, se elektrizační soustava bude potýkat i v budoucnu. Mým cílem, pro tuto bakalářskou práci, je zhodnotit, zda vybraná dvě města s obyvateli okolo 100 tisíc, byla schopna pomocí místních výroben elektrické energie přejít do ostrovního systému.

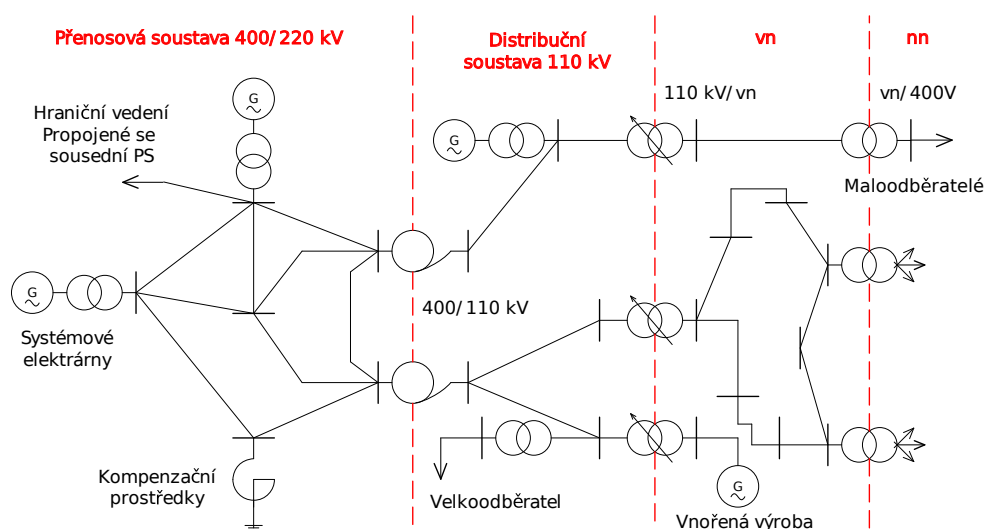
Text je rozdělen do tří částí. V první části z pohledu teoretického vysvětlují obecné pochopení elektrizační soustavy, její rozdělení s následným uspořádáním sítí, které se mohou vyskytovat v ČR a s nastíněnou problematikou u kapitol. V druhé části jsem pomocí kodexu definoval podpůrné služby a systémové služby, kde lícím postup, možnosti regulace aby k ostrovnímu provozu nemuselo dojít. V Další kapitole popisují diagram zatížení, který je spjatý s pokrýváním výkyvů v elektrizační soustavě a následný popis, potom se v této kapitole zmiňuji o postupu a prioritách v situaci typu blackout v České republice. V poslední kapitole analyzuji místní zdroje měst, dle stanovené spotřeby a výroby.

2 Elektrizací soustava (ES)

„Elektrizací soustava je vzájemně propojený soubor zařízení pro výrobu, přenos, transformaci a distribuci elektřiny, včetně měřících, ochranných, řídicích, informačních a telekomunikačních systémů. V Současné době je charakterizována rychlým technickým rozvojem, institucionálními a strukturálními změnami.“[15]

2.1 Požadavky

Úkolem ES je zajistit zásobování spotřebitelům elektrické energie v požadovaném čase, množství a místě při dodržování stanovené spolehlivosti, hospodárnosti, kvality a ekologických ohledů na straně výroby, rozvodu i spotřeby.[16] [17]



Obrázek 1: Zjednodušeně zobrazená struktura ES [1]

Na obrázku číslo 1 můžete vidět zjednodušenou strukturu elektrizační soustavy, po levé straně máme systémové elektrárny o napětí 6 - 25 kV, které transformují napětí pomocí transformátorů na hladinu 400/220 kV. Elektrickou energii přenášíme pro danou hladinu napětí skrze nadimenzované vedení, část vyrobeného napětí elektrárny se využívá pro vlastní spotřebu. Při přenosu nastávají ztráty na vedení či můžou nastat poruchy, které musíme pomocí kompenzačních prostředků vymýtít, nebo je alespoň snížit na minimum. Dále při výrobě nadbytečné energie se snažíme elektrickou energii akumulovat či prodat ostatním soustavám. Naopak pokud elektrickou energii nestíháme vyrábět na úkor pokrytí spotřeby, je nutné dokoupit energii od zahraničních provozovatelů PS. Z přenosové soustavy dále přenášíme energii do soustavy distribuční, kde energii transformujeme na hladinu 110 kV, kterou rozvádíme a transformujeme dále podle potřebné hladiny, například pro velkoodběratele (velkoodběratel může být napájen též z vnořených výroben (G), který vyrábí elektrickou energii a dodává ji do sítě) či pro distributora, který potřebuje vlastní energii též přenášet do ostatních hladin vn, nn pro koncové zákazníky, například maloodběratelé, města, domácnosti či vesnice.

2.2 Důvody provozování

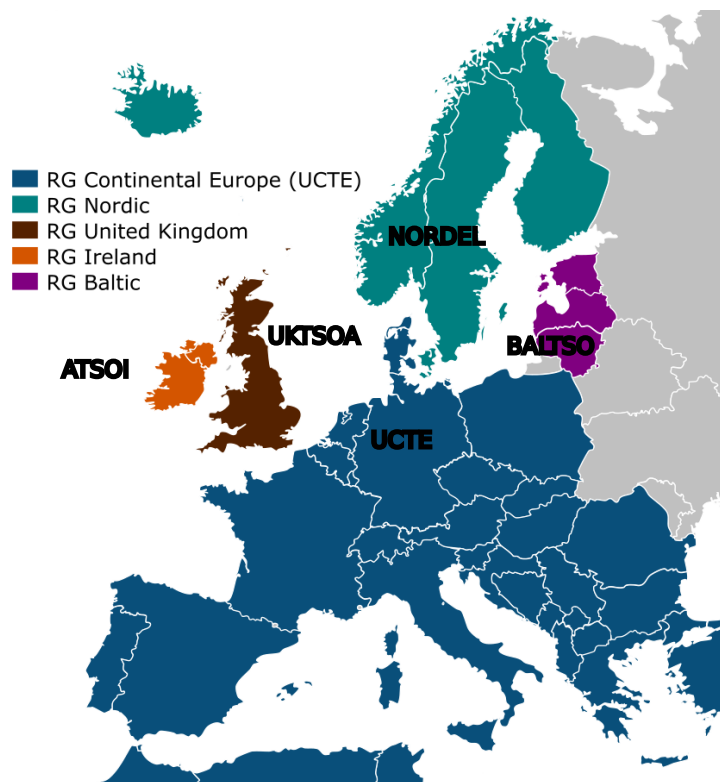
Je zde několik výhod, proč mít systémově propojenou síť. Jedna ze zásadních výhod je efektivnost využití různě typových zdrojů pro výrobu elektrické energie, jako jsou například jaderné, tepelné, vodní elektrárny, které jsou vzájemně propojené. Velkou výhodou je také schopnost výměny energie při regulaci špiček v diagramu zatížení pro různé soustavy. Například pro podnik, který ráno najíždí stroje a tím zatěžuje diagram zatížení, byla by zde možnost kolapsu sítě, pokud by se nepokryla špička jednou ze zmíněných elektráren. Další výhodou je snížení záloh pro jednotlivé soustavy, které brání výpadku za pomoci frekvence. Tudiž při poklesu frekvence potřebujeme danou zálohu energie pro její regulaci a nastavení na stabilní chod, to má za následek zvýšení kvality dodávky elektrické energie.[18] [17]

2.3 Rozdělení a prvky elektrizační soustavy

Základ, tvoří páteřní síť. Zjednodušeně se skládá z rozveden, vedení (venkovní a kabelové), kompenzačních prostředků (tlumivky a kondenzátorové baterie) a transformátorů, oddělujících jednotlivé napěťové hladiny. Síť rozdělujeme na přenosovou (PS) a distribuční (DS) soustavu.[15] [17]

2.4 Propojená elektrizační soustava

Soustava, která vznikla propojením elektrizačních soustav několika zemí se společným operativním řízením. V současné době funguje v Evropě systém UCTE, který představuje sdružení provozovatelů přenosových soustav v kontinentální Evropě. Funguje tak od roku 1951, kde koordinuje provoz mezinárodních PS vvn. Systém má technická pravidla a doporučení k udržení frekvence 50 Hz, tj. udržení rovnováhy mezi výrobou a spotřebou elektřiny. Dohromady je v systému zhruba 24 zemí, 29 PPS, výkon všech elektráren 530 GW, 210 000 km vedení a pro více než 500 miliónů obyvatel, kterým je zajištěna dodávka elektrické energie. Cíle jsou zajistit spolehlivý a bezpečný provoz propojených PS, snížit náklady na přenos (koordinace el. toků, sdílení záložních výkonů), podpora mezinárodního trhu s elektrickou energií (právně, technicky), rozvoj trhu a propojení směrem na Jihovýchod Evropy. [18] [19] [17]



Obrázek 2: Propojené energetické soustavy v Evropě [2]

Na obrázku 2 lze vidět 5 organizací s názvem RG Continental Europe (UCTE), RG nordic (NORDEL), RG Ireland (ATSOI), RG United Kingdom (UKTSOA) a poslední RG Baltic (BALTSO). Tyto organizace se od 1. července 2009 formálně staly mezinárodním uskupením pod názvem ENTSO-E, z původního uskupení ETSO z roku 1999 v reakci na vznik vnitřního trhu s elektrickou energií v rámci EU. Dnes již má ENTSO-E 41 provozovatelů přenosových soustav, 34 evropských zemí, kde se instalovaný výkon všech elektráren pohybuje okolo 1020 GWh, celková spotřeba se pohybuje okolo 3200 TWh a celková výroba činí zhruba 3300 TWh, zabezpečuje více než 300 tisíc kilometrů přenosových soustav vedení a dodává energii pro více než 575 miliónů obyvatel.[19] [17]

2.5 Výhody synchronního propojení přenosových soustav

Při propojení s ES ostatních států docílíme výhod, díky kterým snadněji optimalizujeme využití instalovaných kapacit. Snížíme počet výpadků tzn. budeme schopni lépe řídit frekvenci, budeme schopni lépe udržet napětí pro stabilní chod. Jak již bylo zmíněno v kapitole 2.2, docílíme snížení nutných záloh elektrické energie pro pokrytí výkonu. Díky tomu že jsou soustavy propojené, zde existuje možnost výpomoci či koupě energie pro pokrytí výkonu v případě nouze.[18] [17]

3 Přenosová soustava (PS)

Představuje subsystém (páteř) elektrizační soustavy ČR, který propojuje všechny významné subjekty v soustavě, slouží k vyvedení velkých výkonů (systémových elektráren) na velké vzdálenosti, následně zajišťuje rozhodující podíl zahraniční spolupráce. PS je charakterizována zasmyčkovanou sítí o nejvyšší úrovni 400 a 220 kV včetně vybraných vedení 110 kV, kdy počet vedení je větší než počet rozvodů (typ rozvodu tvoří okružní, uzlová síť). Zatížení PS je určeno nasazením systémových elektráren, výměnou elektřiny (export/import) se sousedními soustavami a tranzitními toky.[15] Provozovatel PS je společnost ČEPS, a.s. (www.ceps.cz), kde z dispečerského hlediska reguluje provoz zařízení přenosové soustavy a systémových zdrojů na území České republiky, také zajišťuje bezpečný a spolehlivý přenos elektřiny pro uživatele přenosové soustavy v ČR i v rámci Evropského trhu s elektřinou.[20] [17]

3.1 Úkoly PS

Hlavním úkolem je regulace frekvence, zejména kvůli disbalanci činných výkonů vlivem změny frekvence, také je potřeba zajistit stabilitu přenosu i při mimořádných stavech. Pro přenos elektrické energie se klade velký důraz i na spolehlivost přenosu.[16] [17]

3.2 Hlavní důvody potřeby řízení toků výkonů

Jedním z hlavních důvodů, je výskyt nových úzkých míst v síti, kde je možnost přetížení sítě v souvislosti s rostoucí výměnou elektrické energie a to hlavně mezistátními. Může nastat přetěžování vedení v údržbových a neúplných stavech sítě, což by vedlo k potížím, dále je snaha omezit rizika přetěžovaného vedení vnitřní sítě, které mohou nastat vlivem nevhodného provozu zdrojů, například velkých větrných parků v Německu. Dbáme na omezení nevyžádaných obchodních případů (tranzitů). Snaha je optimalizovat provoz přenosových sítí (například ztráty činného výkonu).[21] [17]

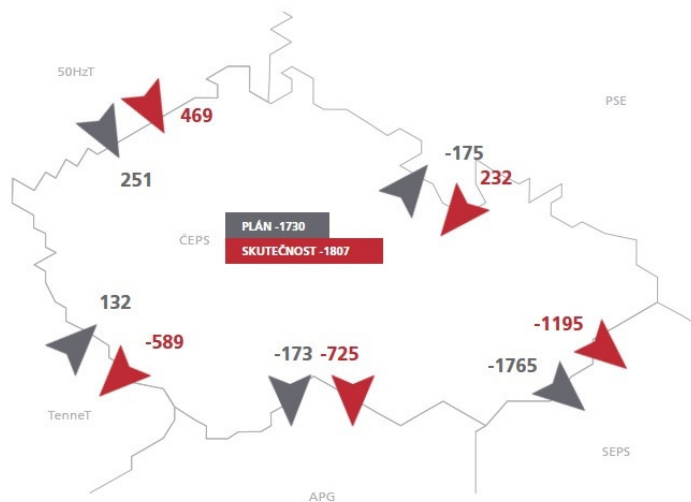
3.2.1 Tranzitní toky

Tranzitní toky jsou jednak výsledkem fungování Evropského trhu s elektřinou a jednak je tvoří tzv. kruhové toky, způsobené odlišným umístěním zdrojů a zatížení v synchronně propojené soustavě a již zmíněnou smyčkovou konfigurací přenosové soustavy.[15] [17]

Na obrázku číslo 3 můžete vidět přeshraniční toky energie přenosových soustav pohraničních států. Přeshraniční toky vedou přes Českou republiku, z důvodu sousedních států, které nemají dimenzovanou síť na tak velký přenos. Díky tomu si tak výkonové toky najdou cestu nejmenšího odporu bez ohledu na hranice států. Naše přenosová soustava je dimenzována velmi dobře a je schopna přenášet velké toky přes hranice států, které dle potřeby můžeme regulovat. Například export elektřiny z Německa do Rakouska prochází z významné části přes Polsko a Česko.

Reálná data: 28. 02. 2019 19:00 až 28. 02. 2019 19:59

AGREGACE PRŮMĚR / HODINA



Obrázek 3: Tranzitní toky přes ČR[3]

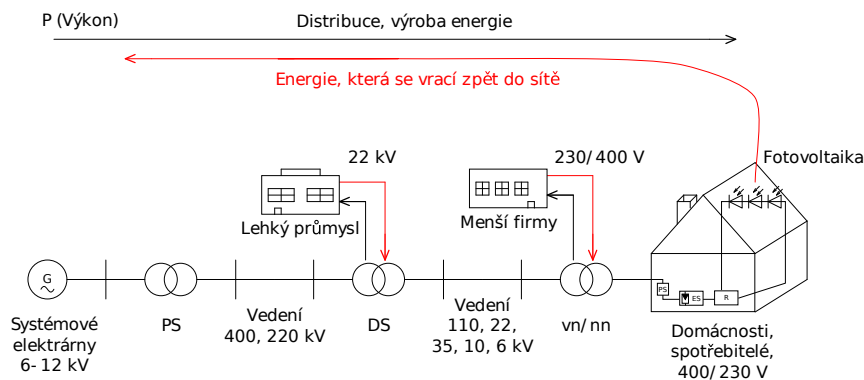
3.3 Příčina vzniku tranzitních toků

Existuje mnoho variant, proč tranzitní toky vznikají. Neplánované toky elektřiny jsou fyzikálně-technickým důsledkem, synchronního propojení přenosových soustav. Nemá a priori negativního dopadu na spolehlivost provozu sítí. Bohužel od roku 2010 je nekontrolovatelný nárůst těchto toků, které stupňovitě zatěžovaly přenosovou síť ČEPS a způsobovaly v ní velmi vážné situace.[22] [17]

Mezi hlavní důvody, proč přetoky začaly ohrožovat přenosovou soustavu ČR, patří výrazný nárůst množství elektřiny vyrobené z větrných zdrojů, umístěných převážně na severu Německa, v kombinaci s nedostatečnou vnitroněmeckou kapacitou pro její přenos. Situaci ještě umocňuje odstavení první skupiny jaderných elektráren na severu a jihu Německa (přes 8000 MW). A aby toho nebylo dost, v posledních letech se zvýšil instalovaný výkon ve fotovoltaických elektrárnách v Německu z 10 na více než 40 tisíc MW. Ve slunečných dnech výroba z těchto převážně malých instalací vytěsňuje elektřinu vyráběnou v ostatních konvenčních zdrojích do sítí vyšších napěťových úrovní včetně linek přenosových soustav. Svůj podíl na současné situaci má také způsob obchodování s elektřinou. Sjednané obchody v rámci jedné země, nebo mezi dvěma zeměmi, vyvolávají fyzikální toky elektřiny, které zdaleka nenásledují obchodní cesty takových tržních transakcí.[22] [17]

4 Distribuční soustava

Na přenosovou soustavu navazuje distribuční soustava, zajišťující rozvod elektřiny k jednotlivým odběratelům (průmyslovým i komunálním). Typ rozvodu má obvykle okružní nebo paprskový charakter, kdy počet vedení je o jedno nižší než počet rozvodů. DS je zřizována a provozována ve veřejném zájmu. Zatížení distribuční soustavy je určeno především odběry, i když v poslední době narůstá počet tzv. vnořených zdrojů (G), vyvedených do nižších napěťových hladin, které mohou toky výkonů výrazně ovlivňovat.[15]



Obrázek 4: Zjednodušený princip distribuční soustavy

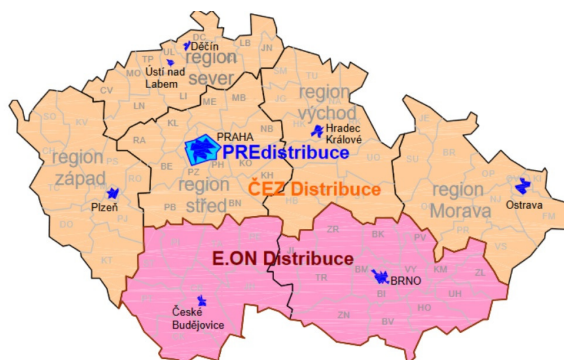
Na obrázku číslo 4 je zobrazena cesta přenosu pro distribuční soustavu, máme zde podniky či lehký průmysl, oba též spotřebovávají energii pouze jen o rozdílných hladinách napětí. Hlavní potíž, je v možnosti OZE, které mohou oba subjekty vlastnit, za předpokladu že jim vyhoví ČEPS dle všech potřebných náležitostech, které musí splňovat. Jestliže subjekty tedy vlastní zmiňované OZE, například u fotovoltaiky vyrobenou energii využíváme k vlastní spotřebě, kde problémem je pak následná akumulace energie. V případě, že fotovoltaika vyrábí nad rámec množství, který subjekt spotřebovává ať už v intervalu ročního období nebo v rozmezí 24 hodin. Svoji vyrobenou energii hrne do distribuční sítě a to může způsobit v nejhorším případě vybočení frekvence z požadované meze a následné odregulování dispečerem v reálném čase, kde regulace probíhá pomocí bloků zpět na stanovenou mez. Stejný problém může nastat i pro domácnost, kde sice pro jednu domácnost je zatížení zanedbatelné, ale bohužel pro tisíce domácností už je problém. Na druhou stranu pokud nevyrábí dostatek, musí se brát energie ze sítě. Regulace je podle diagramu zatížení viz kapitola 9.

4.1 Hladiny DS

Distribuční soustava je provozována celkem na třech napěťových hladinách, největší hladina jmenovité napětí je pro síť VVN (velmi vysoké napětí) 110 kV, dále je pak síť VN (vysoké napětí), která má hladiny napětí 35, 22, 10, 6, 3 kV. Poslední je síť NN (nízké napětí) na hladině 400/230 V, která se používá pro domácnosti.[23]

4.2 Hlavní distributoři

V České republice máme tři významné distributory, kteří svojí distribucí napájí regiony či oblasti, jedná se zejména o ČEZ Distribuce, a.s, E.ON Distribuce, a.s. a PRE distribuce, a.s. Ostatní distributoři mají jen menší podíl na distribuci elektrické energie či nakupují od hlavních dodavatelů za výnosné ceny.[24]



Obrázek 5: Mapa distributorů v ČR[4]

5 Uspořádání sítí v elektrizační soustavě

Sítě z hlediska uspořádání můžeme rozdělit na dva druhy. První skupina je s otevřeným rozvodem, značená jako nezauzlená síť, kde spotřebiči zajistíme elektrickou energii pouze jednou cestou, využívá se paprskových a průběžných rozvodů. Druhá skupina je s uzavřeným rozvodem, značená jako zauzlená síť, kde spotřebiči zajistíme elektrickou energii ze dvou nebo více stran napájení, využívá se zde Okružních a mřížových rozvodů.[6]

Při návrhu sítě je nutné splnit určité požadavky, jako jsou provozní a investiční náklady, které musejí být minimální, ale vzato spolehlivost zásobování musí být vysoká, spolu s nízkým úbytkem napětí, dále je snaha o bezporuchový chod a tím zaručit spolehlivé zásobování a umožnění dalšímu rozvoji sítě bez velkých změn či zákroků pro stávající síť.[6]

Množství elektřiny přenesené přenosovou soustavou na výstupu [GWh]	67 442
Délka vedení 400 kV (km)	3 735
z toho dvojitě a vícenásobné (km)	1371
Délka vedení 220 kV (km)	1 909
z toho dvojitě a vícenásobné (km)	1038
Počet transformátorů 400/110 kV (-)	49
Počet transformátorů 220/110 kV (-)	21

Tabulka 1: Profil společnosti ČEPS, a.s.[10]

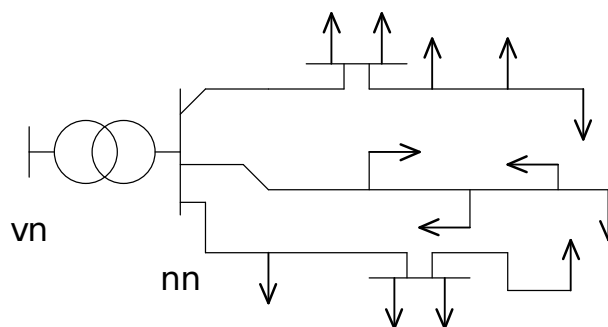
Profil společností	Napěťová hladina	Délka kabelových vedení [km]	Délka venkovních vedení [km]
ČEZ Distribuce	nn	52 551	48 099
	vn	10 233	40 249
	vvv	23	9 759
E.ON Distribuce	nn	23 075	16 526
	vn	3 522	18 609
	vvv	11	3 907
PREdistribuce	nn	7 750	84
	vn	3 758	113
	vvv	62	144
Česká republika	nn	83 376	64 709
	vn	17 513	58 971
	vvv	96	13 810

Tabulka 2: Profil distribučních společností[11]

5.1 Topologie sítí v ČR

5.1.1 Radiální

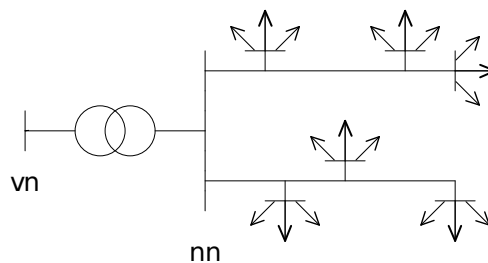
Též pod názvem paprsková síť, obrázek číslo 6 . Z napájecího místa, myšleno spínací stanice nebo též transformovny, zásobujeme přes vedení (venkovní nebo kabelové) jednotlivé odběry. Tyto odběry (spotřebiče) nebo části sítě, jsou napájeny zvlášť vlastním vedením, kde paprsky nelze vzájemně spojovat. Tento druh rozvodu se používá převážně v distribučních sítích vn (35 kV a 22 kV) a nn (400/230V). Následně může být použita pro městské aglomerace (musí se zvýšit spolehlivost dodávky například dvoupaprsková síť), obce, malá města a menších průmyslových závodů.[6] [25] Hlavní výhodou je zde jednoduchost rozvodu a následná cena, díky tomu lze snadno detekovat poruchu. Používá se tam, kde nejsou zapotřebí zvýšené nároky na provozní spolehlivost. Z toho plyne následná nevýhoda, která zde v případě poruchy znamená vyřazení spotřebičů v dané větvi postiženého paprsku. Přerušování dodávky je zde 3 až 24 hodin.[6] [25]



Obrázek 6: Paprsková síť[5]

5.1.2 Průběžná

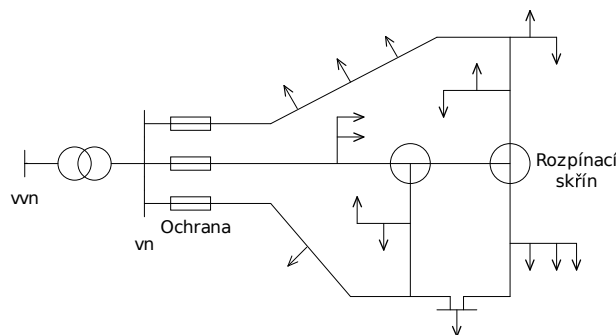
Vedení, z něhož jsou vyvedeny odbočky pro napájení jednotlivých spotřebičů nebo podružných rozvodnic, připojených smyčkovou či paprskovou odbočkou. Daný rozvod se používá převážně v sítích vn a nn, hodí se pro osvětlovací komunikace, napájení průmyslových hal, nebo pro napájení jednotlivých maloobdobatelů na vesnicích. Průběžné vedení se vyznačuje velkou délkou, kde nevýhodou je velký úbytek napětí, tudíž je prováděna kontrola úbytku napětí na vedení. Provozní spolehlivost je stejná jako u paprskového, tedy poměrně nízká, obecné schéma je na obrázku číslo 7.[6] [25]



Obrázek 7: Průběžná síť[5]

5.1.3 Okružní

Analogickým názvem smyčková síť. Okružní neboli smyčková síť je zejména využívána v přenosové soustavě 400 a 220 kV (pro větší průmyslové závody) a v distribuční soustavě 110 kV. Dále pro nízké napětí se uplatňuje v městské obytné zástavbě. Provoz je v rozepnutém nebo sepnutém stavu (jednotlivé paprsky nebo polosmyčky jsou provozovány tak, aby se daly sepnout). V běžném provozu se objevuje v rozepnutém stavu, tudíž jako síť paprsková.[6] [25] Pro rozepnutý stav v případě poruchy je možnost odlehčit přetížené vývody, přepnutím určitých částí vedení na málo zatížené vývody. Tímto způsobem, se snažíme rovnoměrně regulovat (ručně nebo obvykle automaticky) zatížení vývodů. Jedna z hlavních výhod je lepší spolehlivost dodávky elektrické energie, v případě poruchy lze paprsky sepnout a tím dodávku elektrické energie zajistit z druhé strany, další výhody jsou přehlednost a nenáročnost sítě.[6] [25]



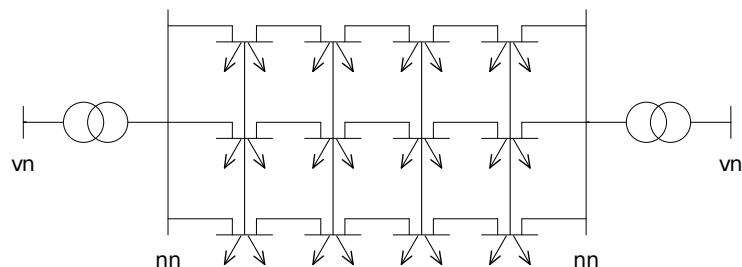
Obrázek 8: Okružní síť[5]

5.1.4 Mřížová

Pro vytvoření jednoduché mřížové sítě nn je potřeba kompaktní sítě, vzájemně propojenou podružnými rozvaděči. Z vnějšku je napájena minimálně ze dvou míst spolu s hlavními rozvaděči viz obrázek 9, kde oba transformátory vn/nn pracují do společné sítě. Mezi transformátory je spojení hlavních vedení zpravidla provozováno s většími průřezy, které jistí hlavní výkonové pojistky na vývodech z distribuční transformační stanice (DTS). Mřížová síť může pokrývat velké plochy s rozsáhlými odběry elektrické energie.[6] [25]

Uzlové rozvaděče mohou propojovat více paprsků a jsou vhodné pro napájení velkých objektů, prů-

myslových závodů nebo husté městské zástavby. Výhodou je zde vysoká spolehlivost, kde při poruše je možnost napájení z více míst. Síť je obvykle tvořena jednotného průřezu, čili je schopna více alternativ provozu, ale s menším využitím průřezu kabelů. Nevýhodou je zde složitost a tím pádem i velmi špatná detekce poruchy, dále s vysokou spolehlivostí přichází i velké pořizovací náklady.[6] [25]



Obrázek 9: Mřížová síť[6]

Soustava	Napěťová úroveň	Jmenovité napětí	Uspořádání rozvodu
Nadřazená soustava	vvn	400 kV	okružní síť
		220 kV	
Distribuční soustava	vn	110 kV	okružní, paprsková síť
		22 kV, 35 kV	průběžný, paprskový,
		10 kV	dvojpaprskový (obvykle s
	nn	6 kV	možností spojení do okružního)
		500 V	průběžný, paprskový, mřížová síť
400/230 V			

Tabulka 3: Řešení sítí v jednotlivých napěťových hladinách[6]

V tabulce 3 jsem udělal souhrn použitých sítí v jednotlivých napěťových úrovních. Jednotlivé uspořádání jsou jedny z možných variant, ale nemusí být povinné. Existují další druhy sítí, které by se mohli hodit pro danou napěťovou úroveň, vše závisí na podmínkách provozování, které se musí brát v potaz a dle toho se vybírá a navrhuje daná síť.

6 Systémové služby (SyS)

Provozovatel PS zajišťuje formou řídicí nebo koordinační systémové služby. Podle zákona zodpovídá za naši elektrizační síť ČEPS, a.s, kde tyto služby slouží k zajištění spolehlivého a bezpečného provozu v PS, dále zajišťují určitou kvalitu přenosu elektrické energie a požadavky pro provoz ES v ČR, které vyplývají z mezinárodní spolupráce ostatních provozovatelů PS v rámci ENTSO-E. Služby, které SyS plní jsou následující.[26] [17] [27]

Hlavní službou ČEPS, a.s, je udržování kvality elektřiny, kde pod tímto názvem SyS využívají prostředky, jako jsou udržování souhrnné výkonové zálohy pro primární regulaci frekvence, sekundární regulace f a P, sekundární regulaci napětí, terciární regulace napětí, zajištění kvality napěťové sinusovky, zajištění stability přenosu. Další službou je udržování výkonové rovnováhy v reálném čase. Tato služba využívá následujících prostředků, jako je sekundární regulace f a P, terciární regulaci výkonu, využití dispečerské zálohy. Třetí službou je obnova provozu, v této službě se využívá plánu obnovy, kde spolu s PpS zahrnuje schopnost ostrovního provozu a startu ze tmy. Poslední službou je dispečerské řízení, kde služba navíc, kromě výše zmíněných prostředků, zajišťuje bezpečnost provozu pomocí plánu obrany, a provozních instrukcích. Zahrnuje i službu řízení propustnosti sítě, jedná se tedy o toky činných výkonů, které řídíme pomocí zapojení sítě, redispečinku, protiobchodu.[26] [17] [27]

6.1 Technicko organizační prostředky k SyS

6.1.1 Udržování souhrnné P zálohy pro primární regulaci f

Důležité je zajistit tuto zálohu ve stanovené kvalitě a výši. Primární regulací v propojené ES je frekvence, která je založena na principu solidarity. Princip je založen na stavu, kdy nastane výpadek (porucha bloku či změna zatížení) a tím se naruší výkonová rovnováha mezi výkonem a zatížením zdrojů. Všechny zdroje propojené soustavy se podílejí na obnovu výkonové rovnováhy, pro primární regulaci f jsou zapojeny v dílčích regulačních oblastech. Účelem je zvýšení či snížení P, pomocí toho lze zastavit pokles či vzrůst odchylky f v časovém intervalu do pár vteřin. Matematicky nám závisí odezva výkonu ΔP , na stacionární odchylce frekvence Δf , která je od jmenovité hodnoty zapsána následovně.[28] [17] [27]

$$\Delta P = -\lambda \Delta f \quad [MW, MW/Hz, Hz], \quad (1)$$

symbol λ , zde označuje výkonové číslo regulační oblasti. Pro primární regulaci frekvence, z každé regulační oblasti se stanovují výkonové zálohy, tyto zálohy udávají značnou velikost výpadku výkonu, která se musí pokrýt naznačenou regulací frekvence. Provozovatelé PS mají povinnost zajistit tuto výkonovou zálohu, podmínka stanovuje synchronní spolupráci všech soustav společností, spolu propojených pro vzájemnou spolupráci. To znamená, že pro každou regulační oblast stanovujeme a udržujeme souhrnnou výkonovou zálohu s danou sumární statistikou na primární regulaci frekvence. Podpůrnou službu poskytují bloky, které se podílejí na primární regulaci frekvence, kde na primární regulaci frekvence posléze

navazuje sekundární regulace f a P.[28] [17] [27]

6.1.2 Sekundární regulace f a P

Automaticky udržujeme výkonovou rovnováhu regulační oblasti a frekvenci na jmenovité hodnotě. Zajištěn, je automaticky sekundárním regulátorem frekvence a předávanými výkony umístěný na dispečinku ČEPS. Na sekundární regulátor máme připojeny terminály elektráren, spolu s bloky poskytujícími PpS. Znamená to, že sekundární regulace výkonového bloku a terminály v hraničních rozvodnách měří předávaný výkon. Regulátor pracuje na způsobu síťových charakteristik, zajišťuje tzv. princip neintervence. Znamená to, že vyrovnává postiženou regulační oblast pouze tam, kde vznikla a způsobila výkonovou nerovnováhu, což se projeví na změně odchylky předávaných výkonů a frekvence. Regulační odchylka, je značena písmenem G a spočítá se tedy:[28] [17] [27]

$$G = \Delta P + K \Delta f \quad [MW, MW, MW/Hz, Hz], \quad (2)$$

kde ΔP je odchylka předávaných výkonů od plánované hodnoty a K je nastavený parametr, který by se měl teoreticky rovnat výkonovému číslu λ , aby princip neintervence platil ideálně. Okamžitou regulační odchylku výkonu nesmíme zaměňovat za systémovou odchylku, která představuje odchylku energie subjektů zúčtování za obchodní interval. Při obnovování výkonové rovnováhy navazuje sekundární regulace f a P na primární regulaci frekvence tak, aby postupně nahradila výkon, který byl poskytnut na principu solidarity v propojené soustavě. Proces sekundární regulace f a P je realizován vysláním žádané hodnoty výkonu ze sekundárního regulátoru na bloky poskytující PpS, pro SR. Činnost sekundární regulace f a P by měla obnovit zadané hodnoty frekvence a předávaných výkonů do 15 minut od okamžiku vzniku výkonové nerovnováhy. Na činnost sekundární regulace f a P navazuje terciární regulace výkonu.[28] [17] [27]

6.1.3 Terciární regulace výkonu

Tento systém udržuje potřebnou zálohu, slouží zde jako náhrada pro vyčerpanou sekundární regulaci zálohy, čili výkonu použitého pro činnost sekundární regulace frekvence a výkonu. Pro terciární regulaci lze využít točivou zálohu, tedy bloky poskytující terciární regulaci výkonového bloku. Dále je tu možnost najždění dle potřeby rychle startující zálohy.[28] [17] [27]

6.1.4 Využití dispečerské zálohy

Dispečerská záloha pokrývá výkonovou nerovnováhu, vzniklou účastníky na trhu. Využívá se tehdy, pokud účastníci nejsou schopni po více než dvou hodinách dodržet jejich plánovaný odběrový diagram nebo diagramové body. Účelem je pokrýt nedostatek výkonu zapříčiněný výpadkem bloků či odebíraným výkonem, který je mnohem vyšší, než byl stanoven dle odběrového diagramu. Za předpokladu, že provo-

zovatelé bloků či uživatelé nejsou schopni v určitých mezích nebo ochotni pomocí vlastních prostředků nahradit ztrátu.[28] [17] [27]

6.1.5 Sekundární regulace napětí (ASRU)

Jeho úloha je automaticky udržovat napětí v pilotním uzlu PS, dané napětí je určeno pomocí terciální regulace napětí. Systém je realizován automatickým regulátorem napětí (ARN). Zmíněný regulátor má vlastní zadaný napětí v pilotním uzlu, který reaguje na odchylku skutečného napětí, dle toho určí jalový výkon, potřebný k doregulování odchylky. Elektrárny dostanou hodnotu pro požadovaný výkon bloků, poskytující sekundární regulaci napětí či jalového výkonu. Vlastní-li elektrárna více než jeden blok, je vybavena skupinovým regulátorem jalového výkonu. Tento regulátor rozdělí z ARN pomocí zvoleného klíče požadovaný výkon, na jednotlivé bloky.[28] [17] [27]

Uspořádání lze provést následovně:

1. ARN je součástí řídicího systému elektrárny, tedy je umístěn na elektrárně. Nedílnou částí je skupinový regulátor buzení, řídí jalové výkony jednotlivých bloků a to buď, analogovou nebo pulzní regulací jalového výkonu.[28] [17] [27]
2. ARN je umístěn například na blízké rozvodně vvn a zvn, čili není na elektrárně. Jeho součástí je skupinový regulátor buzení elektrárny, jenž řídí přímo jalové výkony na jednotlivých blocích, pomocí analogové nebo pulzní regulace.[28] [17] [27]
3. ARN je umístěn například na blízké rozvodně vvn a zvn, čili není na elektrárně, ale zasílá sumární žádanou hodnotu na elektrárnu požadovaného jalového výkonu.[28] [17] [27]

Konkrétní uspořádání je dohodnuto mezi poskytovatelem PpS a provozovatelem PS. Do systému ASRU jsou zařazeny i kompenzační tlumivky, které jsou využívány při vyčerpání příslušných regulačních rezerv alternátorů. Regulovat kompenzačními tlumivkami by se mělo začít dříve, než jsou zcela vyčerpány technické možnosti alternátorů. Na těch by se měla udržovat stálá rezerva Q pro havarijní situace. Systém regulace zahrnuje i hladinové regulátory transformátorů. ASRU musí umožňovat komunikaci s terciální regulací napětí.[28] [17] [27]

6.1.6 Terciální regulace napětí

Pro ekonomický a bezpečný provoz ES, nám tento způsob regulace koordinuje žádané napětí v pilotních uzlech. Dispečink ČEPS tento způsob regulace tvoří pomocí optimalizačního programu. Z hlediska regulace jalového výkonu a napětí tvoří vrchol v hierarchii.[28] [17] [27]

6.1.7 Zajištění stability přenosu

Tato funkce má koordinační i kontrolní činnost. V soustavě nám zajišťuje tlumení výkonových kyvů a přenosu činných výkonů, zejména v propojených PS, kde se kontroluje dynamická a statická stabilita

při přenosu výkonů. Provádějí se kontrolní výpočty stability, sledování a vyhodnocování měřených dějů, kde tuto kontrolu provádí ČEPS v reálném čase. Dle analýzy jsou navržena opatření pro hlídače, které nastavují meze zesílení, podbuzení regulátorů buzení. Pro regulátory buzení jednotlivých generátorů, se nastavují konstanty systémových stabilizátorů (PSS). Tato situace má Obranný plán, který řeší opatření proti ztrátě ze synchronismu nebo také proti kývání.[28] [17] [27]

6.1.8 Zajištění kvality napěťové sinusovky

Funkce je monitorovací a kontrolní, která je pasivního charakteru, jako aktivní charakter jsou zde filtry. S rostoucím rozvojem technologií polovodičových prvků, součástek apod. roste také počet zařízení, které jsou založené na této bázi a tedy napájené z hladin vyššího napětí. Má to za následek zkreslení napětí, respektive obsahu vyšších harmonických či pulsů apod., které zpětně nepříznivě ovlivňuje ostatní uživatele. ČEPS má proto právo měřit a monitorovat čistotu sinusovky, dále také navrhopat opatření a identifikovat zdroje poruchy.[28] [17] [27]

7 Podpůrné služby (PpS)

ČEPS využívá podpůrné služby k zajištění systémových služeb poskytované uživatelům PS. V rámci standardů, tak ČEPS dosahuje spolehlivého a správného fungování elektrizační soustavy, díky tomu si ČEPS sám zvolí vlastní provoz soustavy či jakožto člen propojených soustav může přijat některou z nabízených alternativ.[29] [17] [27]

7.1 Poskytování PpS na zařízeních, pro jednotlivé subjekty

7.1.1 Primární regulace f bloku (PR)

Automatická lokální funkce, která je zajištěna pomocí obvodů primární regulace. Tato regulace spočívá na jasně definované změně výkonu v elektrárenském bloku v závislosti od zadané hodnoty na odchylce frekvence. Pokud je potřeba změnit výkon elektrárenského bloku, tedy vyžadují-li to obvody primární regulace, které jsou závislé na odchylce frekvence, potom požadovanou změnu výkonu lze vypočítat pomocí regulační rovnice:[29] [27]

$$\Delta P = -\frac{100}{\delta} \frac{P_n}{f_n} \Delta f \quad (3)$$

kde požadovaná změna výkonového bloku jest ΔP [MW], dále blok o nominálním výkonu P_n [MW], odchylka frekvence od zadané hodnoty Δf [Hz], primární statická regulace δ [%] a na závěr zadaná frekvence, která by měla být jmenovitě 50 Hz. Poskytovatel podpůrných služeb, musí zajistit dostatečnou velikost požadované regulační zálohy (RZPR), v případě vzniku odchylky frekvence musí záloha najet do 30 sekund. Pro bloky do 300 MW uvažujeme uvolňování maximální rezervované velikosti RZPR, při změně frekvence o 200 mHz od zadané hodnoty. Bloky, které jsou nad 300 MW, uvažujeme uvolnění rezervované maximální velikosti RZPR, při kmitočtu o 100 mHz od zadané hodnoty. Je stanovená maximální vykupovaná velikost RZPR, která je pro jeden blok 10 MW, naopak minimální stanovená velikost RZPR pro poskytování jednoho bloku je 3 MW. Dané velikosti jsou stanovené z důvodu omezit vliv výpadků bloků, které poskytují tuto podpůrnou službu na souhrnnou zálohu, pro tyto služby platí vztah:[29] [27]

$$RZPR = \frac{1}{2} RRRPR \quad (4)$$

7.1.2 Sekundární regulace P bloku (SR)

Je to proces, který mění velikosti výkonu pro regulovaný elektrárenský blok. Změna hodnot je nastavena sekundárním regulátorem kmitočtu a rozdílem předávaných výkonů.[29] [27]

Poskytovatel PpS sekundární regulací P bloku (SR), musí velikost ($RZSR_{(+)}$) nebo ($RZSR_{(-)}$) bloku realizovat určenou rychlostí nejpozději do 10 minut od požadavku. Minimální rychlost změny výkonu bloku je 2 MW/min. Minimální certifikovaná velikost (RRSR) na jednom bloku je 10 MW a minimální poskytovaná velikost ($RZSR_{(+)}$) nebo ($RZSR_{(-)}$) na jednom bloku je 10 MW. Pro maximální poskytovanou

velikost RZSR na jednom bloku platí, že žádná z uvedených hodnot ($RZSR_{(+)}$) a ($RZSR_{(-)}$), nepřekročí 70 MW.[29] [27]

7.1.3 Snížení výkonu (SV_{30})

Tyto bloky jsou schopny na pokyn Dispečinku ČEPS snížit výkon na předem určenou hodnotu zálohy ($RZSV_{30}$) do 30 minut od pokynu. Bloky jsou též schopny nenažít zdroje programového PP nebo plného odstavení. Služba se využívá hlavně z důvodu snížení dodávky do elektrizační soustavy, je také schopna odregulovat výkonovou nerovnováhu při podstatné záporné odchylce, která v soustavě vznikla díky nedodržení naplánovaných diagramů na hladině přesahující standardně určeným možnostem velikostí PpS (SR a MZ_t). Záloha zajišťovaná od jednoho poskytovatele PpS je minimálně 30 MW. Poskytovatel PpS musí na zažádání ČEPS, a.s pro snížení výkonu do 30 minut poskytnout informace, na kterých blocích a pro jaké případy aktivace tuto službu poskytoval.[29] [27]

7.1.4 Minutová záloha (MZ_t) ($t=5, 15$, minut)

Jedná se o zařízení, připojená k ES ČR, obvykle elektrárenské bloky, která jsou do t minut od příkazu Dispečinku ČEPS schopna poskytnout sjednanou regulační zálohu $RZMZ_{t\pm}$. Minutovou zálohou se rozumí požadovaná změna výkonu, kladná nebo záporná, na svorkách poskytujícího zařízení. Regulační minutová záloha kladná $RZMZ_t+$ může být realizována například zvýšením výkonu bloku, odpojením čerpání (u PVE), nenažetím programovaného čerpání, odpojením odpovídajícího zatížení od ES ČR. Regulační minutová záloha záporná $RZMZ_t-$ může být realizována například snížením výkonu bloku, připojením odpovídajícího zatížení k ES ČR. Minimální velikost minutové regulační zálohy $RZMZ_t$ pro $t=15$ a jednoho bloku, případně zařízení je 10 MW. Maximální výkon zařízení je 70 MW (pokud není s provozovatelem PS dohodnuto jinak). Doba aktivace služby není omezena, minimální velikost minutové regulační zálohy $RZMZ_t$ pro $t=5$ u jednoho bloku, případně zařízení je 30 MW (pokud není s provozovatelem PS dohodnuto jinak). Maximální výkon zařízení, určuje ČEPS, a.s. Minimální doba, po kterou musí být garantováno poskytování pěti minutové regulační zálohy $RZMZ_5$, jsou 4 hodiny a to i v případě aktivace této služby na konci intervalu její rezervace.[29] [27]

7.1.5 Sekundární regulace U/Q (SRUQ)

Automatická funkce, která využívá smluvně dohodnutý regulační rozsah Q bloků, které v pilotních uzlech elektrizační soustavy udržují zadané napětí. Také je schopna vyráběný jalový výkon rozdělit na jednotlivé stroje. Regulační proces je možné mít pouze s jedním překmitem či musí být aperiodický a do dvou minut ukončený. Zároveň musí být schopná spolupráce se službou terciální regulace napětí a jalových výkonů.[29] [27]

8 Ostrovní provoz

Dle definice to znamená mimořádný provoz, jenž je stabilní a je součástí elektrizační soustavy, ta se oddělí od soustavy při důsledku poruchy v ES. Do této soustavy pak může pracovat několik zdrojů, převážně bloky nebo elektrárny, které podporují a udržují soustavu v ostrovním provozu.[30] [27] [17]

8.1 Schopnost ostrovního provozu

Jedná se o schopnost provozu elektrárenského bloku do vydělené části vnější sítě tzv. ostrova. Ostrovní provoz se vyznačuje velkými nároky na regulační schopnosti bloku. Schopnost ostrovního provozu bloku je nezbytná pro předcházení a řešení stavu nouze a je legislativně podložena vyhláškou č. 80/2010 Sb., o stavu nouze v elektroenergetice a o obsahových náležitostech havarijního plánu. Ostrovní provoz bloku se vyznačuje značnými změnami systémových veličin, tedy frekvencí a napětím, což souvisí s tím, že blok pracuje do izolované části soustavy. Elektrárenský blok přechází automaticky do regulačního režimu ostrovního provozu při poklesu frekvence pod 49,8 Hz a při vzrůstu frekvence nad 50,2 Hz. Změny zatížení ostrova představují velké nároky na regulaci činného výkonu bloku. Zatížení je proměnné a tím pro vyvolané změny napětí a frekvence musí být blok schopen řešit svou autonomní regulací v závislosti na odchylce frekvence od žádané (jmenovité) hodnoty proporcionálním způsobem (na rozdíl od paralelního provozu, kdy jsou změny napětí a frekvence řešeny prostřednictvím systémových služeb).[29] [31] [27] [17]

Bloky poskytující PpS (OP) musí být připraveny pro dálkové řízení bloku v OP (režim LFCOP). Bloky musí být schopny na základě povelu k zařazení do dálkového řízení bloku v OP přijímat z centrálního regulátoru korekci zadané hodnoty otáček regulátoru ostrovního provozu a na jejím základě měnit základní otevíření regulačních ventilů (v případě VE rozváděcího kola a to automaticky přes řídicí systém bloku, nebo ručními zásahy obsluhy v případě, že je automatická funkce nedostupná).[32] [27] [17]

Bloky, nově připojené nebo připojené po rekonstrukci do PS po 1. 1. 2016, musí být schopny dálkového automatického řízení v OP, přičemž rozhodné datum je první připojení bloku pod napětí z PS. Pro stávající zdroje pracující do PS (resp. pro zdroje připojené do DS poskytující službu ostrovní provoz), bude požadavek na tuto funkčnost platit od 1. 1. 2019 s ohledem na jejich předpokládaný provoz po roce 2020. Pro bloky jaderných elektráren bude možnost instalace dálkového automatického řízení v OP řešena s ohledem na specifika provozu jaderných zařízení. Pro přečerpávací a akumulační vodní elektrárny nebude funkčnost dálkového automatického řízení v OP požadována. Provozovatel bloku se jmenovitým výkonem větším než 50 MW vyhodnocuje skutečné chování bloku po každé změně regulační struktury turbíny spojené s vybočením frekvence soustavy z mezí 50 ± 0.20 Hz a zašle je elektronicky provozovateli PS. Tato Zpráva o ostrovním provozu bloku zajišťuje nezbytnou zpětnou vazbu mezi provozovatelem PS a provozovatelem elektrárenských bloků a slouží především k zvýšení bezpečnosti provozu ES (prevenci vážných systémových poruch typu blackout).[32] [27] [17]

8.2 Požadavky na schopnosti bloku

8.2.1 Přechod do ostrovního provozu

Přechod je obvykle charakterizován vznikem bilanční nerovnováhy jalového nebo činného výkonu, také je ovlivněn frekvencí, která se může náhle změnit od požadované. Pokud by nastal případ přechodu do ostrovního provozu, musíme se řídit dle frekvenčního plánu. Ten stanovuje danou hodnotu pro vhodné frekvenční relé, které indikuje vznik ostrova. Existuje proto postup, dle kterého se musí řídit a nesmí se jednotlivé kroky prohazovat. Jako první dojde ke změně režimu z regulace výroby na proporcionální regulaci pomocí otáček, následně vypojit zdroje ze sekundární regulace frekvence a výkonu, které charakterizují dálkovou regulaci výkonu. Pokud je možno optimalizovat stabilní a aperiodický přechod na novou hodnotu, danou frekvencí ostrova a parametry otáček, které jsou pro daný ostrov nastaveny. Pro turbíny, lze výkon dle potřeby měnit a to od jmenovité hodnoty až k vlastní spotřebě. Pro další postup musíme blok odepnout z vnější sítě a uvést ho na vlastní spotřebu (platí i pro jmenovité zatížení), nastane-li situace vybočení z mezí frekvence, dle frekvenčního plánu. Musíme zajistit stabilitu při přechodu na otáčky napájené vlastní spotřebou. Nakonec pro ostrovní provoz musíme přepnout potřebné regulace bloku, které budou splňovat vhodné podmínky.[29] [27] [17]

8.2.2 Ostrovní provoz

pro ostrovní provoz nám musí technologické zařízení bloku a bloková regulace zajistit:

1. Paralelní spolupráci s dalšími bloky, která bude stabilní spolu se zapojenými bloky v ostrovu.[29] [27] [17]
2. Odpovídající odezvu jalového a činného výkonu dodávaného, na změny napětí a frekvence (i při nejmenovitých hodnotách frekvence a napětí). Adekvátní odezvou je myšleno určitý představovaný výkon turbíny P_{id} závislí na stacionární odchylce frekvence Δf , neboli po odeznění přechodových elektromechanických dějů.[29] [27] [17]

$$P_{id} = P_0 - \frac{100}{\delta} \frac{P_n}{f_n} \Delta f \quad (5)$$

Kde δ je statika proporcionálního regulátoru otáček (doporučená hodnota je 4 až 8 %), P_0 je výkon bloku před přechodem do ostrovního provozu nebo hodnota daná základním otevřením regulačních orgánů (reg. ventilů u parních turbin, ovladače paliva u plynových a rozváděcího nebo oběžného kola u vodních turbin) v případě, že obsluha bloku provedla změnu výkonu na pokyn Dispečera PS.[29] [27] [17]

3. Dle pokynů Dispečera přenosové soustavy se mění dostatečně plynule a jemně otáčky (výkon soustrojí). Na pokyn dispečinku ČEPS, musí být bloky připraveny k zapojení do dálkového řízení v ostrovním provozu, dále na základě zadané hodnoty otáček, dle její korekce, se pomocí centrálního

regulátoru zasílají informace do terminálu elektrárny, kde spolu mění stanovené otevření regulačních ventilů a to buď ručně, kde zásah provede obsluha nebo automaticky pomocí řídicího systémového bloku.[29] [27] [17]

8.2.3 Opětovné připojení k soustavě

Při výpadku soustavy, dochází pro uživatele dané soustavy k rozsáhlým hospodářským ztrátám. Jedním ze základních parametrů, který má vliv na velikost ztrát je doba trvání poruchy, dalším parametrem je doba trvání výpadku, což je doba po kterou se elektrická energie nedodává. Hlavní prioritou plánu na opětovného zapojení, je zkrácení doby trvání výpadku, je nutné proto, aby blok splňoval určité podmínky. Podmínka pro blok je, aby byl schopen pracovat minimálně 2 hodiny v ostrovním režimu. Na pokyn dispečera přenosové soustavy se reguluje frekvence ostrova dostatečně jemně a plynule, aby zde mohlo dojít k opětovné připojení (přifázování) ostrova k soustavě. Blok musí mít schopnost připojit se k vnější síti při frekvenci dle frekvenčního plánu a svorkovém napětím U_n , kde se pohybujeme v intervalu od 92% až po 108% napětí. V případě fázování bloku v rozvodně přenosové soustavy, je blok schopen napětí přivést po blokovém vedení právě do této rozvodny.[29] [27] [17]

8.3 Schopnost startu ze tmy (BS)

Daná výrobní (blok) je schopna najet bez pomoci vnějšího zdroje napětí, na jmenovité otáčky. Snaží se tím docílit jmenovitého napětí, kde se připojí k síti a začne napájet daný okruh v ostrovním režimu. Schopnost výroben pro start ze tmy je nepostradatelný pro obnovu dodávky elektrické energie při stavu nouze, jako je částečný či úplný rozpad sítě. Legislativně je to podloženo vyhláškou č.80/2010 Sb., kde pojednává v elektroenergetice o stavu nouze a o náležitostech, který obsahuje havarijný plán, také je součástí plánu obnovy. Výběr těchto výroben provádí ČEPS v dohodě s poskytovatelem této služby. Ve smluvně dohodnutém výkonovém a časovém rozpětí pro start ze tmy, bloky pro start ze tmy musí dodržet:[29] [27] [17]

8.3.1 Dodržení postupu

Po obdržení pokynu, ČEPS musí provést následující kroky pro provedení startu ze tmy, vypsání následující kroky musejí být provedeny přesně za sebou. Za prvé, se musí okamžitě zahájit postup najíždění bez užití vnějšího zdroje napětí, dále v požadované kvalitě (kmitočtu, stabilitě a velikosti napětí) zasíláme do nadřazené sítě napětí (pro vedení vvn či zvn). Potom pro ostrovní provoz, musí pracovat blok v regulačním režimu. Následně dispečink ČEPS dle pokynů stanovuje části (oblasti) sítě, pro zajištění obnovy napájení. V další části na předem definovaných změnách zatížení, postupně zatěžujeme ostrov činným výkonem. Blok o stanoveném výkonu provozujeme v krajní mezi napěťové a frekvenční odchylky. Po úspěšném splnění předchozích kroků se ostrov snažíme připojit opět k soustavě, kde ostrov je provozován paralelně se soustavou. Nakonec dle pokynů ČEPS probíhá další provoz.[29] [27] [17]

8.4 Frekvenční plán

Při havarijním vybočením frekvence více než 50.00 ± 0.20 Hz, určuje ČEPS opatření na straně výroby i spotřeby v elektrizační soustavě pomocí provozních instrukcí, kde v příloze vyhlášky o stavech nouze (vyhláška č. 80/2010 Sb.) rozpracovává zásady. Cílem je udržení frekvence v určitých mezích a tím zabránit frekvenčnímu kolapsu. Toto opatření zaváděné ČEPS, se týká hlavně elektrárenských bloků, které jsou vyvedeny do distribuční a přenosové soustavy, také platí i pro uživatele při frekvenčním odlehčování. Z pásma provozu bloků vychází frekvenční plán, který je závislý na změnách frekvence.[12] [13] [27] [17]

Typ elektrárny	Uhelné	JE		VE
		EDU	ETE	
Provoz				
Normální bez omezení	48.5-50.5	48.5-50.5	48.5-50.5	48.5-50.5
Časově omezen	46-48.5	47.5-48.5	47.9-48.5	46-48.5
	50.5-53	50.5-52.5	50.5-51.5	50.5-53
Nepřípustný	$f > 53$	$f > 52.5$	$f > 51.5$	$f > 53$
	$f < 46$	$f < 47.5$	$f < 47.9$	$f < 46$
Automatické odpojení od ES	48.1	$f > 52.5$	$f > 51.5$	$f > 50.2(51.5)$
	48.1	$f < 47.9$	$f < 47.9$	$f < 47.5$

Tabulka 4: Vymezení frekvence v Hz pro pásma provozu část 1.[12] [13]

Typ elektrárny	PVE		Paroplynové	OZE a nové VM
	Turbína	Čerpání		
Provoz				
Normální bez omezení	48.5-50.5	49.5-50.5	48.5-51.5	49-51
Časově omezen	46-48.5	49-49.5	48-48.5	47.5-49
	50.5-53	50.5-52(53)	51.5-52	51-51.5
Nepřípustný	$f > 53$	$f > 52(53)$	$f > 52$	$f > 51.5$
	$f < 46$	$f < 49$	$f < 48$	$f < 47.5$
Automatické odpojení od ES	$f > 50.2(51.5)$	$f > 52(53)$	$f > 52$	$f > 51.5$
	$f < 47.5$	$f < 49.8 - 49.2$	$f < 48$	$f < 47.5$

Tabulka 5: Vymezení frekvence v Hz pro pásma provozu část 2.[12] [13]

Dojde-li k situaci, kdy vybočíme s frekvencí mimo meze 50.00 ± 0.20 Hz vyše se signál (pro zvýšení či snížení kmitočtu) pro bloky, díky kterým se odepnou od centrální regulace a přepnou se do otáčkové proporcionalní regulace automaticky. Následně dochází k odpojení sekundární regulace napětí od systému pro terciální regulaci napětí. Dispečink ČEPS může zažádat o zapojení vybraných bloků do dálkového řízení v OP, kde na terminál elektrárny jsou zasílány skrze centrální regulátor signály o korekci pro hodnoty otáček.[12] [13] [27] [17]

Blok přechází na vlastní spotřebu tehdy, pokud nastane automatické oddělení od elektrizační soustavy, v čerpadlovém provozu se bloky PVE odstavují, dělá se to proto, že jsou pak následně připraveny a schopny najet do turbinového provozu.[12] [13] [27] [17]

Pokud frekvence poklesne pod hodnotu 49.80 Hz, nastane automatické najetí vybraných bloků PVE pro turbinový provoz. Provozovatel bloku spolu s ČEPS dohodnou a stanoví pro jednotlivé PVE určité parametry frekvence a Δt . [12] [13] [27] [17]

V situaci kdy nastane nárůst frekvence nad 50.20 Hz, spolu s kontrolou na $\frac{df}{dt}$ se zadané bloky PVE a VE automaticky odpojují od elektrizační soustavy a začnou najíždět na vlastní spotřebu, kde pracují v turbínovém provozu se zpožděním maximálně jedné vteřiny. Provozovatel spolu s ČEPS stanovují dle dohody hodnotu $\frac{df}{dt}$ a vybírají si bloky, které budou schopny tuto funkci plnit.[12] [13] [27] [17]

Pokud se nacházíme na hodnotě frekvence 51.5 Hz zbývající bloky PVE, mají automaticky nastaveno vypnutí v turbinovém provozu a pokud bloky VE nejsou schopny zregulovat na nulový výkon. Při této situaci musí bloky přejít na vlastní spotřebu.[12] [13] [27] [17]

Při frekvenci v pásmu 49.00 až 47.50 Hz se autovýrobci elektřiny automaticky odpínají do ostrovního provozu, dle jejich požadavku (DS či ČEPS stanovují dle dohody mezní frekvenci).[12] [13] [27] [17]

Při poklesu frekvence na hodnotu 46 Hz se zbývající bloky vypínají nebo jsou elektrárenské bloky schopny přechodu na vlastní spotřebu. Vypnutí elektrárenských bloků je do 1 vteřiny i v případě zohlednění přechodných dějů, které jsou dle dohody s ČEPS.[12] [13] [27] [17]

8.4.1 Frekvenční odlehčování

V České republice pomocí šesti stupňů zavádíme systémové frekvenční odlehčování zátěže. Odlehčování se provádí pomocí frekvenčního relé, které je instalované v rozvodnách provozovatelů DS na hladinách 110 a 22 kV. V elektrizační soustavě máme dohromady zhruba 50 % netto odlehčení, kde princip funguje pomocí relé, které zasílá signál do vypínače, kde následně sepne či odepne zátěž, bez umělého časového zpoždění.[12] [13] [27] [17]

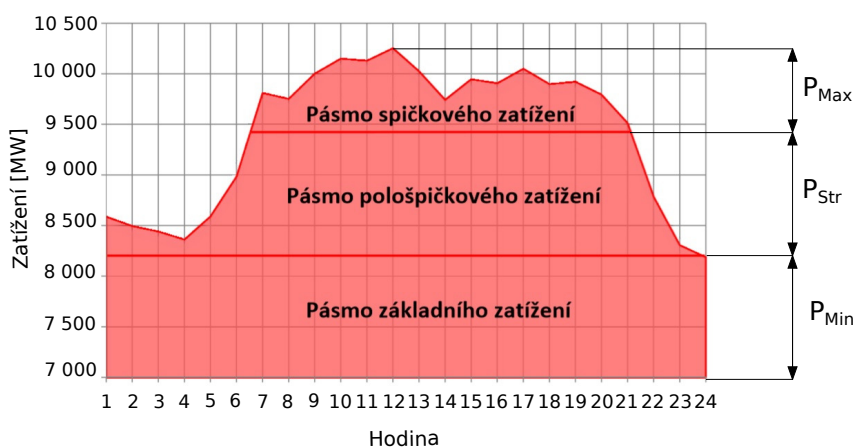
Stupeň	Frekvence [Hz]	Objem odlehčované zátěže [%]
1	49.0	10
2	48.7	10
3	48.4	10
4	48.3	2
5	48.1	10
6	48.0	8

Tabulka 6: Systémové frekvenční odlehčování[12] [13]

9 Diagram zatížení a porucha typu blackout

9.1 Diagram zatížení

Pro zajištění správného fungování elektrizační soustavy musíme v každém okamžiku regulovat výkyvy elektrické energie, aby výroba kryla danou spotřebu. Toho lze docílit spoluprací všech elektráren, za pomoci diagramu zatížení stanovujeme předpokládané vyrobené či spotřebované množství elektrické energie, které lze stanovit pro období denní (DDZ), týdenní (TDZ), měsíční (MDZ) nebo roční spotřeby (RDZ). Pokrytí zatížení daným zdrojem volíme dle ekonomické náročnosti a schopnosti regulace zdroje.[33] [34]



Obrázek 10: Denní diagram zatížení[7]

Obrázek číslo 10 představuje závislost výkonu P (MW) na čase t (h) vztaženou na soustavu jako celek, elektrárnu nebo výrobní závod. Plocha diagramu zatížení je úměrná množství spotřebované energie, pro křivky je jejich tvar závislý na daném zatížení v určité době, pro který děláme diagram zatížení, můžou to být například svátky, posun času, roční období. Jako obecný příklad jsem zvolil denní diagram zatížení, který se budu snažit popsat v následujících podkapitolách.[35]

9.1.1 Pásma základní

Na obrázku 10 je stanovena v mezích od nuly do minimálního výkonu, jsou to okamžité hodnoty, které se v průběhu času nemění v závislosti na daném zatížení, proto zde pracují elektrárny s optimálním výkonem po celých 24 hodin. Odstavují se jen v případě poruchy či v době naplánované odstávky. Do vydělené části pracují jaderné elektrárny (JE Temelín a Dukovany), vodní průtočné nebo některé moderní tepelné elektrárny, jsou zde nasazeny především kvůli pomalému najíždění a velmi špatné regulaci, dále jsou využívány z důvodu levné energie.[36] [37]

9.1.2 Pásmo pološpičkové

Pro pološpičkové zatížení se pohybujeme nad mezí oblasti základního pásma a pod oblastí špičkového pásma zatížení. Ve vymezené oblasti pracují převážně klasické elektrárny, jako jsou například uhelné, staré tepelné, spalovací, paroplynové, dále pak vodní průtočné elektrárny. Zavádí se díky rychlé regulaci, které pracují obvykle na plný výkon, ale musejí být schopny během několika minut snížit výkon až o 50%. V porovnání s elektrárnami v základním pásmu mají rychlejší najetí a lepší regulaci ale vzato jsou dražší s pohledu výroby energie.[36] [37] [33]

9.1.3 Pásmo špičkové

Pásmo špičkové je vymezeno maximálním výkonem, do této oblasti pracují elektrárny s rychlou možností regulace, dnes již nemáme špičky ale stále je nutnost vykrývat v oblasti maxima. Za normálních podmínek jsou mimo provoz, do provozu se dostávají pouze na pokyn centrálního dispečinku, kde musí do několika desítek sekund či do jedné minuty najet na plný výkon. Jsou v provozu jen pár hodin, aby vykryli určitou část maxima. Patří sem elektrárny jako například vodní přečerpávací elektrárny (Dlouhé stráně, Dalešice, apod.). Tyto elektrárny plní funkci akumulární v době menší spotřeby elektrické energie a v době kdy je energie levná čerpají vodu do horní akumulární nádrže, kterou pak použijí v době spotřební špičky přes turbínu, kde vypouští a generují elektrickou energii, dále se používají i paroplynové elektrárny.[36] [37] [33] [38]

9.1.4 Doba využití maxima

Je to doba, po kterou bychom vyráběli (odebírali) elektrickou energii při konstantním výkonu rovném maximu diagramu zatížení tak, abychom vyrobili (odebrali) stejné množství energie, jako kdybychom vyráběli (odebírali) podle diagramu zatížení, jinak řečeno je to největší výkon (příkon) odebíraný nepřetržitě po dobu 15 minut ve sledovaném období. Tato významná hodnota se zjišťuje z údajů speciálních měřících přístrojů (maxiprint, elektroměr s ukazatelem maxima).[34] [39]

$$\tau \cdot P_{max} = \int_0^T P(t)dt = A = \sum_i P_i t_i \quad (6)$$

9.1.5 Střední výkon

Průměrná hodnota výkonu vyráběné (odebírané) elektrické energie za dobu provozu.[34]

$$P_{str} \cdot \tau_p = \int_0^T P(t)dt = A = \sum_i P_i t_i = \tau \cdot P_{max} \quad (7)$$

9.1.6 Doba plných ztrát

Doba, po kterou bychom vyráběli (odebírali) elektrickou energii při konstantním výkonu rovném maximu diagramu zatížení tak, že bychom měli stejné Jouleovy ztráty energie (ΔP_J), jako kdybychom vyráběli (odebírali) podle diagramu zatížení.[34]

$$\tau \cdot P_{max}^2 = \int_0^T P(t)^2 dt = A = \sum_i P_i^2 t_i \quad (8)$$

9.2 Vývoj bilance a výroby elektřiny (GWh)

	2018(GWh)	2017 (GWh)	2018/2017
Výroba Bruto			
JE	29 921	28 340	5,6 %
PE	45 071	45 434	-0,8 %
PPE	3 691	3 722	-0,8 %
PSE	3 688	3 718	-0,8 %
VE	1 627	1 868	-12,9 %
PVE	1 050	1 170	-10,3 %
VTE	609	591	3,0 %
FVE	2 339	2 189	6,9 %
Celkem	87 996	87 032	1,1 %
Export	25 480	28 109	-9,4 %
Import	11 573	15 072	-23,2 %
Saldo	-13 907	-13 037	6,7 %
Čerpání	1 373	1 531	-10,3 %
Brutto spotřeba	72 716	72 464	0,3 %
Vlastní spotřeba	6 100	6 033	1,1 %
Národní spotřeba	66 616	66 431	0,3 %
Národní spotřeba na 1 obyvatele/rok (2018)			6 279 kWh

Tabulka 7: Bilance elektrické energie v ČR[10]

9.3 Porucha typu blackout

9.3.1 Plán obnovy

Elektrizační soustava je navržena a provozována tak, aby vyhověla spolehlivostnímu kritériu „N-1“ a v případech svázaných s vyvedením jaderných elektráren kritériem „N-2“. Takto navržená soustava má za

normálního stavu velmi nízkou pravděpodobnost poruchy. Praktický provoz ale ukazuje, že čas od času se vyskytne náhodné seskupení jevů vedoucí k rozsáhlé poruše a ze světa jsou dokonce známy případy poruch, jejichž důsledkem byla totální ztráta napětí uživatelů, jako je výpadek soustavy typu Blackout. Výpadek soustavy s sebou nese značné hospodářské ztráty pro všechny uživatele soustavy. Základním parametrem ovlivňujícím velikost hospodářských ztrát je doba trvání poruchy, a zvláště pak doba trvání výpadku, což je doba, po kterou není dodávána elektrická energie. Účelem Plánu obnovy je v první řadě zkrácení doby trvání výpadku.[40] [27] [17]

9.3.2 Strategie a priority

Jedna z klíčových strategií po poruše typu blackout, pro obnovu soustavy je uvedení do provozu pomocí vodních elektráren, které jsou schopny startu ze tmy bez napětí z vnější sítě. Podle pokynů dispečera z ČEPS, který musí postupovat dle místních předpisů, kde jsou jednotlivé bloky uváděny do provozu samostatně.[27] [17]

Využívá se zde open-all strategie, kde cílem je vypnout automaticky či ručně vypínače, které jsou v postižené oblasti. Docílením vypnutí vypínačů, dosáhneme volného operativního řízení dispečinku ČEPS, který má jasně stanovené veličiny a tudíž může řešit obnovu soustavy. Pro obnovu zasažené oblasti je zodpovědný dispečer přidělený pod ČEPS, ten musí zajistit opětovné připojení bloků, na principu postupného zatěžování a připojení ostatních prvků přenosové soustavy.[41] [27] [17]

Po závažné poruše typu blackout, obnova napájení podléhá určitým stanoveným prioritám. Tyto priority jsou řazeny podle závažnosti hospodářských ztrát. Jsou řazeny podle důležitosti, tudíž nejprve musíme zajistit vlastní spotřebu pro jadernou elektrárnu, následně uděláme totéž, ale pro systémové klasické elektrárny. Další v pořadí je obnovení hlavního města Prahy, poté městských aglomerací a na konec ostatní spotřebitelé.[42] [27] [17]

9.3.3 Princip obnovy soustavy

Máme zde dvě možné varianty, jak obnovit napájení PS. První varianta je obnova ze sousedních PS, tento způsob se hojně využívá pro rychlé zajištění stabilního napětí. Získání tohoto napětí a zajištění potřebného výkonu se zprostředkovává dohodou mezi dispečerem z ČEPS a dispečerem ze sousední společnosti. Pro realizaci jsou splněny určité manipulace a je stanovena přibližná velikost výkonu, která má být řádově okolo 200 MW s postupným náběhem. Další opatření mezi sousední PS a společností ČEPS jsou obsaženy v provozní instrukci, kde je zpracován postup podle PI 620-5 „Koordinace obnovy soustavy po poruše typu Black-out“.[43] [27] [17]

Uvedená provozní instrukce obsahuje postupy a priority při obnově napájení v příhraničních oblastech, základní upozornění pro manipulace, možné velikosti připojovaných oblastí a nezbytné informace technického a organizačního charakteru o elektrárnách a rozvodnách. Dispečink ČEPS zajišťuje zapínání jednotlivých vedení 400 a 220 kV, transformátorů a kompenzačních prostředků a zakresluje je do „slepé“ mapy.

V součinnosti s dispečinkou PDS provádí postupné fázování a kruhování obnovených částí systému, k tomu využívá provozní instrukce:[43] [27] [17]

- PI ČEPS 620-5: „Koordinace obnovy soustavy po poruše typu Black-out“[43]
- PI ČEPS 620-11 „Provoz a fázování ostrovů“[43]
- PI ČEPS 620-12: „Odstraňování poruch v provozu přenosové a distribučních soustav“[43]

Pokud by nastala situace, kdy nelze využít obnovu napájení ze sousedních PS, lze využít druhou variantu pro obnovu napájení z elektráren schopných startu ze tmy. Pro tento způsob jsou zpracovány provozní instrukce, tyto instrukce zpracovala společnost ČEPS spolu s ostatními partnery a náleží pro obě jaderné elektrárny v ES.[43] [27] [17]

- PI 628-1 „Obnovení napájení VS EDUK po poruše typu black-out“[43]
- PI 628-3 „Obnovení napájení VS ETEM po poruše typu black-out“[43]

Existuje i provozní instrukce pro předem určité lokality vybrané společností ČEPS.[43]

- PI 620-13: „Obnova napájení VS ECHV z EORK a principy obnovy soustavy ES ČR s účastí ECHV“[43]

Za obnovu napájení DS je odpovědný PDS. Místo obnovy soustavy DS se soustavou PS jsou vypínače 110 kV na transformátorech 400/110 kV a 220/110 kV. Plány obnovy ČEPS a DS jsou vzájemně konzultovány a korigovány s cílem jejich sladění.[43] [27] [17]

10 Bateriové systémy

Vlivem periodických obnovitelných zdrojů vzniká v elektrizační soustavě potřeba zajistit a stabilizovat výkyvy, které jsou stále vyšší s přibývajícimi obnovitelnými zdroji. Stabilitu zajišťují PpS skrze systémy pomocí konvenčních zdrojů. Dle kodexu PS u PpS mohli dříve poskytovat služby pouze jaderný, parní, paroplynový, vodní, spalovací a přečerpávací elektrárny. Dnes se již využívají bateriové systémy jako součást fiktivního bloku na minutovou zálohu. Vyvedení výkonu společně tvoří kombinace turbogenerátoru a bateriového systému, která akumuluje energii. V budoucnu by měli bateriové zdroje v PpS zcela nahradit pokrývání výkyvů.[44]

Například velkokapacitní bateriové zdroje by tak mohli sloužit pro akumulaci elektrické energie, která se vyrábí u slunečních nebo větrných elektráren. V případě nedostatku energie by, se mohli pokrývat výkyvy pomocí bateriových zdrojů či naopak ukládat přebytečnou energii. Zařízení by bylo připojeno k PS standardním způsobem, stejně jako rozvodny. Navíc by systém automaticky reagoval na změny frekvence v síti, kde tyto signály jsou při změnách frekvence odeslány do jednotlivých uzlů. Tyto uzly využívají například modul li-ion akumulátorů od společnosti SIESTORAGE, díky tomu zařízení reaguje na požadavky do jedné vteřiny například rozdíl oproti přečerpávací vodní elektrárně, kde její rozběh trvá přibližně sto vteřin (u ostatní zdrojů je to delší doba).[45]

10.1 Výhody

Jedna z hlavních výhod by byla snadnější integrace pro velké systémové výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů, odlehčení přetížených sítí či vyšší stabilita pro přenosovou síť, dále také nové možnosti pro řízení místní spotřeby a výroby elektrické energie, například výrobní závody na hladině vvn nebo vn musí platit měsíčně řádově stovky tisíc korun za každou megawattu, která je pro ně připravená v síti. Dále se platí vysoké penále za odchylky od plánované spotřeby. Pomocí bateriových systémů pomáháme zmírnit spotřební špičky, kontejner je obvykle venku, kde neznečišťuje životní prostředí kolem sebe. Má malou hlučnost a nízké náklady na údržbu, dle mého názoru velkokapacitní bateriové zdroje budou hrát významnou roli v budoucí etapě pro ES.[44] [46]

Hypoteticky by poskytování PpS nebylo výsadou provozovatelů elektráren. Pro výstavbu a provoz velkokapacitních baterií bez nutnosti platit regulační poplatky za nabíjení či vybíjení. Provozovatelům by se tak zlepšila návratnost investic, kde investoři nebudou spoléhat na trh s deformující se dotací, za který EU či stát již nebude muset vyplácet. Provozovatelé PS a DS tak získají, za jasně daných podmínek nástroj, kde budou moct udržovat vyrovnanou bilanci ES. V zahraničí mají s bateriovými systémy hojně zkušenosti, jeden z nejstarších je v Německu, kde první byl spuštěn už v roce 1994.[47] [44]

10.2 Nevýhody

Bohužel velkou nevýhodou a snad jedinou, která brání v rozvoji bateriových zdrojů je dnešní legislativa. Firmy a investoři jsou v nejistotě protože, bude potřeba změnit pojem akumulace a odstranit řadu legislativních překážek. Jedna z mála překážek je limit velikosti zdroje pro PpS, neurčitý výraz slova baterie, jedná se o spotřebu či výrobu energie? Placení regulované složky energie při nabití nebo vybití, dále by mohl být problém s licencí. Z hlediska technologie tomu zatím nic nebrání, v dnešní době je snaha vylepšovat stávající parametry, problém je v určitých aplikacích, pro které je zkonstruování nemalá peněžní částka, například výroba menších jednotek.[44]

10.3 Firmy v ČR

Existuje několik firem, které se zajímají o tyto velkokapacitní baterie. Jedná se například o firmu Solar Global spolu se společností AKU-BAT CZ, z. s., mají vlastní projekt v Prakšicích, z dosavadních výsledků je velkokapacitní baterie schopná zásobovat elektřinou zhruba sto padesát domácností na celý den. Baterie je typu lithium-iontová, má kapacitu přes jednu megawatthodinu o výkonu jednoho megawattu a stála v přepočtu dvacet miliónů korun. V praxi se zkoušeli různé funkcionality typu jednoduchého vybíjení a nabíjení přes regulaci napětí, frekvence či jalového proudu, dále také synchronizace s diesel generátorem nebo zkouška ostrovního systému pomocí startu ze tmy.[47] [48] [49] [50]

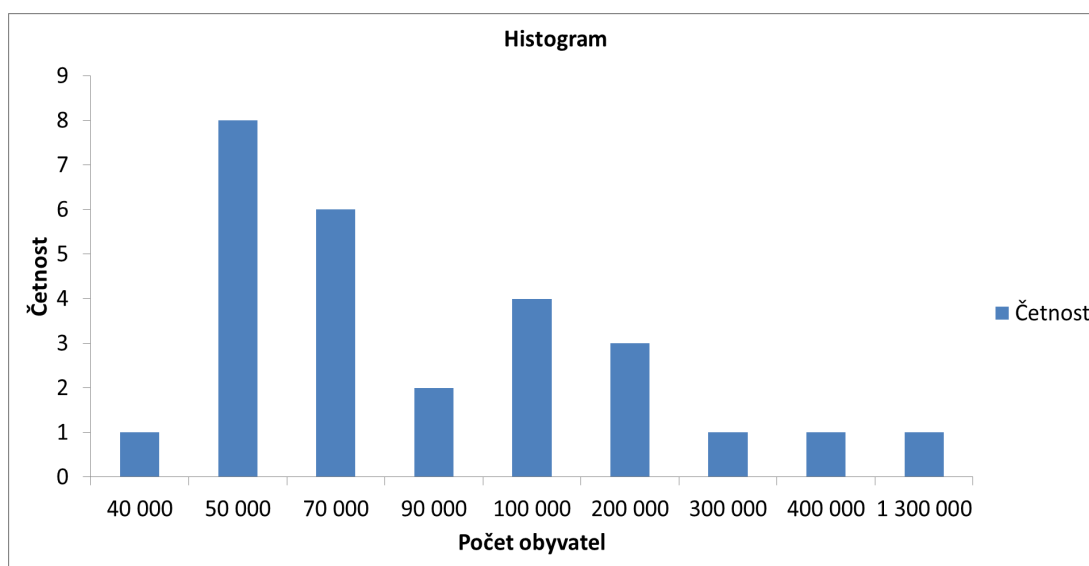
Druhá v pořadí je firma E.ON, spolu se společností Siemens, která dodala bateriové uložení systému SIESTORAGE, realizovali projekt v Mydlovarech o výkonu jednoho megawattu, s kapacitou až 1,75 megawatthodiny. Je to jeden z největších projektů v České republice, investice byla dvacet čtyři milionů korun a je schopna denní spotřebou napájet až stovky rodinných domů. Baterie je stejného typu jako u projektu v Prakšicích. Obecně účinnost těchto baterií závisí na správné konfiguraci, v průměru dosahuje okolo 85 %, životnost by měla být zhruba až dvacet let.[51] [52]

Jako třetí společností, která vlastní u nás kontejnerovou baterii pod názvem BESS (Battery Energy Storage System) je společnost Energon Advanced Energetics. V kontejneru lze nalézt měniče, baterie i přípravu na transformátor, vysokonapěťový rozvaděč, tedy vše v jednom. Díky těmto zařízením, lze kontejner využít prakticky v teplárnách, průmyslových areálech či pro energetické společnosti. V příloze č. 13.1 naleznete datasheet, ke kontejneru BESS, spolu s dalšími informacemi.[53] [9]

11 Analýza možnosti lokálních ostrovních provozů v ČR

11.1 Histogram

Pro tuto kapitolu jsem udělal histogram krajských a statutárních měst pro oblasti sítí 110 kV. Jako své primární cíle, jsem si vybral zejména krajská města dle jejich spotřeby a výroby. Rozhodl jsem se analyzovat celkem 8 z 11 měst viz. obrázek 11. Pro 6 měst budu dělat seznam místních výroben spjaté s instalovaným výkonem nad 1 MW a jejich spotřebou, pokud výroben bude málo, nastíním tedy pár důležitých výroben s instalovaným výkonem nad 0,5 MW. Pro daná zbývající dvě města, tedy pro město Brno a Zlín udělám hlubší analýzu z hlediska výroben a jejich spotřeby či celkovou roční spotřebu a výrobu města. Následně dle těchto faktorů stanovím, zda je dané město schopné přejít do ostrovního provozu.

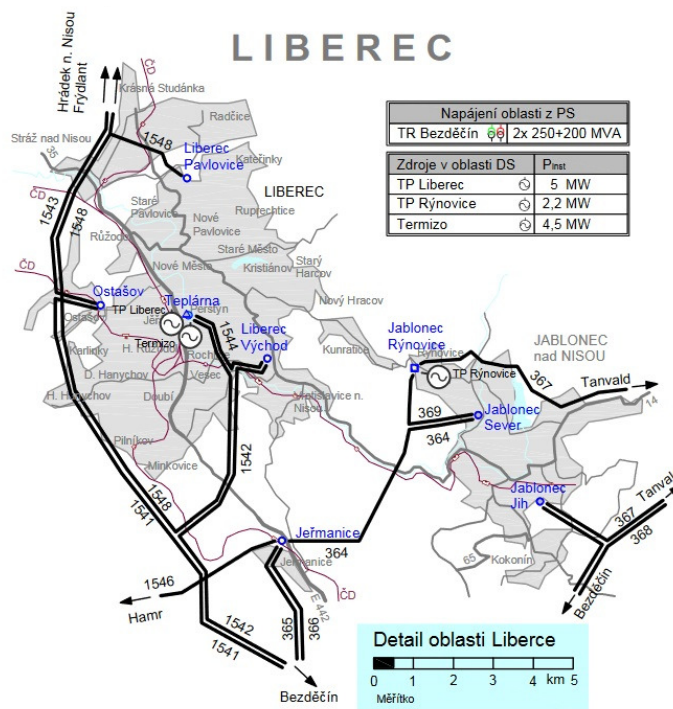


Obrázek 11: Histogram

V oblasti nad 70 tisíc obyvatel jsem si vybral krajské město Zlín, pro které udělám rozsáhlejší analýzu, jako další města jsem si vybral z oblasti nad 100 tisíc obyvatel například města České Budějovice, Ústí nad Labem, Hradec Králové, Pardubice, Olomouc a Liberec. S následnými krajskými městy nad 200 tisíc obyvatel bylo pro mne přívětivé pouze město Brno, které má velmi pěkné rozložení sítě hladiny 110 kV a rozsáhlý počet tamních zdrojů (výroben). Z tohoto důvodu jsem se rozhodl zařadit tohle město do své rozsáhlejší analýzy. Centrum města Prahy jsem si nevybral z důvodů velmi početných zdrojů a složitostí přenosu energie do různých oblastí Prahy. Ostrava má v místní oblasti města velmi rozsáhlý počet výroben a mapa elektrické sítě na hladině 110 kV je velmi nepřehledná, z tohoto důvodu jsem se rozhodl neudělat analýzu pro toto město. Město Plzeň jsem si též nevybral, protože již v minulosti se o dané město z energetického hlediska zajímal můj vedoucí pan Václav Mužík, kde s láskou k městu vypracoval velmi kvalitní diplomovou práci.

11.2 Liberec

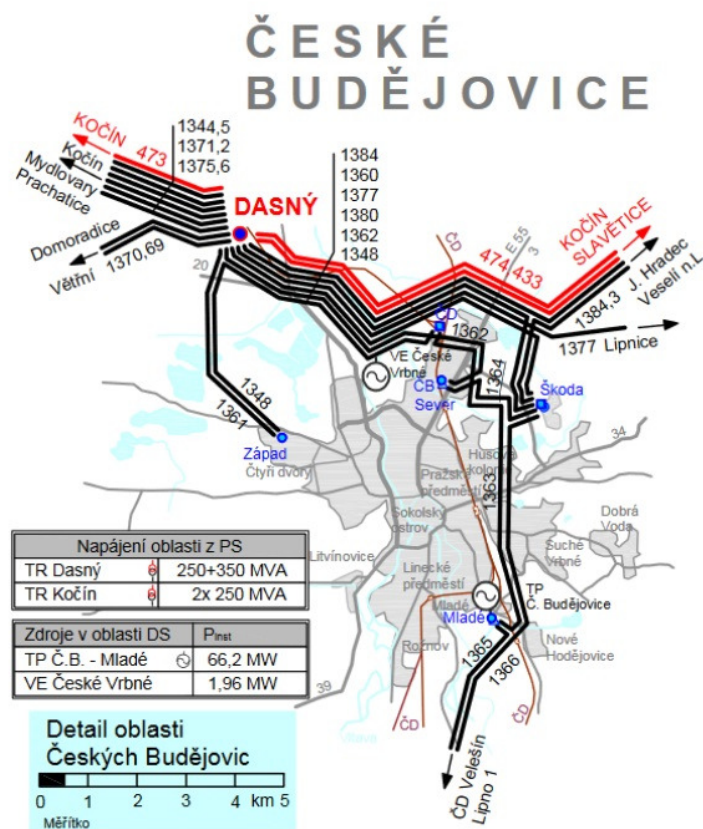
Místní zdroje elektrické energie jsou především teplárny, bohužel ostatní zdroje nejsou nad 1 MW, tudíž jsem vypsals elektrárny, které mají alespoň výkon nad 0,5 MW. Pro tepelné energetické zdroje nad 5 MWe zde je **Teplárna Liberec**, která **vlastní dvě teplárny**, jedna z nich je **TEPLÁRNA LIBEREC, a.s.** s instalovaným elektrickým výkonem **5 MWe** a 78 MW tepelného, druhá je **Energ. zdroj Diamo** s instalovaným výkonem **1,56 MWe** a 1,68 MW tepelného výkonu. Z hlediska vodních elektráren nad 0,5 MW zde máme malou **VE Rudolfov**, která je na Povodí Labe s instalovaným příkonem **0,710 MW**, kde roční výroba je 1,718 GWh. Dále je tu turbogenerátor s instalovaným elektrickým výkonem **4,54 MWe** a 38,33 MW tepelného výkonu **ve spalovně TERMIZO**, kde jeho roční výroba je 25,042 GWh. Zdroje s celkovým instalovaným výkonem **0,813 MWe** a 1,039 MW tepelného výkonu **v Plaveckém bazénu Liberec**, provozuje společnost WARMNIS spol. s r.o., zde jsou jen malé vodní elektrárny s celkovým příkonem do **0,5 MW**. [54] [55]



Obrázek 12: Místní síť 110 kV města Liberce[8]

11.3 České Budějovice

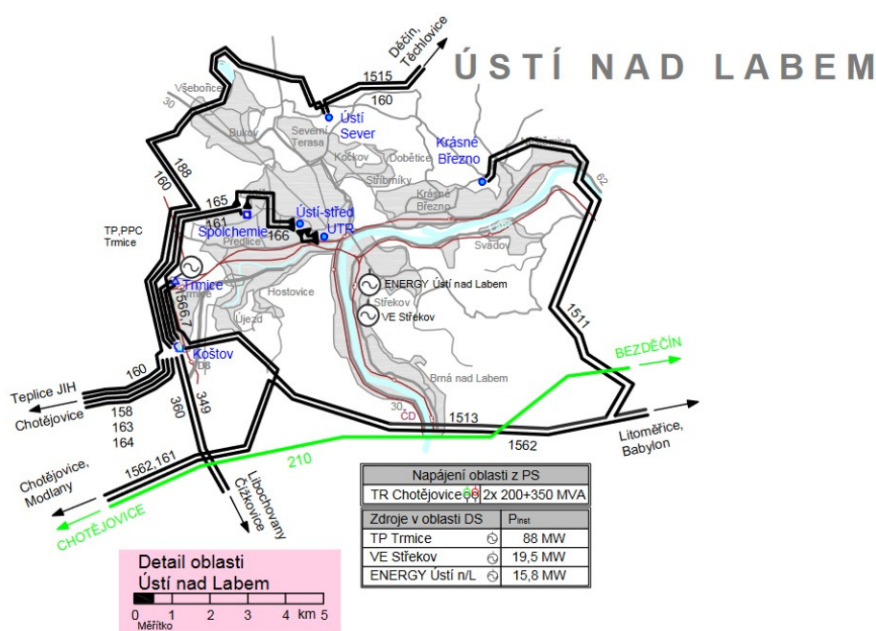
V Českých Budějovicích máme mnoho výroben nad 1 MW, ale bohužel převážná z nich je v okrese Českých Budějovic, proto jsem vybral jen místní výrobní od 0,5 MW do 1 MW instalovaného výkonu. Máme zde **Teplárnu České Budějovice, a.s.** s instalovaným výkonem **51,6 MWe** a tepelným instalovaným výkonem 412 MW, další je společnost 1. elektrárnská s.r.o. se svojí **vodní elektrárnou na řece Vltava** s instalovaným výkonem **1,96 MW**, kde mají dvě Kaplanovy turbíny (2x 980 kW) v provozu o spádu 6m. Na severu Českých Budějovic je **FVE Úsilné 01** o instalovaném výkonu **2,916 MW** od společnosti FV elektrárna Úsilné s.r.o. Na jihu je **FVE Vidov s.r.o.** od společnosti Fotovoltaická elektrárna Vidov s.r.o. s instalovaným výkonem **0,750 MW**, jako další je **Čistírna odpadních vod - Hrdějovice**, kterou vlastní ČEVAK a.s. s instalovaným výkonem **0,512 MW**. Ve středu města je společnost ELEKTRO S.M.S. Development s.r.o. se svojí **FVE S.M.S.** s instalovaným výkonem **0,506 MW**. Na jihu města je **MVE Planá** s instalovaným výkonem **0,6 MW**, MVE má celkově instalované tři Archimédovy šrouby.[56] [55] [57]



Obrázek 13: Místní síť 110 kV města České Budějovice[8]

11.4 Ústí nad Labem

Máme zde společnost ENERGY Ústí nad Labem, a.s., která vlastní **kogenerační jednotku na výrobu tepelné energie a elektřiny**, její instalovaný elektrický výkon je **16,2 MWe** a z hlediska tepelného výkonu má 248 MW. Na severozápadě je společnost ENERGY WAY a.s., která vlastní **Fotovoltaickou elektrárnu Chabařovice - Vyklice I.** s instalovaným výkonem **0,995 MW**. V okrese máme ještě **dvě sluneční elektrárny**, jedna je na severu s instalovaným výkonem **1,25 MW** od společnosti LASTA SUN, s.r.o. a druhá je na západě s instalovaným výkonem **2,797 MW** od společnosti SUNTEON a.s. Za zmínku ještě stojí **Bioplynová stanice** od společnosti BIOPLYN ENERGY s.r.o., která spaluje biologicky rozložitelné odpady a vyrábí z nich teplo či elektrickou energii, kde instalovaný elektrický výkon je **0,550 MWe** a 580 MW tepelný výkon.[58] [55] [59]

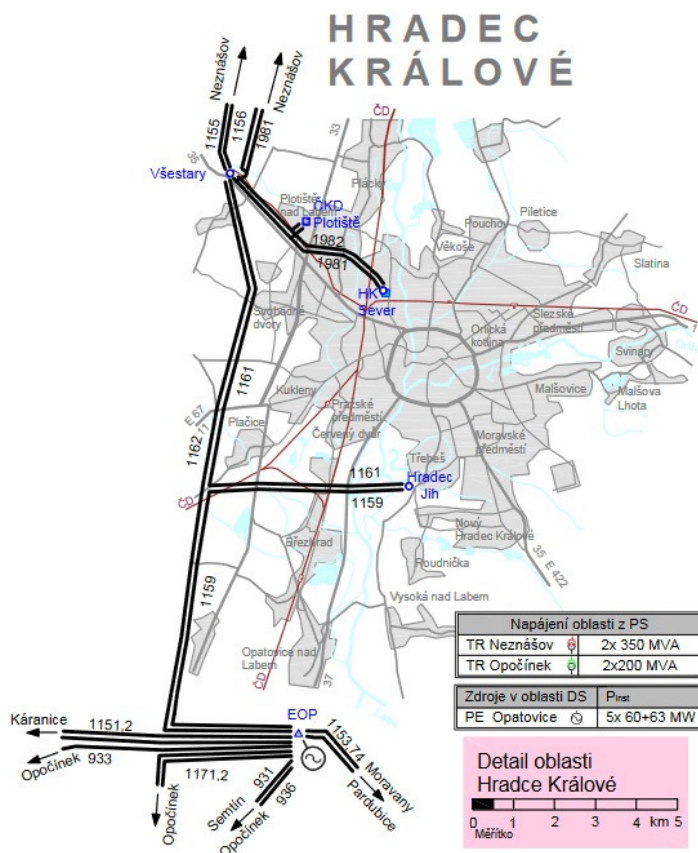


Obrázek 14: Místní síť 110 kV města Ústí nad Labem[8]

11.5 Hradec Králové

Máme zde **malou vodní elektrárnu v Předměřicích nad Labem**, která je spravována pod společností ČEZ Obnovitelné zdroje, s.r.o., MVE má kaplanovu turbínu a pomalobežný generátor připojený přímo na hřídel turbíny. Zařízení má celkový instalovaný výkon **2,6 MW** a do sítě dodává zhruba 35 KV.[60] Dalším místním zdrojem je **sluneční elektrárna**, kde držitelem je YELLOW ENERGY s.r.o. a její instalovaný výkon je **2,2 MW**. Ostatní výrobní jsou buď v okrese města nebo tu jsou menším zdrojem okolo 0,5 MW, jako je například na jihu města **MVE Brezhrad**, která má instalovaný výkon **0,990 MW**, vlastní ji společnost VÍT a SPOL, spol. s r.o. Dále je zde **VODNÍ ELEKTRÁRNA HRADEC KRÁLOVÉ** s instalovaným výkonem **0,75 MW** od stejné společnosti jako u MVE Předměřice. Hradec králové má

ještě dvě výroby, které stojí za to zmínit, jedna z nich je **Fotovoltaická elektrárna MEDTEC-VOP** s instalovaným výkonem **0,552 MW**, kde držitelem je MEDTEC - VOP, spol. s r.o. a poslední ze zmiňovaných je **ČOV Hradec Králové**, je to elektrárna spalující bioplyn s instalovaným výkonem **0,576 MW** a 0,605 MW tepelného výkonu.[55]

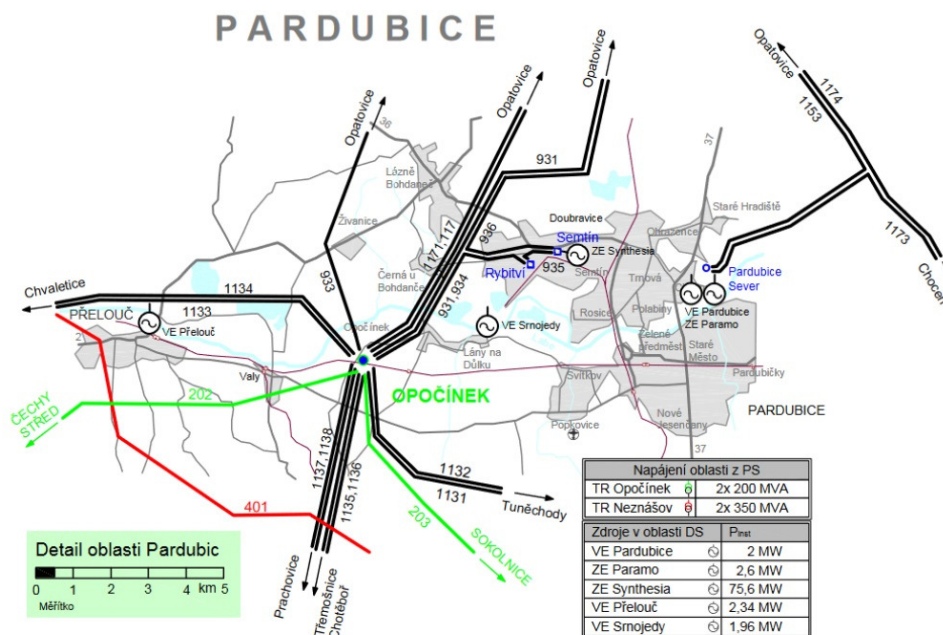


Obrázek 15: Místní síť 110 kV města Hradec králové[8]

11.6 Pardubice

Na severu Pardubic jsou **dvě teplárny**, **Teplárna ZL 1.** s instalovaným elektrickým výkonem **25,6 MWe** a tepelným 158 MW, druhá je **Teplárna ZL 2.**, která byla postavena o něco později s instalovaným elektrickým výkonem **50 MWe** a 174 MW tepelného, kde obě teplárny spadají pod společnost Synthesia, a.s. Dalším místním dodavatelem tepla a elektřiny je **teplárna** pod názvem **International Power Opatovice, a.s.**, kde jejím držitelem je společnost Elektrárny Opatovice, a.s. s instalovaným elektrickým výkonem **378 MWe** a 1068 MW tepelného. Následné výroby nad 1 MW jsou v okrese Pardubic, jedna z nich je **elektrárna Chvaletice** směrem na západ Pardubic, její instalovaný elektrický výkon je **820 MWe** a tepelný instalovaný výkon je 2 023,6 MW, elektrárna spadá pod společnost Sev.en EC, a.s. Na severu Pardubic máme ještě jednu výrobu nad 1 MW, je od společnosti Agrokras Energo

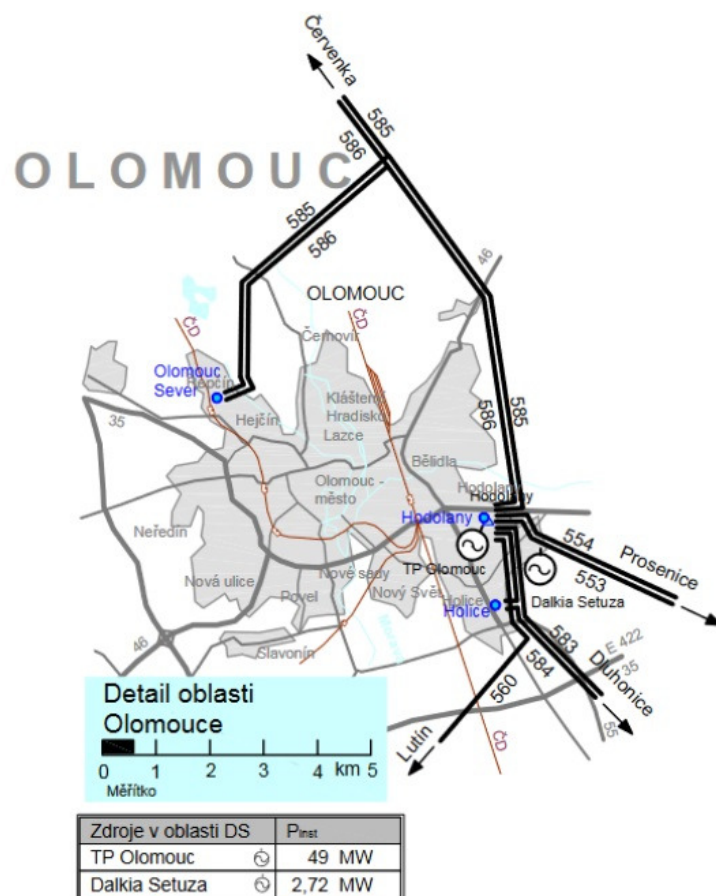
s.r.o., jedná se o **teplárnu BPS Dráteč**, kde její instalovaný elektrický výkon je **2 MWe** a instalovaný tepelný výkon je **1,856 MW**. Na jihozápadě máme **FVE - ČEPÍ** od firmy GODENERGY s.r.o., která má instalovaný výkon **0,705 MW**. [55]



Obrázek 16: Místní síť 110 kV města Pardubice[8]

11.7 Olomouc

Z hlediska místních výroben je na severozápadě Městská teplárenská společnost a.s. Litovel se svojí **Teplárnou Uničovská** s celkovým elektrickým výkonem **0,998 MWe** a tepelným výkonem **1,210 MW**. Ve středu města je **MORAVSKÁ VODÁRENSKÁ, a.s.**, která vlastní **Čistírnu odpadních vod**, ta má parametry z hlediska výroby elektrické energie **0,92 MWe** a tepelné **1,120 MW**. Na severu města je **Bioplynová stanice Bohuňovice** od společnosti ZD Bohuňovice s.r.o., která má instalovaný elektrický výkon **0,750 MWe** a **0,696 MW** tepelného. Na okraji města směrem na severozápad je **FVE Horka nad Moravou** s instalovaným výkonem **0,750 MW** od společnosti Ene Sun, a.s. Na jihovýchodě je **FVE Velký Týnec** s instalovaným výkonem **1,485 MW** od společnosti FVE Týnec, s.r.o. Směrem na jihozápad je **FVE DESPOPOLO**, se svým instalovaným výkonem **2,3 MW** od společnosti DESPOPOLO s.r.o. V okrese města na severozápadě je **bioplynová stanice Příkazy** s celkovým instalovaným výkonem **1,189 MWe** a **1,177 MW** tepelného. Poslední důležitou místní výrobnou je **Bioplynová stanice** od společnosti OLBENA akciová společnost, která má elektrický instalovaný výkon **2 MWe** a **1,856 MW** tepelného. Ostatní výrobní byly spíše v okrese města a vzdáleny více než **15 km**. [55]

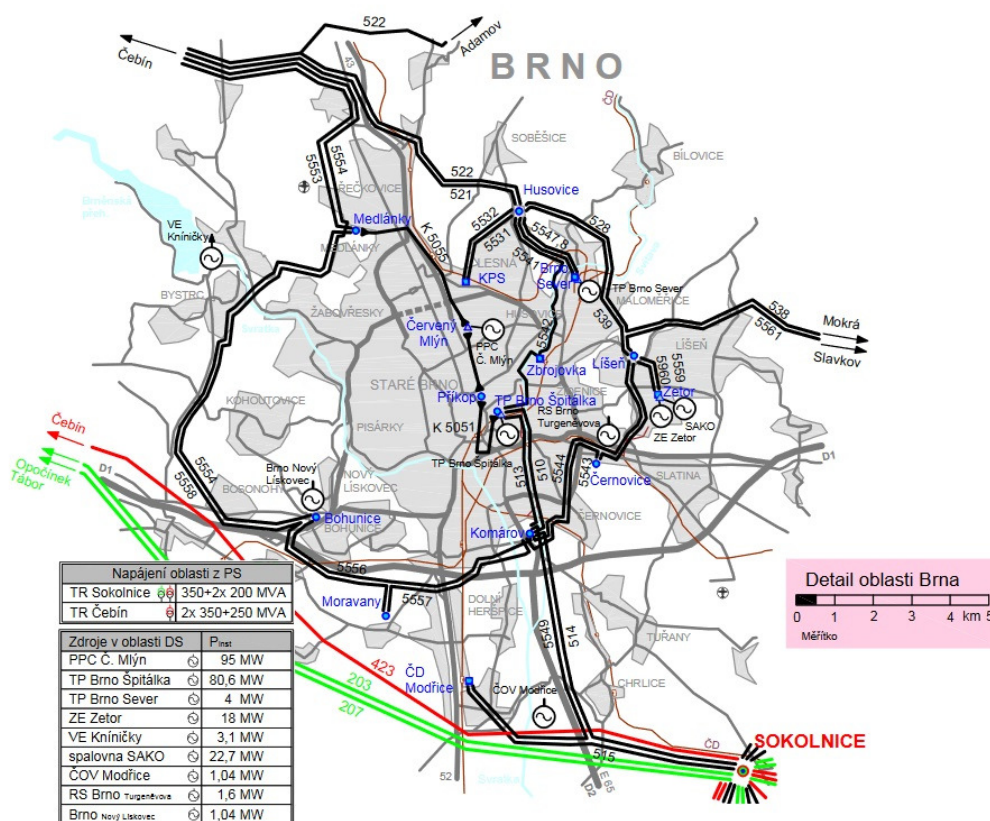


Obrázek 17: Místní síť 110 kV města Olomouc[8]

11.8 Brno

Město Brno jsem si vybral pro svoji rozsáhlejší analýzu, toto město má ve své vnitřní části různé typy elektráren, hledal jsem elektrárny s instalovaným výkonem od 0,1 MW asi zhruba v okolí 10 km, kde je velká část výroben, tudíž budu psát pouze instalovaný elektrický výkon. Na západě města je **závodní teplárna** s instalovaným elektrickým výkonem **18 MWe** od společnosti ENERZET, a.s., společnost Teplárny Brno, a.s. vlastní několik výroben, jedna z nich je na severozápadě **PK4 Vondrákova 25a** s instalovaným elektrickým výkonem **0,104 MWe**. Na jihozápadě jsou čtyři teplárny, **Bellova 38a** s výkonem **0,14 MWe**, **Svážná 27** s elektrickým výkonem **0,736 MWe**, jako další je teplárna **Kosmonautů 15a** s výkonem **0,244 MWe** a poslední je teplárna **Irkutská 2a** s instalovaným výkonem **0,207 MWe**. Ve středu města jsou ještě tři teplárny spravované pod společností Teplárny Brno, je jím paroplynová výrobná **Provoz Červený Mlýn** s výkonem **95 MWe**, parní teplárny **Provoz Brno - sever** s výkonem **4 MWe** a **Provoz Špitálka** s výkonem **80,6 MWe**. Společnost Ústav využití plynu Brno, s.r.o.

vlastní teplárnu **BRNO - ČERNOVICE** s výkonem **0,3 MWe**. Severozápadně jsou dvě kogenerační jednotky, **Kotelna Kolejní KGJ** s výkonem **0,15 MWe** a **KGJ - Purkyňova 93** s výkonem **0,2 MWe** od školy Vysoké učení technické v Brně. Ve středu města máme dvě **výměňíkové stanice** v Pracovišti reprodukční medicíny s výkonem **0,14 MWe** a v Pracovišti dětské medicíny s výkonem **0,44 MWe** od Fakultní nemocnici Brno. Jako další je **FVE U Svitavy 2, Brno** se svým výkonem **0,249 MW**, vlastní ji společnost EKOS Energo, s.r.o. Ve Sportovním a rekreačním areálu Kraví Hora, příspěvkové organizace je **KVET** s výkonem **0,2 MWe**. Společnost Airplane, s.r.o. vlastní **Fve - HÁDY** s výkonem **0,168 MW**, na jihu města je **sluneční elektrárna U-industry center** s výkonem **0,244 MW** od společnosti UCHYTIL s.r.o. Směrem na jihovýchod je **Spalovna**-sekce výroba elektřiny od společnosti SAKO Brno, a.s. s výkonem **22,7 MWe**. Na severu máme **sluneční elektrárnu Medláňky** s výkonem **0,353 MW** od společnosti AVEKO Energie s.r.o. Jako další na severu města je společnost MBNS s.r.o. se svojí **sluneční elektrárnou** s výkonem **0,324 MW**, poslední výrobní je **FVE Brno - Husovice** s výkonem **0,319 MW** od společnosti Fandament Group a.s.[55]



Obrázek 18: Místní 110 kV města Brna[8]

Město	Počet výroben nad 100kW	Instalovaný výkon kraje (MW)	Spotřeba kraje netto (GWh)	Instalovaný výkon města (MW)	Výroba elektriny brutto v kraji (GWh)
Brno	22	905,9	5 434	224,818	1 693,95
střední výkon města (MW):			146,80	saldo (MW):	+ 78,01
průměrná spotřeba města (GWh/rok):			1 286	posouzení:	lze

Tabulka 8: Bilance města Brno[14]

V tabulce číslo 8 jsem porovnával vypočtený střední výkon, který jsem uvažoval při 100% zatížení a při porovnání s instalovaným výkonem města jsem zanedbal určité podmínky. Pro výpočet středního výkonu jsem hodnoty přepočítal na MWh/rok a vypočetl jej dle vzorce:

$$P_{mesta} = \frac{P_{prumer} \cdot S \cdot 1000}{t} = \frac{1286 \cdot 1 \cdot 1000}{8760} = 146,80 MW \quad (9)$$

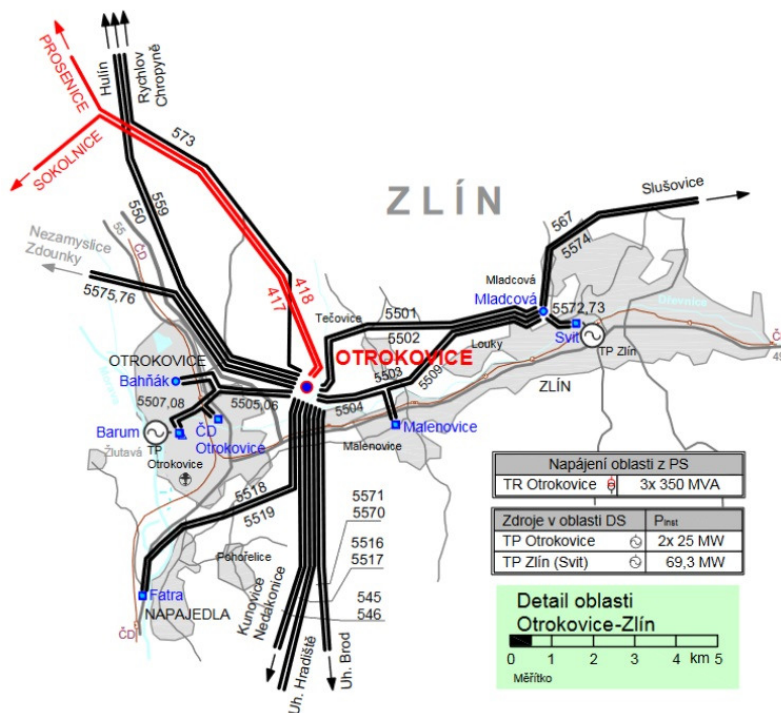
kde P_{prumer} je průměrná spotřeba města (GWh/rok) vynásobená 1000 pro přepočet na zmíněné MWh/rok. Veličina S znamená zatížení, při kterém výrobní fungují, reálně mohou fungovat odhadem ze 60%, dělá se to z důvodu krytí spotřeby, například kdyby jedna z výroben vypadla, ostatní výrobní by si museli rozdělit a pokrýt její spotřebu a tím zajistit funkčnost systému. Pro náš výpočet jsem vzal 100%, protože počítám střední výkon. Jako poslední je veličina t , která udává přepočet jednoho roku na hodiny (8760 hodin).

Výsledkem je P_{mesta} (střední výkon města udávaný v MW). Získanou hodnotu $P_{inst.}$ (instalovaný výkon města nastíněných místních výroben v MW) z vlastní analýzy a vypočtenou hodnotu P_{mesta} od sebe odečtu a získám saldo (MW).

$$saldo = P_{inst.} - P_{mesta} = 224,818 - 146,80 = +78,01 MW \quad (10)$$

11.9 Zlín

Město Zlín jsem si vybral jako moje druhé město, pro které budu dělat rozsáhlejší analýzu místních výroben s instalovaným elektrickým výkonem od 0,1 MW. Město Zlín má na severovýchodě **tepelnou elektrárnu na spalování uhlí** s výkonem **64 MW** elektrického a 376 MW tepelného, firma již dnes patří společnosti The Sev.en Energy. Na západě je **FVE - LADOS** od společnosti LADOS, a.s. s výkonem **0,126 MW**, na severozápadě je společnost fa sole a.s., která vlastní **FVE fa sole** s výkonem **0,226 MW**. Ve městě máme **FVE Malenovice** od společnosti Zlínské cihelny s.r.o. s instalovaným výkonem **0,55 MW**. Na severovýchodě je společnost Eurogalaxie s.r.o., která vlastní **FVE** s názvem **GALAXIE ZLÍN**, kde její výkon je **0,1 MW**, na západě je **BPS Hvozdná** s instalovaným výkonem **0,5 MWe** a 0,507 MW tepelného od společnosti AGRODELTA, s.r.o. Společnost Technické služby Zlínsko, s.r.o. sídlí na západě města a vlastní **FVE Skládku Suchý Důl** s instalovaným výkonem **0,2 MW**. Ostatní výrobní jsou v okrese města a převážná většina z nich leží v okresním městě Otrokovice, protože město je velmi blízko Zlínu (vzdálenost je 12 až 15 km od sebe), vypíšu tedy výrobní, které jsou v blízkosti města s možností vzít některou z výroben jako zdroj pro napájení města Zlín. Ve městě je **Teplárna Otrokovice a.s.** s instalovaným elektrickým výkonem **50 MWe** a 264,9 MW tepelného. Jako další je společnost TOMA, a.s., která vlastní tři výrobní na území města, jedná se o **FVE TOMA** s výkonem **0,395 MW**, druhá je **FVE ČOV Otrokovice** s výkonem **1,177 MW** a poslední je **KGJ - ČOV Otrokovice** s elektrickým výkonem **1,516 MWe** a 1,994 MW tepelného. Ve městě jsou ještě dvě společnosti na výrobu elektřiny, jedna z nich je SYGNUM, s.r.o. s **FVE areál Moravan**, která má výkon **0,38 MW** a druhá je **FVE areál ulice Moravní** s výkonem **0,24 MW**. Poslední společnost je SYGNUM IMMO, s.r.o., která vlastní **FVE** s výkonem **0,25 MW** a druhou **FVE** s výkonem **1 MW**.^[55]



Obrázek 19: Místní síť 110 kV města Zlín[8]

Město	Počet výroben nad 100kW	Instalovaný výkon kraje (MW)	Spotřeba kraje netto (GWh)	Instalovaný výkon města (MW)	Výroba elektřiny brutto v kraji (GWh)
Zlín	15	333,5	2 945	120,66	685
střední výkon města (MW):			28,37	saldo (MW):	+ 92,29
průměrná spotřeba města (GWh/rok):			248,6	posouzení:	lze

Tabulka 9: Bilance města Zlín[14]

V tabulce číslo 9 jsem použil stejný postup a vzorce pro výpočet:

$$P_{mesta} = \frac{P_{prumer} \cdot S \cdot 1000}{t} = \frac{248,6 \cdot 1 \cdot 1000}{8760} = 28,37 MW \quad (11)$$

$$saldo = P_{inst.} - P_{mesta} = 120,66 - 28,37 = +92,29 MW \quad (12)$$

12 Závěr

Bakalářskou práci jsem vypracoval systematicky od elektrizační soustavy, kapitoly 2 po služby z kodexu v kapitolách 6 a 7, které jsou povinné pro danou soustavu dodržovat, vybral jsem převážně služby pro mé zadané téma. Od této části jsem postupně přecházel k problematice samotného ostrovního systému, která je zmíněna v kapitole 8 a byla jedním z hlavních úkolů pro moji práci. V závěru práce od kapitoly 11 jsem analyzoval stav místních výroben ve statutárních městech, což byla jedna z hlavních částí mé práce. Zaměřil jsem se na výrobní s instalovaným výkonem nad 1 MW, většina velkých výroben byla převážně v okrese měst, jako jsou fotovoltaické, sluneční elektrárny a teplárny. Pokud bylo místních zdrojů nedostatek, snížil jsem svůj limit až na 0,5 MW, kde bylo zdrojů dostatek, z toho důvodu jsem uvedl jen ty výrobní, které mne zaujaly. V další části mého zadání, jsem si vybral dvě města, jedná se o města Brno a Zlín na hladině 110 kV, pro která jsem udělal hlubší analýzu z jejich energetické koncepce měst pro instalovaný výkon od 0,1 MW. Z roční zprávy ERÚ a energetických koncepcí daného města jsem získané a vlastní hodnoty porovnal mezi sebou a doporučil, zda jsou obě města schopná přejít do ostrovního provozu či nikoliv.

Doporučení ohledně schopnosti do ostrovního provozu není možné jasně určit, ale nasvědčuje to skutečnosti, že by to za určitých podmínek mohlo vyjít, v tabulkách porovnávám střední výkon, který ale nemusí být špičková hodnota v diagramu zatížení, v určitých časových mezích, může být i několikanásobně rozdílná oproti vypočítané střední hodnotě výkonu. Například pro ranní hodiny bude střední hodnota jiná oproti večerním hodinám. Zdroje pro všechna města jsem hledal z dat na ERÚ, kde jsem přes vyhledávací licencí zjišťoval, v jakých lokalitách se vyskytují dané výrobní.

Celou bakalářskou práci jsem napsal v programu Overleaf, je to moje první psaná práce v tomto programu. V určité části, po zhlédnutí tutoriálů a základních funkcí programového jazyka mě programování začalo bavit a věřím, že uplatnění v tomto programu najdu i v dalších pracích. V programu profiCAD jsem vytvářel schémata pro kapitolu 5.1 topologie sítí v ES. Obrázky jsem vytvářel a předělával v programu Inkscape, použitá literatura je od různých autorů nebo z dosavadních zkušeností, získaných za poslední tři roky. Vytvářel jsem vlastní obrázky a ty sám popisoval, následně ukládal do vektorové grafiky, pro detailnější zobrazování v elektronické podobě. Z teoretické části, při mém bádání po informacích, jsem se hlouběji dostával do problematiky a obdobné informace jsem hledal u více zdrojů pro mé vlastní pochopení či objasnění funkce, kterou má splňovat. Některé teoretické části byly jasně dané a nebylo možné je přepsat, protože by ztratily význam, který jasně stanovují a je proto nelogické je měnit.

12.1 Další možný vývoj

Vypracovaná bakalářská práce má tak rozsáhlou problematiku, že z hlediska vývoje je možnost, pro dané téma vymyslet spoustu dalších návazností, které také souvisí s problematikou, či dané téma vypracovat z jiného úhlu pohledu. Například je zde možnost vypracování teorie z hlediska sítě na hladině 110 kV a jejich

ochranných prvků v síti, dobře dimenzovaného vedení ve městě, spjatou s vybaveností daného města. Jako další možnost je tu modelování sítě s místními zdroji v daném městě, kde by byli vypracované možnosti napájení daných částí města od různých výroben, které najíždí ze startu ze tmy v ostrovním provozu při poruše typu blackout. Napadá mě ještě možnost početní, kde by se počítaly všechny výrobní schopné najetí do ostrovního provozu za pomoci startu ze tmy a následně spočítat kolik by se přenášelo přes síť a zda by město bylo schopné, se do ostrovního provozu vůbec dostat, za pomoci místních zdrojů, tohle vše může být námětem pro další vypracování diplomové či bakalářské práce.

Literatura

- [1] Provoz distribučních soustav, kapitola 1.2. [Online]. Available: <https://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595e1fa66875530f33e8a/cvut-7-provoz.pdf>
- [2] Data pro aktuální přeshraniční toky. [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Synchronous_grid_of_Continental_Europe#/media/File:ElectricityUCTE.svg
- [3] Data pro aktuální přeshraniční toky. [Online]. Available: <https://www.ceps.cz/cs/data#CrossborderPowerFlows>
- [4] ČEZ Distribuce, a.s. Mapy. [Online]. Available: <http://www.orael.ru/inside/experience/cz.report.2010/rz/mapy/index.htm>
- [5] Přenosová a distribuční soustava. [Online]. Available: <https://www.powerwiki.cz/attach/EN1Podklady/Elektroenergetika-1-Prenosova%20a%20distribucni%20soustava.pdf>
- [6] Provoz distribučních soustav, kapitola 1.3. [Online]. Available: <https://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595e1fa66875530f33e8a/cvut-7-provoz.pdf>
- [7] Jiří Pavlíček. Bakalářská práce - možnosti regulace obnovitelných zdrojů elektrické energie. [Online]. Available: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=67944
- [8] Energetický regulační úřad ERÚ. ROČNÍ ZPRÁVA O PROVOZU ES ČR 2012. [Online]. Available: https://www.eru.cz/documents/10540/462820/Rocni_zprava_provoz_ES_2012.pdf/4fdde065-9e59-442f-ba17-74651ff68625
- [9] ENERAGON ADVANCED ENERGETICS. Datasheet k velkokapacitní baterii. [Online]. Available: http://www.energon-ae.cz/pdf/1MWh_EAE_BESS_Kontejner_techicke_udaje_CZ.pdf
- [10] Ke stažení - data do kapsy. [Online]. Available: <https://www.ceps.cz/cs/ke-stazeni>
- [11] Energetický regulační věstník. [Online]. Available: http://www.eru.cz/documents/10540/613886/ERV_3_2014/82ed8b31-5e48-45d3-b6b0-c44911b73fe4
- [12] ČEPS, a.s. kodex-ps-cast-v-18.pdf, kapitola 1.1.4. [Online]. Available: <https://www.ceps.cz/cs/kodex-ps>
- [13] ——. Kodex přenosové soustavy část V. [Online]. Available: <https://www.eru.cz/documents/10540/3727955/%25C4%258CEPS%2BPPPS%2B%25C4%258D%25C3%25A1st%2BV.pdf/ad70574f-bc22-46e1-b970-8f609d6c29df>
- [14] Energetický regulační úřad ERÚ. ROČNÍ ZPRÁVA O PROVOZU ES ČR 2018. [Online]. Available: http://www.eru.cz/documents/10540/4580207/Rocni_zprava_provoz_ES_2018.pdf/1420388b-8eb6-4424-9ad9-c06a57b5326c

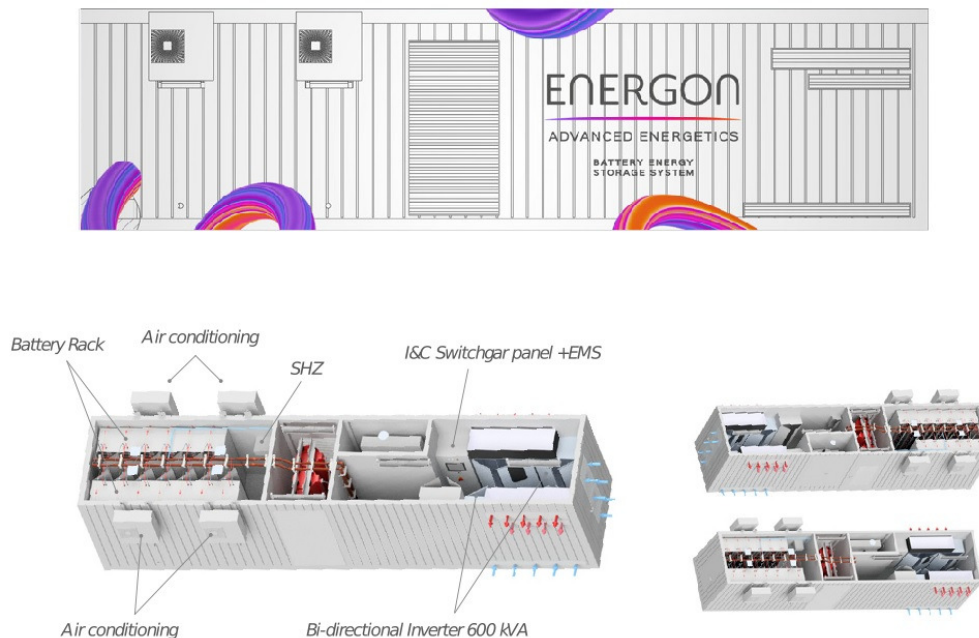
- [15] K. Máslo, *Řízení a stabilita elektrizační soustavy, v kapitole 2.* Asociace energetických manažerů, 2013, ISBN 978-80-260-44671-. [Online]. Available: <https://www.powerwiki.cz/attach/PrilohyVyuka/%C5%98%C3%ADzen%C3%AD%20a%20stabilita%20elektriza%C4%8Dn%C3%AD%20soustavy.pdf>
- [16] M. Tesařová. Elektrizační soustava ČR. [Online]. Available: <https://docplayer.cz/18339524-Elektrizacni-soustava-cr.html>
- [17] Ivan Petružela. Kodex ps. [Online]. Available: http://home.pilsfree.net/fantom/FEL/MR/FEL_CVUT/lekce10_06.pdf
- [18] Elektrizační soustava (ES). [Online]. Available: https://home.pilsfree.net/fantom/FEL/MR/_pred_web/1_MRes.pdf
- [19] Evropská síť provozovatelů přenosových soustav elektřiny (entso-e). [Online]. Available: <https://oenergetice.cz/elektrina/evropska-sit-provozovatelu-prenosovych-soustav-elekriny-entso-e/>
- [20] ČEPS, a.s. Vedeme elektřinu nejvyššího napětí. [Online]. Available: <https://ceps.cz/cs/>
- [21] Řízení toků výkonů v ES 230 MVar SVC (Static Var Compensator) systém v ES (řízení napětí a činných výkonů). [Online]. Available: <https://slideplayer.cz/slide/13574454/>
- [22] ČEPS, a.s. Jaká je konkrétní příčina přetoků elektřiny přes Českou republiku? [Online]. Available: <https://www.ceps.cz/cs/casto-kladene-otazky>
- [23] —. POPIS DISTRIBUČNÍ SOUSTAVY E.ON DISTRIBUCE, a.s. [Online]. Available: <https://www.eon-distribuce.cz/sites/default/files/2018-09/popis-distribucni-soustavy.pdf>
- [24] Distribuce elektřiny v ČR. [Online]. Available: <https://dodavatelekriny.cz/energeticky-trh/distribuce-elekriny>
- [25] Druhy elektrického silnoproudého rozvodu. [Online]. Available: <https://elektro.tzb-info.cz/teorie-elektrotechnika/4035-druhy-elekrickeho-silnoproudeho-rozvodu>
- [26] ČEPS, a.s. kodex-ps-cast-i-18.pdf, kapitola 4.0. [Online]. Available: <https://www.ceps.cz/cs/kodex-ps>
- [27] —. Podpůrné služby. [Online]. Available: <https://www.ceps.cz/cs/podpurne-sluzby>
- [28] —. kodex-ps-cast-i-18.pdf, kapitola 4.1. [Online]. Available: <https://www.ceps.cz/cs/kodex-ps>
- [29] —. kodex-ps-cast-ii-18.pdf, kapitola 1.3. [Online]. Available: <https://www.ceps.cz/cs/kodex-ps>
- [30] —. kodex-ps-cast-i-18.pdf, kapitola 10. [Online]. Available: <https://www.ceps.cz/cs/kodex-ps>

- [31] ČEZ Distribuce, a.s. Pravidla pro podpůrné služby (pps) zdrojů připojených k sítím provozovatele distribuční soustavy. [Online]. Available: https://www.cezdistribuce.cz/edee/content/file-other/distribuce/energeticka-legislativa/ppds/2011/ppds-2011_priloha-7.pdf
- [32] ČEPS, a.s. kodex-ps-cast-i-18.pdf, kapitola 5.1. [Online]. Available: <https://www.ceps.cz/cs/kodex-ps>
- [33] Ing. M. Bešta. Elektrárnyčást I. [Online]. Available: <http://www.mbest.cz/wp-content/uploads/2013/01/T2-Zdroje-energie.pdf>
- [34] doc. Ing. Karel NOHÁČ, Ph.D. Diagram zatížení. [Online]. Available: <http://home.zcu.cz/~nohac/EE1/CV-EE1-1-DiagramZatizeni.pdf>
- [35] ČVUT Praha. Elektroenergetika 1. [Online]. Available: <https://www.powerwiki.cz/attach/EN1Podklady/Elektroenergetika-1-Zakladni%20pojmy%20a%20definice.pdf>
- [36] Informační portál. Zdroje elektrické energie. [Online]. Available: <http://www.informacni-portal.cz/clanek/zdroje-elektricke-energie>
- [37] . Diagram zatížení. [Online]. Available: <http://www.frengp.cz/source/projekty/sablona-vystupy/siz-eeen/sada1/vy-inovace-siz-a-eeen-03.pdf>
- [38] Bc. Hana Barešová. Diplomová práce - vliv nabíjecích stanic elektromobilů na elektrickou síť. [Online]. Available: http://dspace.vsb.cz/bitstream/handle/10084/87164/BAR801_FEI_N2649_3907T001_2011.pdf?sequence=1&isAllowed=n
- [39] doc. Ing. Karel NOHÁČ, Ph.D. Diagram zatížení. [Online]. Available: <http://home.zcu.cz/~nohac/EE1/Energetika.pdf>
- [40] ČEPS, a.s. kodex-ps-cast-v-18.pdf, kapitola 2. [Online]. Available: <https://www.ceps.cz/cs/kodex-ps>
- [41] ——. kodex-ps-cast-v-18.pdf, kapitola 2.1. [Online]. Available: <https://www.ceps.cz/cs/kodex-ps>
- [42] ——. kodex-ps-cast-v-18.pdf, kapitola 2.2. [Online]. Available: <https://www.ceps.cz/cs/kodex-ps>
- [43] ——. kodex-ps-cast-v-18.pdf, kapitola 2.3. [Online]. Available: <https://www.ceps.cz/cs/kodex-ps>
- [44] Siemens. Využití velkokapacitních baterií v síti - rozhovor. [Online]. Available: <https://www.siemens.cz/energo/vyuziti-velkokapacitnich-baterii-v-siti-rozhovor>
- [45] SIEMENS. Modulární akumulární systémvyužívající lithium-ion baterie. [Online]. Available: https://w5.siemens.com/web/cz/cz/corporate/portal/home/produkty_a_sluzby/sektor_energy/siestorage/Documents/Letak_Energy_Storage-A4.pdf
- [46] ENVI WEB. Česko má třetí velké bateriové úložiště. [Online]. Available: <http://www.enviweb.cz/112031>

- [47] Jana Fuksová. Česko má první velkokapacitní baterii s denní energií pro 150 domácností. [Online]. Available: https://www.idnes.cz/zlin/zpravy/uloziste-elektrina-energie-praksice-solar-global.A171201_367866_zlin-zpravy_ras
- [48] Petr Švihel. Největší baterie v Česku. plně nabitá by vystačila 150 domácnostem přibližně na půl dne. [Online]. Available: <https://www.seznamzpravy.cz/clanek/nejvetsi-baterie-v-cesku-plne-nabita-by-vystacila-150-domacnostem-priblizne-na-pul-dne-40576>
- [49] Třípól. První velkokapacitní úložiště energie v ČR. [Online]. Available: <https://www.3pol.cz/cz/rubriky/bez-zarazeni/2119-prvni-velkokapacitni-uloziste-energie-v-cr>
- [50] Solar Global, a.s. Bateriový systém pro nadbytečnou energii. [Online]. Available: <http://www.solarglobal.cz/sg-storage.htm>
- [51] Jan Brož. Do česka přichází obří baterky. první dvě staví e.on a solar global. [Online]. Available: https://www.idnes.cz/ekonomika/domaci/v-cesku-se-stavi-velkokapacitni-uloziste-elektliny.A170711_084728_ekonomika_ozr
- [52] E-on. E.on spustil největší bateriové úložiště v České republice. [Online]. Available: <https://www.eon.cz/o-nas/media/tiskove-zpravy/e-on-spustil-nejvetsi-bateriove-uloziste-v-ceske-republice>
- [53] ENERAGON ADVANCED ENERGETICS. referenční projekty - „all-in-1“ bateriové úložiště s kapacitou 1 MWh. [Online]. Available: <http://www.eneragon-ae.cz/>
- [54] Šálek Michal. statutární město liberec- energetická koncepce. [Online]. Available: <https://podklady.liberec.cz/download.files.php?url=2017%2F2017-03-30+ZM+3%2FDle+bod%C5%AF%2F031+Aktualizace+%C3%9Azemn%C3%AD+energetick%C3%A9+koncepce+2016.pdf&ref=zastupitelstvo>
- [55] ERÚ. Přehled údajů o licencích udělených erÚ. [Online]. Available: <http://licence.eru.cz/>
- [56] . Malé vodní elektrárny. [Online]. Available: <http://www.calla.cz/atlas/detail.php?id=311>
- [57] Jan Tůma. Na Vltavě přibyla unikátní elektrárna s Archimédovými šrouby. [Online]. Available: <https://www.3pol.cz/cz/rubriky/obnovitelne-zdroje/1915-na-vltave-pribyla-unikatni-elektrarna-s-archimedovymi-srouby>
- [58] ENERGY Ústí nad Labem, a.s. O společnosti. [Online]. Available: <http://www.energy-usti.cz/>
- [59] BIOPLYN ENERGY s.r.o. Bioplynová stanice. [Online]. Available: https://agrikomp.com/images/cs-CZ/pdf/odpad_bps_web.pdf
- [60] FyzWeb. malá vodní elektrárna předměřice nad labem. [Online]. Available: <http://fyzweb.cz/clanky/index.php?id=110>

13 Přílohy

13.1 Velkokapacitní kontejner od společnosti ENERAGON



Obrázek 20: Kontejner BESS[9]

ZÁKLADNÍ PARAMETRY

KONTEJNER

- ✓ Vnější rozměry kontejneru:
D = 12,19 m, Š = 2,5 m, V = 3,2 m
- ✓ Ocelo-plechové provedení kontejneru, samostatně stojící, transportovatelný
- ✓ Vnitřní obklad kontejneru – požárně odolný EI30
- ✓ Stabilní hasicí systém na bázi NOVEC 1230
- ✓ Oddělené požární úseky / prostory pro baterie (levá část kontejneru)
- ✓ Transformátor (středová část kontejneru)
- ✓ Měníče, NN rozváděče (pravá část kontejneru)
- ✓ VN rozváděče (v pravém dolním rohu prostoru měničů)
- ✓ Bateriový prostor se stálou teplotou (topení / chlazení) split systém

ELEKTRICKÉ PARAMETRY

Jmenovité napětí	0,4; 6,3; 10; 22; 35 kV (dle volby TR)
Jmenovitá frekvence	50 Hz
Jmenovitý výkon nabíjecí	1 MVA
Jmenovitý výkon vybíjecí	1 MVA
Pracovní rozsah Cos Phi	kapacitní 0-1-0 induktivní (čtyř-kvadrantní)
Instalovaná kapacita baterie	1357 kWh
Použitelná kapacita baterie	1000 kWh
Doba do plného nabití	1 h (1C)
Doba do plného vybití	1 h (1C)
Celková účinnost BESS cyklu	87 % (vč. TR) tzv. RTE
Záruka na použitelnou kapacitu baterií	6000 cyklů nebo 10 let

RTE je celková účinnost měřená na VN straně TR při plném cyklu (1 × nabití + 1 × vybití) včetně započítání všech ztrát

Obrázek 21: Parametry kontejneru BESS část 1.[9]

POUŽITÉ BATERIE

- ✓ Výrobce **LG Chem**
- ✓ Li-Ion baterie, chemické složení elektrod NMC
- ✓ Instalovaná kapacity baterie **1357 kWh**, použitelná kapacita **1000 kWh**
- ✓ **Záruka 10 let** nebo **6000 cyklů** na použitelnou kapacitu baterií
- ✓ Vysoká DC účinnost celého cyklu (nabití a vybití baterie) – RTE 95,7 % při 0,73 C
- ✓ Aktivní BMS – na úrovni bateriového článku, modulu, RACK
- ✓ Modulární řešení – bateriové moduly sériově v RACK, paralelní řazení RACK
- ✓ Bezpečné – separátor s keramickou vrstvou SRS (Safety Reinforced Separator)
- ✓ Časově stálé – skladbu článků L&S (Lamination & Stacking)
- ✓ Vysoká intenzita energie 410 Wh/l – až 4,8 MWh v 40ft HC ISO Kontejneru
- ✓ Vysoká životnost článků – 7 000 cyklů při DoD 80 %, EOL 80 % a 1C

TRANSFORMÁTOR VN/NN

- ✓ Suchý transformátor
- ✓ Napětí (dle potřeby klienta) 0,4/6,3, 10, 22, 35 kV
- ✓ 1250 kVA

POUŽITÉ STRÍDAČE

Výrobce AEG	
2 ks 4 kvadrantní měniče	
Jmenovitý zdánlivý výkon	1000 kVA
Jmenovitý činný výkon	1000 kW
Jmenovitý jalový výkon	1000 kVar
Dlouhodobé přetížení	105 % nominální hodnoty
Maximální účinnost	98,3 % (bez započtení transformátoru)
Pracovní teplota	-20 až 50 °C
Nominální frekvence	50 Hz
Pracovní rozsah Cos Phi	kapacitní 0-1-0 induktivní (čtyřkvadrantní)
Střední čas do poruchy	> 150 000 hodin
Chlazení	vzduchem chlazený bez nutnosti použití externích ventilátorů
Potřeba vzduchu	10 000 m ³ /h při plném výkonu a 50 °C
Deklarovaná životnost	min. 10 let (po 10 letech výměna kondenzátorů)

Obrázek 22: Parametry kontejneru BESS část 2.[9]

ROZVÁDĚČ VN:

- ✓ Typ SafePlus tap M
- ✓ Sestava S-M-F (možnost změny dle požadavku klienta)
- ✓ Vzduchem izolovaný modul měření 24 kV

K dodání od 20. 8. 2018**CENA ZA BESS 1MVA**

(Battery energy storage system 1000 kVA/1000 kWh)

19 500 000,— Kč bez DPH

OPTION: Transformátor MV-Transformer, AN,

3-windings, 1,25 MVA, 22 kV **645 000,— Kč bez DPH**

OPTION: VN rozváděče – MV Switch Gear, 3 fields,

ABB, typ Safeplus, C-M-F **705 000,— Kč bez DPH**

HLAVNÍ FUNKCIONALITY SYSTÉMU:**ENMS – ENERGY MANAGEMENT SYSTÉMU**

- ✓ Nabíjení / vybíjení BESS dle nastavených parametrů
- ✓ Ramping control
- ✓ Regulace napětí, frekvence, účinniku
- ✓ Start ze tmy, ostrovní provoz
- ✓ Peak shaving
- ✓ Grafické rozhraní vč. historických dat a trendů
- ✓ Prediktivní a analytické funkce
- ✓ Dohledové a servisní funkce

WWW.ENERGON.CZ

Obrázek 23: Parametry kontejneru BESS část 3.[9]