



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta elektrotechnická

Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd

Analýza regulační energie v ČR

Electricity balancing

Bakalářská práce

Studijní program: Elektrotechnika, energetika a management

Studijní obor: Elektrotechnika a management

Vedoucí práce: Ing. Adéla Holasová

Vypracoval: **František Žert**

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Žert** Jméno: **František** Osobní číslo: **434790**
Fakulta/ústav: **Fakulta elektrotechnická**
Zadávající katedra/ústav: **Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd**
Studijní program: **Elektrotechnika, energetika a management**
Studijní obor: **Elektrotechnika a management**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Analýza regulační energie

Název bakalářské práce anglicky:

Electricity balancing

Pokyny pro vypracování:

- 1) Úvod, popis systémové odchylky, princip regulace výkonu, regulační energie
- 2) Možnosti regulace - podpůrné služby, vyrovnávací trh, regulace ze zahraničí
- 3) Ekonomické hodnocení možností poskytovatele podpůrných služeb

Seznam doporučené literatury:

ČEPS a.s., Kodex přenosové soustavy Část II. Podpůrné služby, 2015
<http://www.ceps.cz/CZE/Cinnosti/Podpurne-sluzby/Stranky/default.aspx>
<https://www.ote-cr.cz/statistika/odchylky-elektrina>

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

Ing. Adéla Holasová, katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd FEL

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **31.01.2017** Termín odevzdání bakalářské práce: _____

Platnost zadání bakalářské práce: **27.05.2018**

Podpis vedoucí(ho) práce

Podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

Podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací.
Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

Datum převzetí zadání

Podpis studenta

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu §60 Zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne

.....

František Žert

Poděkování:

Chtěl bych moc poděkovat mé vedoucí práce Ing. Adéle Holasové za trpělivost, cenné rady a domlouvání konzultací během psaní mé bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat všem expertům z dispečinku Chvaletické elektrárny a ČEPSu za jejich ochotu odpovídat na mé otázky. Samozřejmě nesmím zapomenout na poděkování rodině za finanční i psychickou podporu během studia.

Abstrakt:

Tato práce se zabývá regulační energií v rámci České republiky. V první části je vysvětlen princip regulační energie a k čemu se používá. Následně jsou popsány jednotlivé způsoby obstarávání regulační energie: podpůrné služby a jejich nabízení na trhu, vyrovnávací trh, regulační energie ze zahraničí. V praktické části jsem se zaměřil na různé možnosti provozu paroplynové elektrárny. Na základě citlivostních analýz jsem porovnal jednotlivé možnosti poskytování energie silové, tak i regulační. Tyto analýzy například ukazují, při jaké ceně silové energie je výdělečné provozovat tento typ elektrárny, nebo zda je lepší se zaměřit pouze na poskytování podpůrných služeb.

Klíčová slova:

regulační energie, podpůrné služby, trh s podpůrnými službami, přenosová soustava, paroplynová elektrárna

Abstract:

This thesis is about the electricity balancing in the Czech Republic. The first part explains the principle of the electricity balancing and its use. Subsequently, there are described different ways of obtaining the balancing energy: the ancillary services and their market, the market with balancing energy and the balancing energy from abroad. In the practical part I focused on the various possibilities of operation of the gas combined cycle power plant. To compare the possibilities of offering energy I did sensitivity analyses. For example, these analyses show the profitability during various price of energy in this power plant or if it is better to focus on the ancillary services.

Keywords:

electricity balancing; ancillary services; market with the ancillary services; transmission system; gas combined cycle power plant

Obsah:

Seznam použitých zkratk	8
1 Úvod	9
2 Princip regulace výkonu	10
3 Regulační energie	14
3.1 Vývoj ceny a spotřeby regulační energie	14
4 Systémová odchylka	15
4.1 Zúčtování ceny odchylky	15
4.2 Protiodchylka	15
4.3 Finanční ohodnocení odchylek	16
4.3.1 Výpočet zúčtovací ceny	16
4.3.2 Vyhodnocení odchylek	16
4.3.3 Průměrná platba subjektu zúčtování za odchylku (Kč/MWh)	16
5 Podpůrné služby	17
5.1 Systémové služby	17
5.2 Podpůrné služby	17
5.2.1 Obecné požadavky	17
5.3 Základní kategorie PpS nakupované na volném trhu:	18
5.3.1 Primární regulace frekvence bloku (PR)	18
5.3.2 Sekundární regulace výkonu bloku (SR)	19
5.3.3 Minutové zálohy	19
5.3.4 Snížení výkonu SV30	21
5.4 Kategorie PpS prostřednictvím přímé smlouvy s poskytovatelem PpS	22
5.4.1 Sekundární regulace U/Q	22
5.4.2 Schopnost ostrovní provozu	22
5.4.3 Schopnost stratu ze tmy	23
6 Regulace ze zahraničí	24

6.1	Realizace garantované regulační energie.....	24
6.2	Negarantovaná regulační energie	24
6.3	Havarijní výpomoc	24
7	Možnosti poskytovatele PpS a regulační energie	25
7.1	Dohoda o poskytování PpS.....	25
7.2	Roční příprava provozu – množství PpS	25
7.3	Trh s PpS.....	26
7.3.1	Výběrové řízení.....	26
7.3.2	Denní trh	27
7.3.3	Přímá smlouva s poskytovatelem.....	29
7.4	Vyrovňovací trh (VT)	30
7.4.1	Podmínky nabízení na VT	30
7.4.2	Obchodování na VT	30
8	Ekonomické možnosti poskytovatele PpS	31
8.1	Model paroplynové elektrárny.....	31
8.1.1	Paroplynové elektrárna	31
8.1.2	Investiční náklady na vybudování paroplynové elektrárny	32
8.1.3	Náklady paroplynové elektrárny	33
8.2	Jednotlivé bilance pro různé možnosti provozovatele PPE	34
8.2.1	Silová energie.....	34
8.2.2	Nabízení PpS.....	35
8.2.3	Nabízení pouze MZ+	39
9	Závěr	41
10	Použitá literatura.....	43
11	Seznam obrázků a grafů	45
12	Seznam příloh.....	46

Seznam použitých zkratek

€	.....	euro
ČEPS	.....	společnost ČEPS a.s.; provozovatel přenosové soustavy
ČR	.....	Česká republika
ES	.....	elektrizační soustava
Kč	.....	koruna česká
MZ15-	.....	záporná minutová záloha s náběhem do 15 minut
MZ15+	.....	kladná minutová záloha s náběhem do 15 minut
MZ5+	.....	kladná minutová záloha s náběhem do 5 minut
OTE	.....	společnost OTE a.s.; operátor trhu s elektrickou energií
PPE	.....	paroplynová elektrárna
PpS	.....	podpůrné služby
PPS	.....	provozovatel přenosové soustavy
PR	.....	primární regulace
PS	.....	přenosová soustava
RE	.....	regulační energie
RE-	.....	záporná regulační energie
RE+	.....	kladná regulační energie
SR	.....	sekundární regulace
SR-	.....	záporná sekundární regulace
SR+	.....	kladná sekundární regulace
SV30	.....	snížení výkonu elektrárny do 30 minut
Sys	.....	systémové služby
SZ	.....	subjekt zúčtování
VT	.....	vyrovnávací trh
VT-	.....	záporná regulační energie z vyrovnávacího trhu
VT+	.....	kladná regulační energie z vyrovnávacího trhu

1 Úvod

Elektrina patří mezi nejspecifičtější komoditu na světě. Potřebujeme ji všichni, ale už málo kdo ví, jak složitá je cesta od výroby v elektrárně do našeho elektrického zařízení připojeného k zásuvce. V této práci se budu zabývat hlavně regulací elektrické energie, která je nedílnou součástí celého systému.

Aby nám elektrické stroje a přístroje fungovaly správně, je potřeba všechny napájet elektrickou energií s přesně danými parametry. Mezi ty nejzákladnější patří velikost napětí a frekvence, sinusový průběh a musí být spolehlivá. Právě kvůli těmto vlastnostem musíme elektrickou energii regulovat, aby dosáhla požadovaných hodnot. Z fyziky víme, že elektrická energie se šíří rychlostí světla. Proto elektrickou energii neskladujeme, ale přímo ji pomocí přenosové a distribuční soustavy přesouváme a ihned spotřebováváme. Jednoduše řečeno se snažíme o rovnovážnou výkonovou bilanci, tzn., že okamžitá výroba se musí rovnat okamžité spotřebě.

V České republice se problematikou regulační energie zabývá hlavně provozovatel přenosové soustavy ČEPS a operátor trhu s elektrickou energií OTE. Prostřednictvím OTE jsou hlavně zajišťovány služby týkající se zúčtování a finanční vypořádání odchylek, které neruší rovnovážnou výkonovou bilanci. K pokrytí těchto odchylek slouží regulační energie, jejichž aktivaci má na starost dispečerské řízení ČEPSu. Regulační energie se v ČR získává z různých zdrojů, které jsou popsány v této práci.

V první části je popsán samotný princip regulace výkonu v elektroenergetické soustavě na příkladu ze dne, ve kterém proběhlo zatmění Slunce. Smyslem příkladu je ukázat zásahy dispečerů a vysvětlit jejich kroky. Následuje popis regulační energie a vysvětlení důležitých pojmů, jako například subjekt zúčtování, systémová odchylka, protiodchylka. Důležitou součástí práce je řešerše Kodexu přenosové soustavy, která má za cíl přiblížit funkci a požadavky na podpůrné služby. Získané informace jsou aplikovány v kapitole číslo 7, Možnosti poskytovatele PpS a regulační energie. Dle získaných informací od expertů jsou zde popsány jednotlivé trhy s PpS a regulační energií. Všechny získané poznatky byly následně využity při vytváření citlivostních analýz pro fiktivní paroplynovou elektrárnu. Ty mají za úkol pomoci rozhodnout provozovateli elektrárny, jak výhodně využít její energetický potenciál.

2 Princip regulace výkonu

Hlavním úkolem ČEPSu je zajistit bezpečný a spolehlivý provoz elektroenergetické přenosové soustavy. Původně byla soustava dimenzována na klasickou výrobu (konstantní výkon) a přenos elektrické energie od zdrojů ke spotřebičům. I tato jednodušší soustava samozřejmě potřebovala značný zásah dispečera, aby všechny parametry elektrické energie dosahovaly požadovaných hodnot. V poslední době se objevuje trend zelené energie. To znamená, že vedle klasických říditelných zdrojů, jako jsou například uhelné elektrárny, se začaly používat decentralizované neřiditelné zdroje elektrické energie. Mezi nejčastější patří fotovoltaické zdroje a větrné turbíny. Tyto nestabilní zdroje stěžují práci dispečerskému řízení a regulace výkonu je potřebná víc než před několika lety. Proto bych rád přiblížil názornou situaci ze dne 20. března 2015, kdy proběhlo částečné zatmění Slunce.

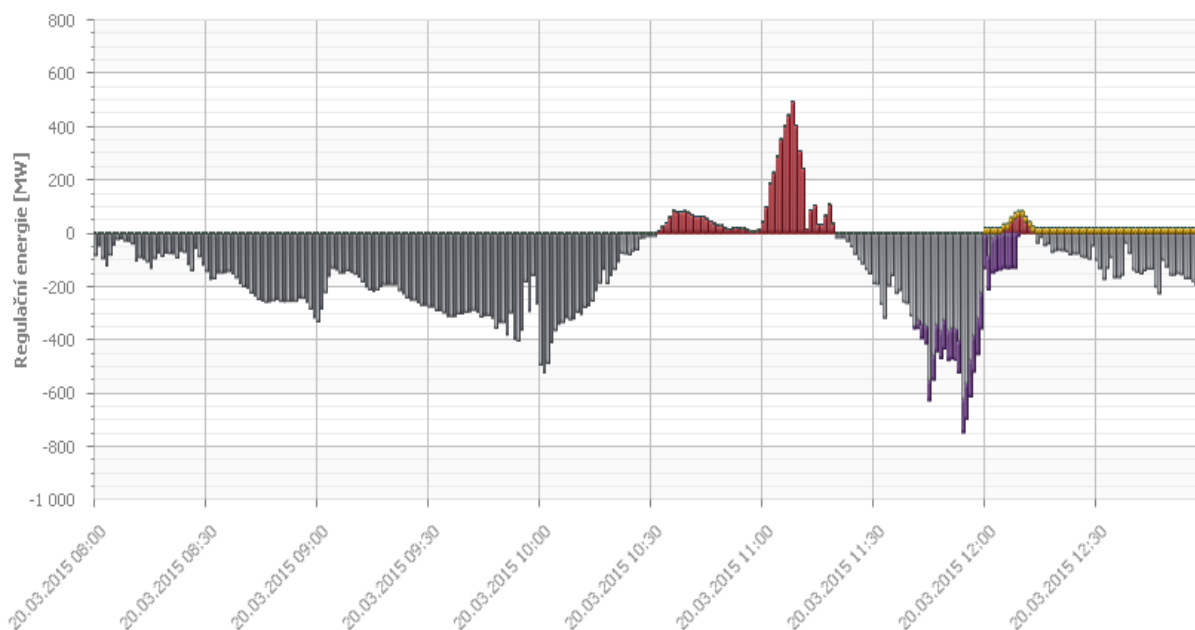
„Na zatmění se připravujeme dlouho. Pokles a nárůst výkonu fotovoltaik sice bude rychlý, ale není to nic, s čím bychom se nedokázali vypořádat,“ říká Vladimír Tošovský, předseda představenstva ČEPS. [1]

Téměř po celém evropském kontinentě jsou rozprostřeny solární panely, jejichž výkon dosahuje zhruba 90 tisíc megawattů. Každý z těchto panelů během tohoto dne přestane na chvíli vyrábět a pak opět začne. Vše se odehrává s velkou dynamikou a nerovnoměrně v rámci celé energetické soustavy. Zatmění v ČR probíhalo rámcově od 9 do 12 hodin. Na celý průběh regulace se můžeme podívat na přiloženém grafu.

Graf zobrazuje hodnoty regulační energie získané aktivací vypsání kategorií podpůrných služeb. Bohužel zde není zaznamenána primární regulace, která probíhá zcela automatizovaně.

Regulační energie

Aktuální data: 20.03.2015 08:00 až 20.03.2015 12:59, agregace součet / minuta



Legenda	
SR+, GCC SR+ [MW]	Zahraniční RE- [MW]
SR-, GCC SR- [MW]	VT+ [MW]
MZ5, MZ15+, MZ30 [MW]	VT- [MW]
MZ15-, SV30 [MW]	Saldo [MW]
Zahraniční RE+ [MW]	

1 Regulační energie [2]

Od 8:00 do 10:00 je aktivovaná záporná sekundární regulace (SR-) a postupně se zvyšuje její velikost. To mohla způsobit například nižší spotřeba oproti predikci nebo větší produkce neřiditelných zdrojů.

V 10:00 nastává zlom, protože sluneční paprsky už přestávají dopadat na část fotovoltaických článků. Postupně se deaktivuje záporná sekundární regulace (SR-).

V 10:30 vlivem klesající výroby FVE nastává zlom z přebytku energie v síti na nedostatek. Z tohoto důvodu se aktivovala kladná regulační energie (SR+)

V 11:00 je 75 % slunečního disku zastíněno Měsícem. Od této chvíle se budou postupně jednotlivé sluneční elektrárny opět vyrábět energii. Ještě chvíli dle grafu SR+ narůstá.

V 11:15 nabývá SR+ maxima (500 MW) a začne prudce klesat.

V 11:20 se deaktivuje SR+ a opět se aktivuje se SR-.

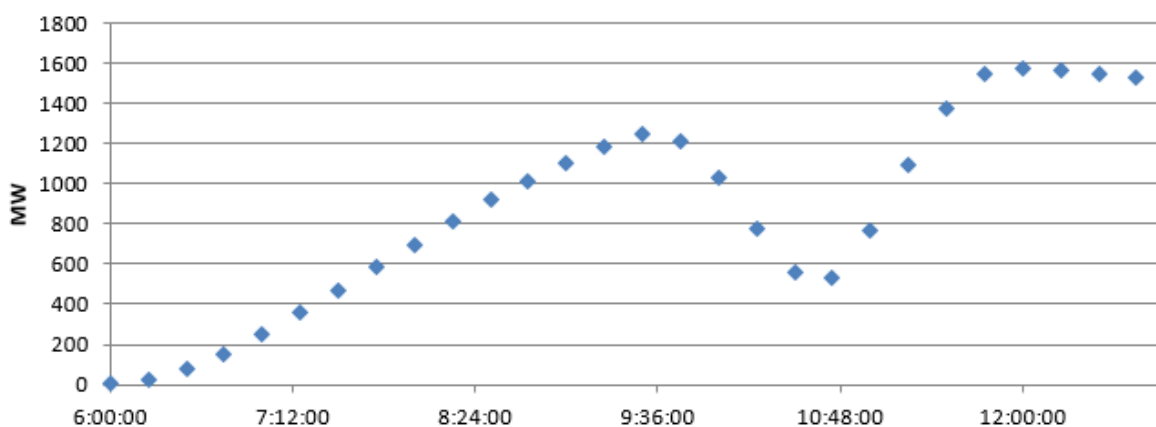
V 11:45 pracují téměř všechny sluneční elektrárny s vysokým výkonem, proto je nutné regulovat i pomocí minutových záloh (MZ15-).

V 12:00 byla potřeba dodat kladná regulační energie. V tomto případě to nebylo způsobeno FVE, ale změnou obchodní periody s Německem (dle experta častý děj). SR- se ihned deaktivovala, jenže u MZ15- je 15 minutová prodleva. Díky tomu byla zároveň aktivovaná záporná MZ15-, ale i kladná z vyrovnávacího trhu (VT+). VT+ je konstantní a objednaná na celou následující hodinu (od 12 do 13).

V 12:15 již VT+ nestačí a opět se aktivuje i SR+ na dobu nezbytně nutnou. Poté se deaktivuje MZ15- a regulace se přesune opět do záporných hodnot pomocí SR-.

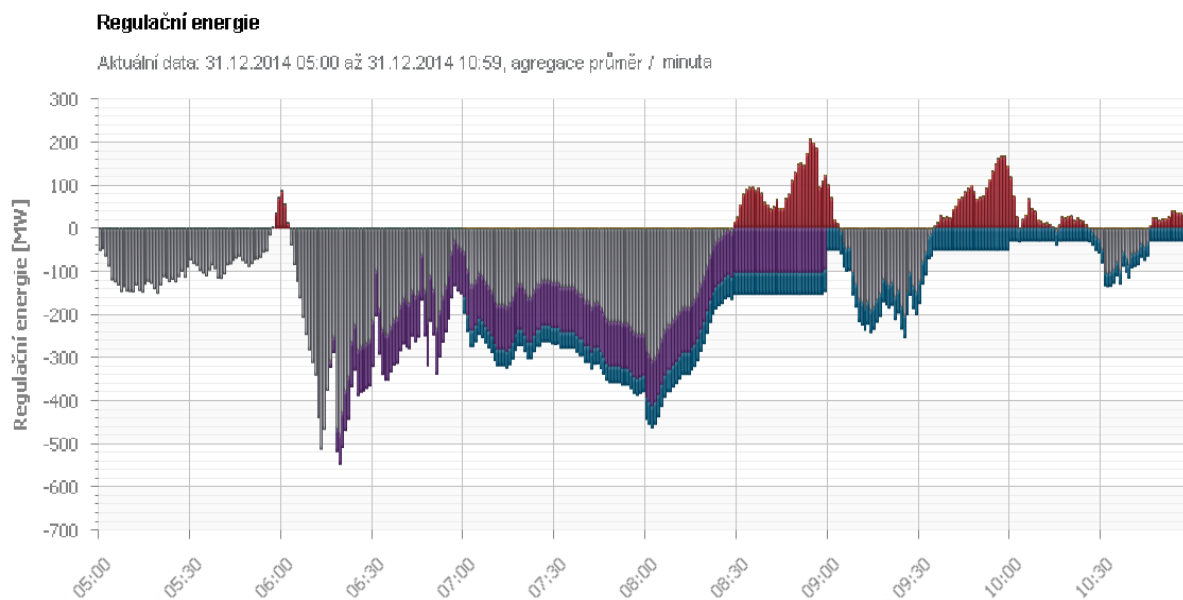
Pro lepší představu mi expert poskytl data výroby fotovoltaické elektrárny z tohoto dne. Je zde patrný veliký pokles během zatmění.

Výroba FVE



2 Výroba FVE [3]

Druhý graf je z 31. 12. 2014 od 5:00 do 11:00. Je zde patrná velká dynamika celého systému z běžného provozu. Z průběhu od 7:00 do 8:00 dispečer usoudil, že ponechá aktivovanou službu snížení výkonu (SV30) a nakoupí VT-. Bohužel predikce byla nepřesná, a proto se museli aktivovat SR+ a to až do výše SV30. V 8:30 deaktivoval SV30 a zůstala pouze VT-, která se aktivuje vždy na celou hodinu.



3 Regulační energie [2]

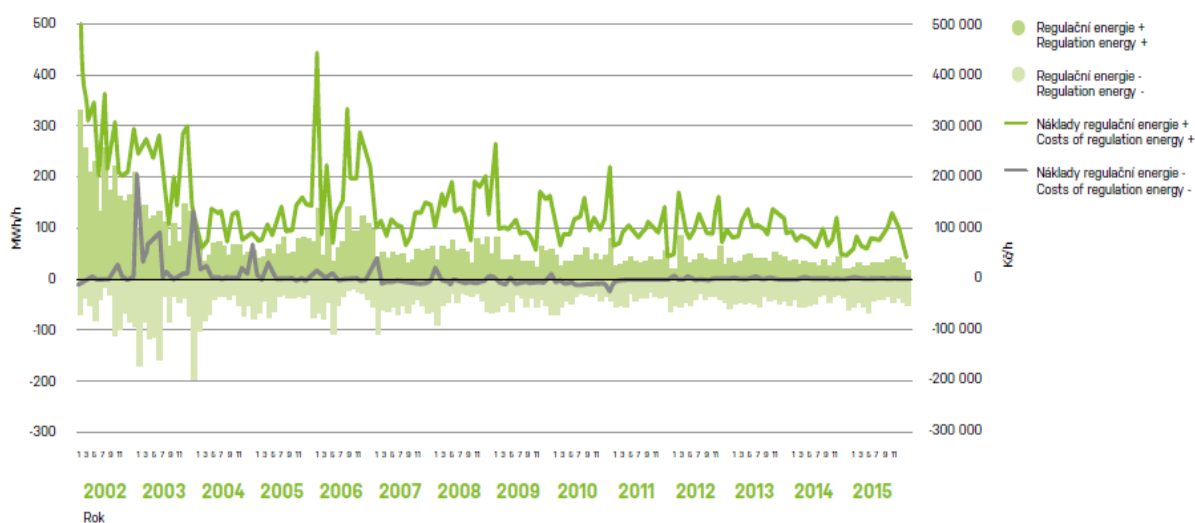
3 Regulační energie

Abychom mohli regulovat výkon, potřebujeme regulační energii. Je to elektrina dodávaná do systému z důvodu vzniku systémové odchylky zakoupená například na vyrovnávacím trhu nebo poskytnutá v rámci PpS. Regulační energii rozlišujeme na kladnou (např. se zvýší výkon elektrárny) a zápornou (sníží se výkon elektrárny). V ČR máme pouze jednoho provozovatele přenosové soustavy ČEPS, ale podle zákona 458/2000 Sb. (energetický zákon) mohou právnické a fyzické osoby podnikat v energetickém odvětví. To mimo jiné znamená, že regulační energii může na základě licence udělené Energetickým regulačním úřadem nabízet kdokoliv. Nejčastěji prostřednictvím dlouhodobých kontraktů nebo na vyrovnávacím trhu.

3.1 Vývoj ceny a spotřeby regulační energie

Cena regulační energie je většinou dražší než cena silové energie. Pro srovnání data ze dne 25. 11. 2016. Silová energie stála 854.46 Kč/MWh [4], naproti tomu maximální zúčtovací cena odchylky byla 2 882.32 Kč/MWh [5]. Z tohoto důvodu se výrobci elektrické energie snaží dodržovat přesně dané plány výroby, aby dispečeri nemuseli aktivovat podpurné služby. V rámci posledních 13 let se celková spotřeba regulační energie zmenšuje a to hlavně díky liberalizaci a transformaci trhu. V roce 2002 byl průměrný hodinový objem využité kladné regulační energie přes 300 MWh/h. V roce 2015 již pouze 30 MWh/h. Celkový vývoj mezi roky 2002 až 2015 je vyobrazený na grafu.

Vývoj průměrných hodinových plateb za poskytnutou RE a průměrného hodinového objemu využité regulační energie v letech 2002-2015.



4 Regulační energie – vývoj [6]

4 Systémová odchylka

V České republice odchylky vyhodnocuje a finančně oceňuje operátor trhu s elektrickou energií OTE. Pro každou obchodní hodinu nasmlouvá množství dodávek elektřiny do soustavy a odběru elektřiny ze soustavy. Všechny odběry a dodávky musí být přiřazeny tzv. subjektu zúčtování (SZ). Ten může elektřinu vyrábět, dodávat koncovým zákazníkům, poskytovat podpůrné služby, prodávat nebo kupovat od jiných účastníků. Odchylka nastává při rozdílu mezi skutečným dodaným (odebraným) množstvím a sjednaným množstvím. Každý subjekt zúčtování je odpovědný za odchylku, kterou způsobil. V ČR v rámci OTE lze automaticky převést odchylku subjektu na jiný zvolený subjekt, za kterého bude následně vyhodnocena celková odchylka. Systémová odchylka v každé obchodní hodině je konečný stav skutečných dodávek a odběrů všech subjektů zúčtování. [6]

4.1 Zúčtování ceny odchylky

Celková zúčtovaná cena odchylky je vyšší než samotné náklady na regulační energii. Příjem z odchylek předává OTE provozovateli přenosové soustavy ČEPSu na úhradu systémových služeb. Ten musí uhradit náklady za aktivovanou regulační energii, ale i za rezervovaný výkon. V případě nízké ceny odchylky upravuje konečnou limitní cenu energetický regulační úřad (ERÚ). Samotná cena regulační energie je dána nabídkovými cenami na vyrovnávacím trhu.

Regulační energie je na základě vyhlášky č. 541/ 2005 Sb. Energetického regulačního úřadu oceňována takto:

- *cena za dodanou kladnou/zápornou regulační energii je rovna nabídkové ceně kladné/záporné regulační energie dodané na blocích poskytujících podpůrné služby,*
- *cena kladné i záporné regulační energie dodané bloky, které měly v dané obchodní hodině aktivovanou sekundární regulaci, je stanovena cenovým rozhodnutím ERÚ. [2]*

4.2 Protiodchylka

Protiodchylka je taková odchylka subjektu zúčtování, která jde proti směru systémové odchylky. Je to způsob, jak poskytovatelé elektrické energie mohou šetřit. Když zjistí přebytek výkonu, mohou spekulovat na tzv. protiodchylku tím, že vyrobí méně elektrické energie. Tím ušetří náklady za palivo.

Příklad: Celková systémová odchylka je kladná z důvodu, že některý ze subjektů neodebral nasmlouvané množství energie. Proto druhý subjekt zúčtování, který dodává energie může na

základě rychlé reakce snížit nasmlouvaný výkon. Tím ušetří na palivu, a ještě dostane zapláceno podle níže uvedeného postupu.

Zúčtovací cena této protiodchylky je pro každou obchodní hodinu stanovena operátorem trhu následovně:

- byla-li systémová odchylka záporná nebo rovna nule, zúčtovací cenou protiodchylky byl vážený průměr cen z aktivované kladné regulační energie (včetně vyrovnávacího trhu);
- nebyla-li v této obchodní hodině dodaná žádná elektřina pro zajištění rovnováhy, byla použita cena podle cenového rozhodnutí ERU [6]

4.3 Finanční ohodnocení odchylek

4.3.1 Výpočet zúčtovací ceny

Výsledná zúčtovací cena pro subjekt zúčtování je dána součinem velikosti odchylky a zúčtovací ceny. Při využití regulační energie z vyrovnávacího trhu nebo pomocí minutových záloh je zúčtovací cena rovna nejdražší zakoupené regulační energie. Díky tomu je příjem ze systémových odchylek kladný. Při aktivaci pouze sekundární regulace, kde je cena konstantní uvádím vzorec poskytnutý OTE:

Pro rok 2015 byla zúčtovací cena odchylky (C) stanovena následujícím vzorcem:

- v případě, že je v dané obchodní hodině systémová odchylka (SO) záporná nebo rovna nule:

$$C = 2350 + 5,5 * |SO| \quad [Kč/MWh; MWh],$$
- v případě, že v dané obchodní hodině je systémová odchylka kladná:

$$C = 1 + 3,5 * |SO| \quad [Kč/MWh; MWh] [6]$$

4.3.2 Vyhodnocení odchylek

Výpočty a ocenění všech odchylek SZ provádí systém OTE každý kalendářní den vždy za předešlý den. Následně se provádí měsíční vyhodnocení, kde mohou být případné opravy. Výsledné výpočty jsou dostupné na veřejném webovém portálu OTE.

4.3.3 Průměrná platba subjektu zúčtování za odchylku (Kč/MWh)

	SO + • SI +		SO - • SI -	
	Odchylka SZ + BRP's positive imbalance	Odchylka SZ - BRP's negative imbalance	Odchylka SZ + BRP's positive imbalance	Odchylka SZ - BRP's negative imbalance
2013	-359,65	-15,51	2 402,11	3 210,39
2014	-301,43	-6,80	2 391,79	3 017,26
2015	-322,29	-4,46	2 409,35	3 218,80

5 Cena odchylky [6]

5 Podpůrné služby

5.1 Systémové služby

Pro správné pochopení podpůrných služeb (PpS) musíme prvně vysvětlit systémové služby (Sys). Pomocí Sys se zajišťuje kvalita a spolehlivost dodávky elektrické energie v elektrizační soustavě. V České republice jsou tyto služby zajišťovány pouze jedinou společností ČEPS. Ta na základě přesně definovaného Kodexu přenosové soustavy reguluje kvalitu elektrické energie. Mezi Sys patří udržování parametru napětí a frekvence, výkonové rovnováhy v reálném čase, obnovení provozu a dispečerské řízení.

5.2 Podpůrné služby

Podpůrné služby jsou prostředky pro zajištění systémových služeb. Jsou definovány jako činnosti fyzických nebo právnických osob pro zajištění provozování elektrizační soustavy a pro zajištění kvality a spolehlivosti dodávky elektriny. Pomocí PpS je možno korigovat rozdíly mezi odběrem a výrobou, a to změnami spotřeby či výkonů výroby. Subjekty připojené do elektrizační soustavy (ES) mají právo, nikoliv povinnost, při splnění technických a obchodních podmínek stanovených provozovatelem přenosové soustavy (PPS) nabízet PpS. Jejich ceny se vytvářejí na základě tržního principu. Výběr poskytovatelů PpS probíhá na základě otevřeného a nediskriminačního přístupu vůči všem uživatelům přenosové soustavy (PS). [2]

5.2.1 Obecné požadavky

Všechny PpS musí splňovat obecné požadavky, jako jsou měřitelnost, dostupnost, certifikovatelnost a možnost průběžné kontroly poskytování.

Měřitelnost

Měří se kvantitativní parametry (výkon, frekvence, napětí) přesně daným způsobem měření pro jednotlivé typy PpS. ČEPS zadává přesně dané požadavky na poskytovatele PpS, ve kterých jsou přesně stanoveny případné odchylky od deklarované hodnoty.

Dostupnost

Provozovatel PpS garantuje dostupnost služby během denního, týdenního a ročního cyklu. Pro kontrolu služeb provádí poskytovatel služby periodické certifikační testy dle Kodexu PS. ČEPS má právo provádět inspekci i mimo pravidelné testování. [7]

5.3 Základní kategorie PpS nakupované na volném trhu:

5.3.1 Primární regulace frekvence bloku (PR)

Primární regulace f bloku je lokální automatická funkce zajišťovaná obvody primární regulace, spočívající v přesně definované změně výkonu elektrárenského bloku v závislosti na odchylce frekvence od zadané hodnoty. Změnu výkonu elektrárenského bloku vyžadovanou obvody primární regulace v závislosti na odchylce frekvence udává regulační rovnice:

$$\Delta P = -\frac{100 P_n}{\delta f_n} \Delta f, \text{ kde}$$

ΔP požadovaná změna výkonu bloku [MW]

P_n nominální výkon bloku [MW]

Δf odchylka frekvence od zadané hodnoty [Hz]

δ statika primární frekvence [%]

f_n zadaná frekvence [Hz] (většinou jmenovitá hodnota 50 Hz) [7]

Primární rezervy musí být poskytnuty nejpozději do 30 sekund od okamžiku vzniku odchylky frekvence. Pro bloky do 300 MW se aktivují při odchylce 200 mHz a pro větší než 300 MW již při odchylce 100 mHz od zadané frekvence. Z důvodů stability systému je stanovena maximální velikost vykupované regulační zálohy od jednoho bloku na 10 MW a minimální velikost na 3 MW.

V ČR v rámci primární regulace funguje takzvaný princip solidarity. To znamená, že při narušení výkonové rovnováhy, například výraznou změnou zatížení nebo poruše bloku, se na obnovení rovnováhy podílejí všechny zdroje, které jsou součástí systému primární regulace frekvence.

V rámci ČR se doporučuje rozdělení záloh pro primární regulaci do více spolupracujících bloků, tak aby rovnoměrně pokrývaly území ČR. Velikost jednotlivých bloků by měla být úměrná k velikosti zatížení v maximu v dané oblasti. Velikost výkonu určuje vztah na základě doporučení RGCE (Regional Group Continental Europe):

$$RZPRS_{RGCE} = \frac{E_{iso}}{E_u} \cdot P_{pu}, \text{ kde}$$

E_{iso} celková výroba elektrické energie v dané regulační oblasti za uplynulý rok [GW]

E_u celková výroba elektrické energie v synchronně pracujícím propojeném systému za uplynulý rok

P_{pu} celková záloha pro primární regulaci pro RGCE (stanovena na 3000 MW)

RZPRS požadavek na sumární regulační zálohu pro primární regulaci v rámci ES ČR [7]

5.3.2 Sekundární regulace výkonu bloku (SR)

Sekundární regulace výkonu bloku vychází z možnosti přímé a rychlé regulace hodnoty výkonu samotného elektrárenského bloku. Požadovaná regulace probíhá automaticky a je určena velikostí regulační odchylky určené sekundárním regulátorem frekvence a výkonu. Minimální rychlost změny výkonu bloku je stanovena na 2 MW za minutu, přičemž plné najetí bloku musí proběhnout do 10 minut od požadavku. Minimální velikost SR+ nebo SR– poskytovaná na jednom bloku je 10 MW a maximální 70 MW, přičemž minimální certifikovaná velikost SR musí být 20 MW.

V ČR není žádné velké omezení pro umístění zdrojů v rámci sekundární regulace. Pouze se zakazuje, aby jedna rozvodna poskytovala více než 50 % celkové výkonové zálohy pro sekundární regulaci z důvodu možné poruchy rozvodny. Další omezení vyplývá z nutnosti nabízení SR jako symetrické služby SR+ a SR–. [7]

5.3.3 Minutové zálohy

Jedná se nejčastěji o elektrárenské bloky, které dokážou v požadovaném čase, na pokyn dispečera, poskytnou regulační zálohu. To znamená, poskytnout změnu výkonu na svorkách připojeného zařízení za čas t . Změna může být kladná (zvýšení výkonu bloku), ale i záporná (snížení výkonu bloku). [7]

5.3.3.1 Pětiminutová záloha (MZ5)

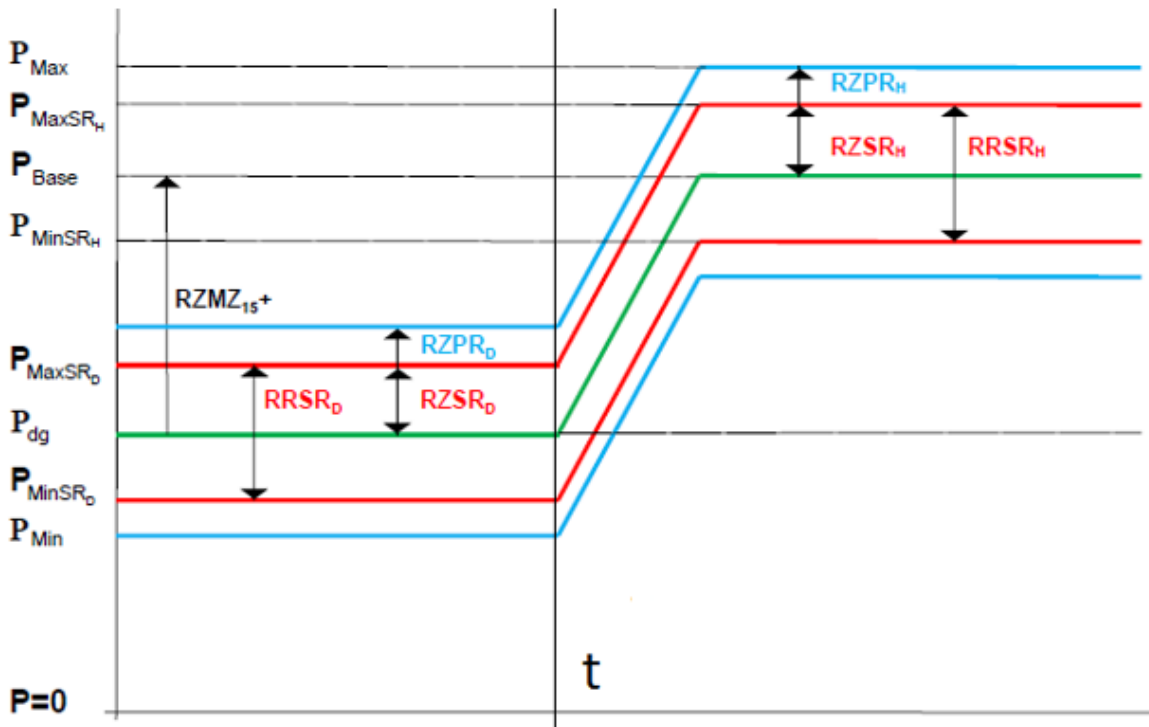
Nasazení požadované regulační zálohy do 5 minut od příkazu dispečinku. Minimální velikost u jednoho bloku musí být alespoň 30 MW. Po aktivaci zálohy musí být garantovaný 4 hodinový chod regulace. Například se jedná o aktivaci přečerpávající elektrárny (kladná regulace) nebo připojením odpovídajícího zatížení (záporná regulace). [7]

5.3.3.2 Patnáctiminutová záloha (MZ15)

Nasazení požadované regulační zálohy do 15 minut od příkazu dispečinku. Minimální velikost u jednoho bloku musí být alespoň 10 MW, maximální do 70 MW. Doba aktivace není omezena. Nejčastěji se používá MZ15+ realizovaná například zvýšením výkonu elektrárny. Pak hlavně o svátcích se používá záporná, která se může realizovat připojením zatížení (čerpání přečerpávající elektrárny). [7]

5.3.3.3 Příklad typového rozložení výkonových záloh na elektrárenském bloku

Graf ukazuje rozvržení pracovních hodnot elektrárenského bloku v případě nabízení podpůrných služeb. Blok nabízí PR, SR a MZ15+. V první části zobrazuje hodnoty bez aktivované minutové zálohy. Zelená barva zobrazuje nastavenou výkonovou hladinu. Červená barva možnosti sekundární regulace pro danou hladinu. V bodě t se aktivuje kladná minutová záloha MZ15+. Zvedne se nastavená výkonová hladina, ale zůstává možnost primární i sekundární regulace.



6 Elektrárenský blok [7]

- P_{MAX}technické maximum bloku
- P_{MaxSHR}Největší výkon bloku použitelný pro SR výkonu bloku v regulační rozsahu, pro horní pásmo SR
- P_{Base}výkonová hladina na kterou je blok nasazen (aktivované minutové zálohy + diagramový bod)
- P_{MinSHR} Nejmenší výkon bloku použitelný pro SR výkonu bloku v regulačním rozsahu, pro horní pásmo SR
- P_{MaxSHD}Největší výkon bloku použitelný pro SR výkonu bloku v regulačním rozsahu, pro dolní pásmo SR
- P_{dg} diagramový bod bloku
- P_{MinSRD} Nejmenší výkon bloku použitelný pro SR výkonu bloku v regulačním rozsahu, pro dolní pásmo SR
- P_{MIN}technické minimum bloku [7]

5.3.4 Snížení výkonu SV30

Jedná se o snížení výkonu na jednotlivých blocích o předem stanovenou hodnotu nebo schopnosti úplného odstavení do časového intervalu 30 minut od pokynu dispečera. Po aktivaci je minimální garantovaná doba využití 24 hodin. Minimální velikost zálohy je 30 MW. Používá se zřídka, hlavně při nedodržení sjednaných diagramů zatížení, kdy ostatní PpS mají malé rozsahy.
[7]

5.4 Kategorie PpS prostřednictvím přímé smlouvy s poskytovatelem PpS

5.4.1 Sekundární regulace U/Q

Sekundární regulace U/Q je automatická funkce využívající celý certifikovaný (smluvně dohodnutý) regulační rozsah jalového výkonu bloků pro udržení zadané velikosti napětí v pilotních uzlech ES a zároveň rozděluje vyráběný jalový výkon na jednotlivé stroje. Regulační proces má být aperiodický nebo maximálně s jedním překmitem a ukončený do 2 minut. Sekundární regulace U/Q musí být zároveň schopná spolupracovat s prostředky terciární regulace napětí a jalových výkonů.

[7]

Automatizovaný systém je realizován pomocí automatického regulátoru napětí, který je schopen reagovat na odchylku skutečného napětí od zadaného a určí velikost potřebného jalového výkonu. Tuto hodnotu pak odešle do elektrárny poskytující sekundární regulaci U/Q. V elektrárně se požadovaný jalový výkon rozvrhne, například pomocí skupinového regulátoru jalového výkonu, na jednotlivé bloky dle dohody mezi poskytovatelem PpS a provozovatelem PS.

Sekundární regulaci U/Q mohou poskytovat provozovatelé elektrárenských bloků připojených do přenosové sítě s výkonem větším než 50 MW. Kritéria poskytování této služby jsou regulační rozsah Q, disponibilita a lokalita zdroje (disponibilita je doba regulace při využití celkového rozsahu jalového výkonu).

5.4.2 Schopnost ostrovního provozu

Při stavu nouze podle vyhlášky č. 80/2010 Sb., o stavu nouze v elektroenergetice, se používá ostrovní provoz bloku. Elektrárenský blok přechází automaticky do ostrovního provozu při nižší frekvenci než 49,8 Hz nebo při vyšší frekvenci než 50,2 Hz. V ostrovním režimu elektrárenský blok musí být schopen sám regulovat změny napětí a frekvence způsobené proměnlivou zátěží (při normální stavu je regulace zajištěna pomocí systémových služeb). Blok musí být schopen pracovat minimálně 2 hodiny v režimu ostrovního provozu.

Tuto podpůrnou službu mohou poskytovat provozovatelé elektrárenských bloků připojených do přenosové sítě s výkonem větším než 50 MW. [7]

5.4.3 Schopnost stratu ze tmy

V případě celkového rozpadu soustavy se pro obnovení stavu využívá blok se schopností startu ze tmy. Tato schopnost umožňuje rozběh bloku na jmenovité otáčky a jmenovité napětí bez použití vnějšího napětí ze sítě. Následně se využívá ostrovní provoz k zajištění prioritních dodávek, a nakonec dojde k sfázování ostrovních provozů. Tato PpS je součástí Plánu obnovy, který má zajistit obnovení původního stavu a je legislativně podložena vyhláškou č. 80/2010 Sb., o stavu nouze v elektroenergetice a obsahových náležitostech havarijního plánu.

Požadavky na vybrané bloky pro start ze tmy:

- a. Dodržení postupu dle požadavků ČEPSu*
- b. Koordinovatelnost postupu – v souladu s Plánem obnovy*
- c. Schopnost ostrovního provozu*
- d. Dostupnost služby [7]*

6 Regulace ze zahraničí

Na základě propojené ES se sousedními státy může český PPS spolupracovat s ostatními provozovateli v jiných zemích. To znamená, že ČEPS může poskytovat (prostřednictvím smluv s dalšími subjekty) energii do zahraničí, a naopak může v případě potřeby i odebírat. Tato spolupráce je obzvláště výhodná v případě havárie, kdy v ČR není dostatek PpS na pokrytí náhlých odstávek. Přeshraniční dodávka, mimo sekundární regulaci, je umožněna pouze na přímý pokyn dispečera. Sekundární regulace může být po oboustranných dohodách automatická, jako například tzv. EGCC se Slovenskem a Maďarskem. Podmínka dodávky spočívá v dostatečném množství nabízených energie a kapacity přenosových soustav, přes které energie bude protékat (při spolupráci států, které spolu přímo nesousedí). V rámci přeshraniční spolupráce dělíme služby na garantovanou a negarantovanou regulační energii. [7]

6.1 Realizace garantované regulační energie

Realizace probíhá na základě uzavřené smlouvy mezi třemi subjekty: zdrojový PPS, cílový PPS a subjekt poskytující regulační energii. Zdrojový PPS aktivuje energii na pokyn dispečera z cílové destinace vždy na přelomu obchodního intervalu (pouze na celé hodiny). Subjekt poskytující RE je povinen zarezervovat dostatečnou přenosovou kapacitu prostřednictvím aukce. [7]

6.2 Negarantovaná regulační energie

Realizace probíhá na základě smlouvy pouze mezi PPS (ČEPS) a poskytovatelem RE. O aktivaci rozhoduje zdrojový PPS na základě znalosti aktuální situace v ES. Požadavek na dodávku vychází z cílové soustavy a je adresován smluvnímu poskytovateli s přesnou velikostí dodávky a časového intervalu v obchodních hodinách. Zdrojový PPS musí s přenosem souhlasit a celý přenos nahlásit. [7]

6.3 Havarijní výpomoc

Jedná se o výpomoc ze synchronně propojených soustav, která je určena k doplnění objemu podpůrných služeb na trhu s (PpS) v České republice. Jedná se o sdílení rezerv mezi některými sousedními PPS. V případě využití této služby ČEPS se elektřina dodaná do ES ČR nebo odebraná z ES ČR ze zahraničí považuje za regulační energii dodanou ČEPS. Pro účely zúčtování tuto regulační energii poskytuje ČEPS a stanovuje její cenu. Energie takto dodaná sousedním PPS do ES ČR může být v některých případech následně sousednímu PPS vrácena. Tato služba je reciproční. [7]

7 Možnosti poskytovatele PpS a regulační energie

7.1 Dohoda o poskytování PpS

Základním předpokladem pro nabízení PpS je podepsání Dohody o podmínkách nákupu a poskytování podpůrných služeb s provozovatelem přenosové soustavy ČEPS. Tato dohoda je pro všechny poskytovatele PpS stejná a vychází z ustanovení zákona č.458/2000 Sb., o podmínkách podnikání a výkonu státní správy v energetických odvětvích. Většinou ji ČEPS vypisuje na rozmezí tří let (například 2016 až 2018). Bez podepsání této dohody není možnost účastnit se výběrového řízení na poskytování PpS ani účastnit se denního trhu s PpS. V této dohodě jsou obsaženy obecné podmínky pro obstarávání PpS, technické požadavky či informace o přípravě provozu. Neobsahuje konkrétní množství ani nabídkovou cenu regulační energie. [8]

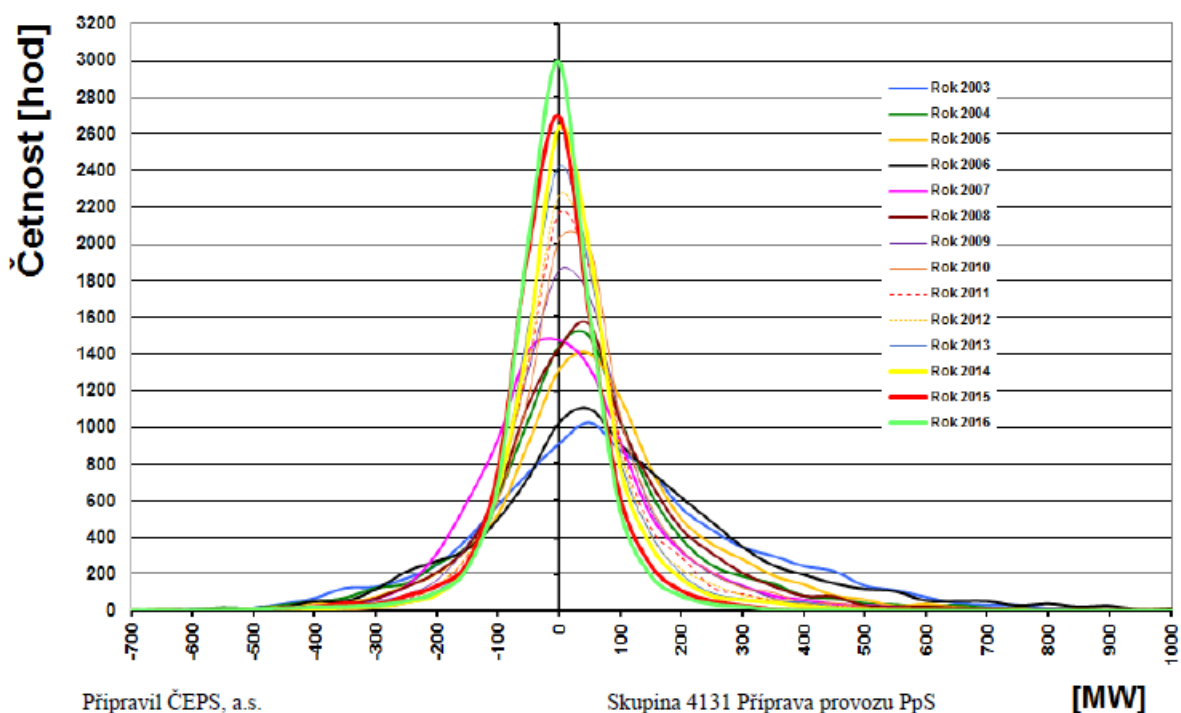
7.2 Roční příprava provozu – množství PpS

Pro zajištění spolehlivosti a kvality provozu ES sepisuje ČEPS na každý kalendářní rok tzv. Roční přípravu provozu. V této veřejné publikaci je ve spolupráci s výrobcí elektrické energie a provozovatelem distribučních soustav zveřejněna predikce spotřeby a zatížení ES ČR a výsledky bilance ES ČR v rámci jednoho roku. Tato predikce je mj. ovlivněna plánovanými odstávkami elektrárenských bloků. Aby byla zajištěna spolehlivost ES i při těchto odstávkách, stanovuje rovnou ČEPS i hodnoty potřebných výkonů jednotlivých kategorií PpS.

Mezi hlavní podklady pro stanovení výše PpS je statistika systémové výkonové odchylky a údaje o výrobních zařízeních.

Výsledné statistické ukazatele systémové výkonové odchylky můžeme zobrazit pomocí histogramu, který zobrazuje četnost výskytu odchylek podle jejich výkonů. Z grafu je zřejmé, že trend postupuje směrem k větší frekvenci výskytu při menší velikosti odchylky. To má za následek, že nový poskytovatelé PpS dávají při výstavbě regulačních zdrojů přednost tomuto trendu. Z grafu je ale patrné, že je a bude potřeba i velká regulační rezerva v případě náhlých výpadků zdrojů. Z grafu to lze vyčíst na základě zploštělého průběhu na začátku a konci histogramu. Kladná regulační výchylka dosahuje až 1000 MW, i když při velice nízké četnosti. Dle osloveného experta z daného odvětví to může do budoucna způsobit velké problémy. Jedná se hlavně o nedostatečnou kapacitu, která bude způsobena odstavením dosluhujících elektráren. [9]

Histogramy systémové výkonové odchylky



7 Histogramy systémové výkonové odchylky [9]

Pro názornost je v příloze uvedena tabulka z roční přípravy provozu. Udává potřeby podpůrných služeb dosažitelných do 15 minut pro rok 2017.

7.3 Trh s PpS

Poskytovatel PpS má více možností, jak nabízet provozovateli přenosové soustavy své služby. Nejčastěji se používá ročních kontraktů, které se vypisují v rámci výběrového řízení. V poslední době ČEPS pořádá výběrové řízení v jednom roce na následující dva až tři roky (v časovém souladu s Dohodou o poskytování PpS). ČEPS není ničím omezen, jaké procentuální množství z potřebného množství PpS může takto nasmlouvat. Druhá možnost poskytovatele PpS je nabízet služby na denním trhu PpS. [2]

7.3.1 Výběrové řízení

Výběrové řízení pro poskytovatele PpS se vypisují jak písemně, tak i elektronicky pomocí systému DAMAS ENERGY. Každý poskytovatel PpS má možnost získat certifikát a zúčastňovat se těchto řízení. Dnes (2017) přechází ČEPS postupně na nový MMS systém. Seznam subjektů nabízející PpS prostřednictvím dlouhodobých kontraktů a jejich poměrné zastoupení pro rok 2016 je uveden v příloze.

7.3.1.1 Příklady výběrových řízení na rok 2016

Výběrové řízení na PR, SR, MZ5, MZ15+– na celý rok 2016 bylo vypsáno v květnu 2015. Poptávaný souhrnný výkon byl:

- *PR* 39 MW; *SR* 120 MW; *MZ5* 150 MW
- *MZ15+* 100 MW; *MZ15–50* MW [10]

Poskytovatel PpS měl možnost podat nabídku ve formě standartního nebo flexibilního produktu. Tyto dvě formy se liší hlavně v časovém rozmezí. Standartní je pouze na jeden rok (2016), naproti tomu flexibilní zahrnuje možnost ČEPSu prodloužit kontrakt na další roky (2017, 2018) při zachování hodnoty výkonu a nabídkové ceny. Obě formy měly přesně danou, dále nedělitelnou hodnotu výkonu a vztahovaly se vždy k celé obchodní hodině:

- *PR* 3 MW; *SR* 5 MW; *MZ5* 10 MW
- *MZ15+* 10MW; *MZ15–5* MW [10]

U žádného typu PpS ČEPS nestanovuje limitní cenu regulační energie. Poskytovatel vždy musí uvést hodnotu nabízeného výkonu v MW a cenu hodiny rezervace výkonu v Kč/MW. V tomto případě bylo omezení ČEPSu pouze v počtu nabídek pro jednotlivé kategorie PpS od jednoho poskytovatele.

Hlavním kritériem výběru je cena. ČEPS vyhodnocuje každou kategorii PpS samostatně tak, že nabídky seřadí vzestupně od nejnižších ceny a akceptuje nabídky v rozumné cenové výši (jedná se o cenu rezervace služby, nikoliv cenu regulační energie). V případě neobsazení všech kapacit vypíše ČEPS nové výběrové řízení pro stejný rok. Při nedostatečné predikci spotřeby regulační energie může být vypsáno výběrové řízení i během roku na omezenou dobu (většinou od nějaké doby do konce roku). Další možnost řešení nedostatku PpS je zakoupení na denním trhu s PpS. [10]

7.3.2 Denní trh

Denní trh s PpS byl spuštěn v roce 2001. Od roku 2009 je součástí elektronického systému DAMAS ENERGY. Obchodování probíhá pouze v pracovních dnech, výjimečně v nepracovní dny na základě oznámení provozovatele. ČEPS se snaží dlouhodobě udržet tento trh pomocí každodenních poptávek na PpS na den následující. Poskytovatelé odpoví na poptávku pomocí elektronického formuláře a odešlou ji nejpozději do času uzávěrky. ČEPS má právo nastavit cenový limit a vybírat nabídky vzestupně dle ceny. Po uzávěrci jsou všem poskytovatelům zpřístupněny výsledky obchodování.

Nejčastěji se denního trhu využívá při nečekaných odstávkách některých z elektrárenských bloků. Pak se ceny PpS mohou dostat na několiknásobek běžné ceny. Na druhou stranu se může stát, že některý z poskytovatelů PpS nabízí své služby pouze za režijní náklady (bez zisku), protože má například dlouhodobé kontrakty a tímto pouze zmenšuje celkové své náklady. Největší skokové navýšení cen na denním trhu proběhlo v září roku 2015, vypadl blok v Temelíně a Chvaleticích. [11] [3]

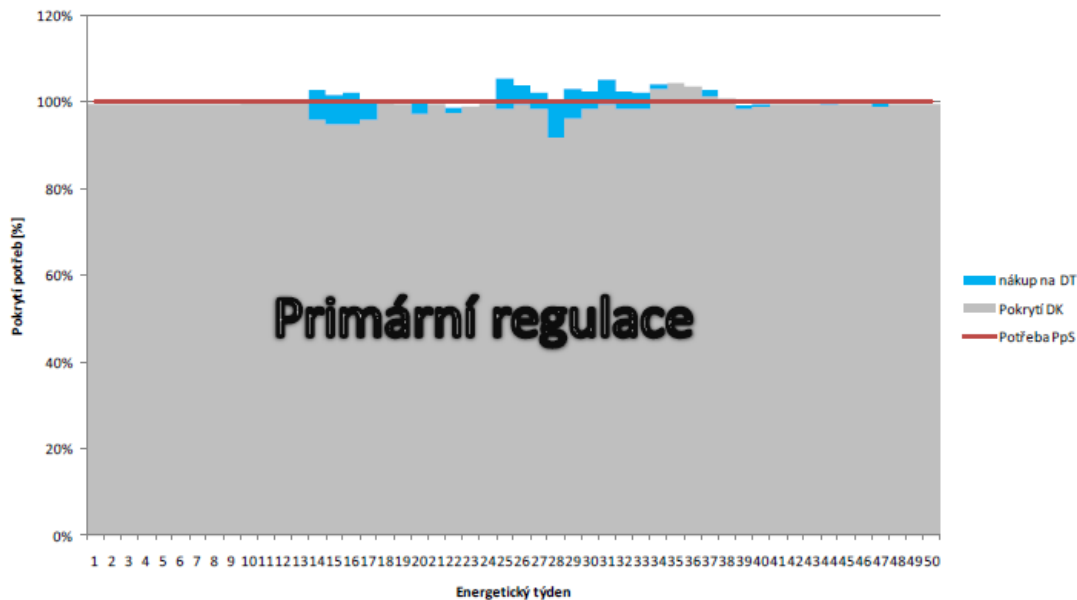
Pro názornost přidávám hodnoty ze dne 12. 9. 2015 ze systému DAMAS pro SR a MZ15+:

PR SR MZ15+ MZ15-		MZ15+							
Den	Hodina	Pop ZV [MW]	SUM P_nab	SUM P_akc [MW]	MC_P [Kč]	Pop ZV [MW]	SUM P_nab [MW]	SUM P_akc [MW]	MC_P [Kč]
12.09.15	01	55	84	0	0	35	137	35	325
	02	55	84	0	0	35	137	35	325
	03	55	84	0	0	35	137	35	325
	04	55	84	0	0	35	137	35	325
	05	65	84	0	0	35	137	35	325
	06	65	84	0	0	35	137	35	325
	07	65	78	0	0	35	65	35	493
	08	65	78	0	0	35	65	35	493
	09	30	48	30	1 484	10	44	14	89
	10	30	48	30	1 502	10	44	14	89
	11	30	48	30	1 492	10	44	14	89
	12	30	46	30	1 469	10	44	14	89
	13	30	46	30	1 455	10	43	14	89
	14	30	46	30	1 426	10	42	14	89
	15	30	46	30	1 432	10	42	14	89
	16	30	46	30	1 428	10	42	14	89
	17	30	46	30	1 442	10	42	14	89
	18	30	46	30	1 506	0	0	0	0
	19	30	46	30	1 546	0	0	0	0
	20	30	46	30	1 641	0	0	0	0
	21	30	46	30	1 604	0	0	0	0
	22	30	46	30	1 553	0	0	0	0
	23	20	54	21	800	0	0	0	0
	24	20	54	21	800	0	0	0	0

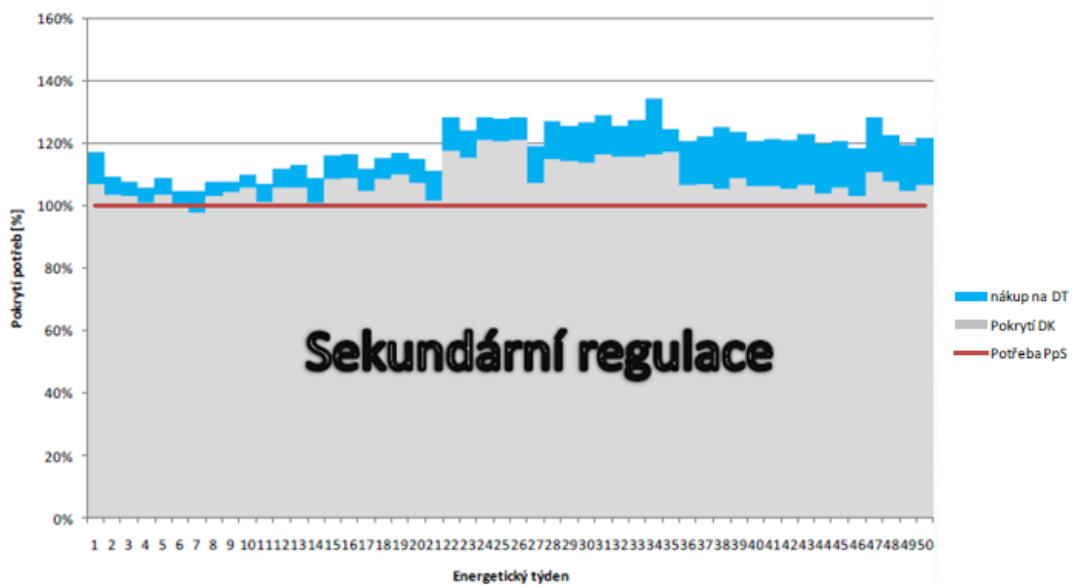
8 DAMAS [12]

Sloupec Pop ZV udává, kolik ČEPS poptává. SUM P_nab udává, kolik přišlo nabídek. SUM P_akc udává, kolik z nich ČEPS přijal. MC_P je cena, za kterou byla nabídka přijata. Tato cena je pouze za rezervaci služby. Běžné ceny za rezervaci jsou uvedené v kapitole 8.2.2.

Pro názornost využití denního trhu přidávám grafy z roku 2010, které zobrazují podíl nakoupených PpS na denním trhu a prostřednictvím dlouhodobých kontraktů. Je patrné, že drtivá většina PpS se obstarává prostřednictvím dlouhodobých kontraktů. Proto se poskytovatel PpS spíše zaměřuje na výběrové řízení než na denní trh.



9 Pokrytí PR [13]



10 Pokrytí SR [13]

7.3.3 Přímá smlouva s poskytovatelem

Poskytovatel dojednává cenu a podmínky smlouvy přímo se společností ČEPS. Nejčastěji se využívá pro nákup SRUQ, schopnosti startu ze tmy a schopnosti ostrovního provozu z důvodu malého počtu poskytovatelů. U schopnosti startu ze tmy poskytovatel dostává pravidelnou měsíční

platbu bez ohledu na využití. Kdežto u poskytování ostrovního provozu pouze za každou hodinu poskytování služby (pouze při aktivaci).

V případě nedostatku PpS při výběrových řízení, mohou být prostřednictvím přímé smlouvy nakupovány i ostatní služby (PR, SR, MZx). [7]

7.4 Vyrovnávací trh (VT)

Poslední možnost poskytovatele regulační energie je vyrovnávací trh. Jedná se o vnitrodenní trh s RE, jenž je uskutečňován po uzavírce krátkodobého trhu s elektřinou. Provozovatelem je OTE, která úzce spolupracuje s ČEPS (jediný odběratel). Jeho hlavní odlišnost spočívá v pevné hodinové hodnotě regulačního výkonu. To znamená, že během celé obchodní hodiny poskytovatel dodává konstantní výkon. Poskytovatel dostane zapláceno za poskytnutí, nikoliv za rezervaci výkonu. Je to jediný způsob přímého nákupu RE.

Pro lepší představu využívání VT udávám hodnoty z Roční zprávy o trhu 2016 od OTE, kde jsou uvedeny celkové hodnoty regulační energie.

- *Kladná RE:* VT: 22 000 MWh PpS: 245 000 MWh
- *Záporná RE:* VT: 40 500 MWh PpS: 335 000 MWh [14]

Lze konstatovat, že vyrovnávací trh se zhruba z 10 % podílí na regulační energii v rámci vnitřního trhu ČR.

7.4.1 Podmínky nabízení na VT

Možnost vložení nabídky na VT umožňuje na základě smlouvy o přístupu na VT operátor trhu. Smlouvu uzavírá se subjektem zúčtování nebo s jiným registrovaným účastníkem trhu s elektrickou energií, který má případnou odchylku převedenou na jiný subjekt zúčtování.

7.4.2 Obchodování na VT

Nabídky jsou podávány zcela anonymně, a to na kladnou nebo zápornou RE na danou obchodní hodinu. Poskytovatel může poslat nabídku od ukončení krátkodobého trhu s elektřinou (na který VT časově navazuje), nejpozději do 30 minut před začátkem dané obchodní hodiny. Platbu za RE platí poskytovateli OTE, který náklad připočítá k vyhodnocení a k zúčtování odchylek.

8 Ekonomické možnosti poskytovatele PpS

V této části bakalářské práce jsem porovnal jednotlivé možnosti provozovatele elektrárny. Vybral jsem si paroplynovou elektrárnu, která se mimo jiné hodí na poskytování regulační energie. Také mi byla doporučena z důvodu velkých plánů těchto elektráren z roků, kdy byla cena silové energie znatelně vyšší než dnes a byla více podporována různými fondy jako nízkoemisní elektrárna. Nyní jsou elektrárny postaveny a zprovozněny. Všeobecně se ví, že provoz pouze na silovou energii se dnes nevyplatí. Proto jsem vypracoval citlivostní analýzy, které pracují s cenou silové energie a s cenou regulační energie. Nebudu v rámci své práce řešit výhodnost investice. Vycházím z nynější situace, že elektrárny již stojí a rozhoduje se co s nimi.

V modelu uvažuji fiktivní PPE s instalovaným výkonem 330 MW. Výkon byl převzat ze studie Image Study Diesel Power Plants [15] z důvodu uvedených variabilních a fixních nákladů vztahených k tomuto výkonu PPE.

8.1 Model paroplynové elektrárny

Paroplynové elektrárny patří dnes mezi nejmodernější elektrárny, které dosahují ve srovnání s uhelnými bloky vyšší tepelné účinnosti a méně zatěžují životní prostředí. V ČR je největší elektrárna tohoto typu v Počeradech, kde je dosavadní výkon 838 MW (rok 2017). Původně se zamýšlelo s větším výkonem, ale kvůli změně politiky Evropské unie (zelená energie) se nakonec plány změnilo. Dnes se její provoz vyplatí pouze jako operativní záloha (poskytovatel PpS). [16]

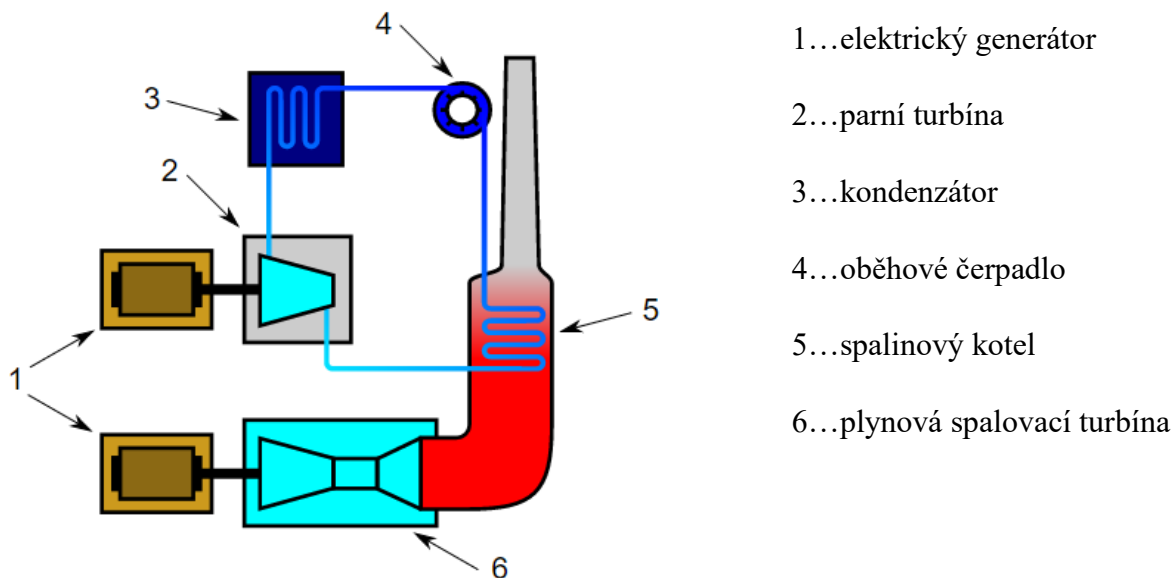
8.1.1 Paroplynové elektrárna

Princip paroplynové elektrárny vychází z dvou tepelných oběhů, parního a plynového. Díky tomu dokáže tato elektrárna pracovat s větší účinností než klasická tepelná elektrárna. Energie zemního plynu se nejprve využije v plynové spalovací turbíně a následně ve spalínovém kotli k výrobě páry, kterou je pak poháněna parní turbína. Proto se označuje paroplynová elektrárna jako kombinovaná elektrárna více zdrojů, generátor poháněný plynovou turbínou a generátor poháněný parní turbínou. V případě již jmenované elektrárny Počerady se jedná o rozložení výkonů 2krát 284 MW plynové a 270 MW parní.

Mezi výhody PPE patří hlavně možnost plynulé a rychlé regulace výkonu. Výkon lze teoreticky regulovat od nuly, přičemž je to ale neekonomické z důvodu velké spotřeby elektrické energie kompresorem na stlačování vzduchu do spalovací komory. Při běžném provozu se PPE hodí na poskytování PR, SR i MZ. Díky velice rychlému náběhu lze také elektrárnu provozovat

pouze jako operativní zálohu pro MZ15+. Tzn. že elektrárna je sice vypnutá (nevyrábí energii), ale je připravená na pokyn dispečera okamžitě začít a naběhnout do 15 minut. Naopak se nehodí pro poskytování služby Schopnost startu ze tmy, z důvodu velké spotřeby energie při rozběhu.

Základní technologické schéma PPE:



11 PPE – schéma – zdroj wikipedia.org

8.1.2 Investiční náklady na vybudování paroplynové elektrárny

Bohužel se mi nepodařilo sehnat reálná data pro potřeby mé kalkulace. Proto použiji hodnoty z „Image Study Diesel Power Plants“ z roku 2010, kde se nachází porovnání nákladů jednotlivých typů elektráren. Použiji pouze fixní a variabilní náklady pro celkový výkon 330 MW. Investiční náklady na vybudování elektrárny převezmu z oficiálních stránek ČEZu, kde se uvádí cena 500 €/kWe. V této ceně je zahrnuta samotná cena stavby (elektrárna, administrativní budovy, nádrže na palivo), poplatky za připojení k síti i certifikace bloků. [15] [16]

Pro zajímavost, ve studii je uvedena investiční cena mnohem vyšší 1244 €/kWe. Studie je z roku 2010, přičemž některé údaje čerpá z publikací z intervalu roků 2004 až 2009. Proto se mi jejich údaj zdá značně vzdálený od dnešní reality. Svou úvahu jsem si ověřil na webových stránkách „www.power-technology.com“, na které se publikují různé studie zabývajícími se moderními elektrárnami. Zde jsou základní informace o nové paroplynové elektrárně v Kolíně nad Rýnem v Německu, kde se investiční náklady více přibližují k částce uvedené na ČEZu.

8.1.3 Náklady paroplynové elektrárny

Image study Diesel Power Plants uvádí fixní náklady na provoz PPE 17,5 €/kWh. To jsou náklady vztaženy k roku, které jsou nezávislé na výrobě elektrické energie. Patří sem hlavně mzdy zaměstnanců, daň z vlastnictví elektrárny, pojištění a další služby nutné k provozování elektrárny.

Variabilní náklady uvádí studie vztažené k hodině 17,8 €/MWh. Toto jsou náklady, které můžeme ovlivnit samotnou výrobou elektrické energie. Mezi ně zahrnuji náklady na pravidelnou údržbu, materiál spotřebovaný během provozu (mazací oleje) a sazbu za vypouštění CO₂. [15]

Výše uvedené náklady se nebudou úplně rovnat dnešní skutečnosti vlivem stáří publikace. Na druhou stranu byla studie vytvořena pro Západní Evropu, kde ceny služeb a mezd bývají v řádech jiné než v ČR. Proto budu předpokládat, že za posledních 7 let se tyto ceny dorovnaly s cenou v ČR.

Nejnáročnější bylo zjistit, jaké jsou náklady na palivo. Žádné veřejně přístupné materiály provozovatelů elektráren ji neuvádějí vyčíslenou. Většinou je zahrnuta v celkových nákladech na provoz, ze kterých nelze přesně určit. Proto jsem byl odkázán na experta v dané problematice, který mi na základě jeho dosavadních zkušeností pomohl odhadnout cenu paliva vztaženou na jednu MWh. Částka je uvedena pouze ve výpočtech, nikoliv veřejně v této publikaci.

Velikost odpisů stanovím pomocí jednotkové investiční ceny za kW a plánované životnosti 30 let. Obě hodnoty uvádí společnost ČEZ na svých webových stránkách.

Všechny ostatní náklady z důvodu zjednodušení modelu zanedbám.

8.2 Jednotlivé bilance pro různé možnosti provozovatele PPE

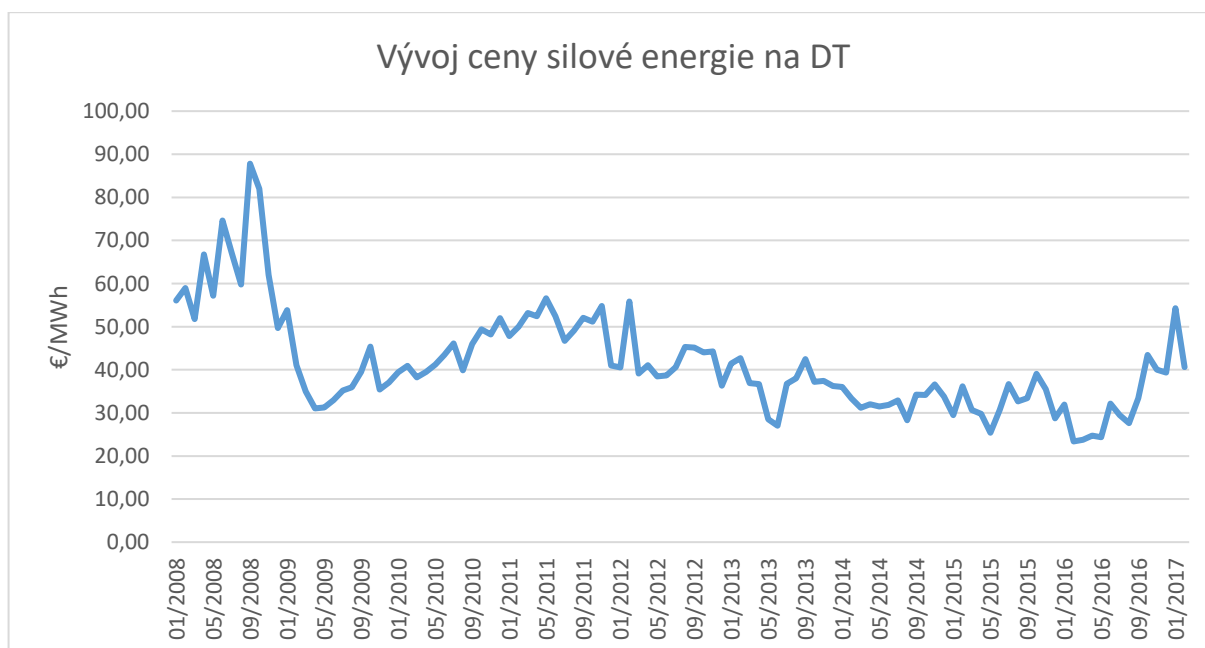
Budu brát v úvahu, že je uvažovaná elektrárna již dostavená a funguje v plném provozu. Nebudu se tedy již zabývat tím, jestli je ekonomicky výhodné investici realizovat. Proto jsem zpracoval pro jednotlivé možnosti provozovatele elektrárny citlivostní analýzy, které ukazují, jaká možnost provozu je ekonomicky nejvýhodnější.

8.2.1 Silová energie

Jako výchozí možnost provozovatele elektrárny budu uvažovat nabízení silové energie. Z důvodu zjednodušení modelu budu počítat s dobou využití maxima 3000 hodin a neberu v úvahu vlastní spotřebu elektrárny.

Aktuální průměrná doba využití maxima u PPE je 2022 hodin (2015). Tuto hodnotu lze získat vydělením celkové dodané energie všech PPE v ČR [MWh] za jeden rok instalovaným výkonem [MW] (hodnoty získané v [17]). Celková dodaná energie PPE je silně ovlivněna nízkou cenou silové energie. Dá se předpokládat, že při vyšších cenách bude využití větší.

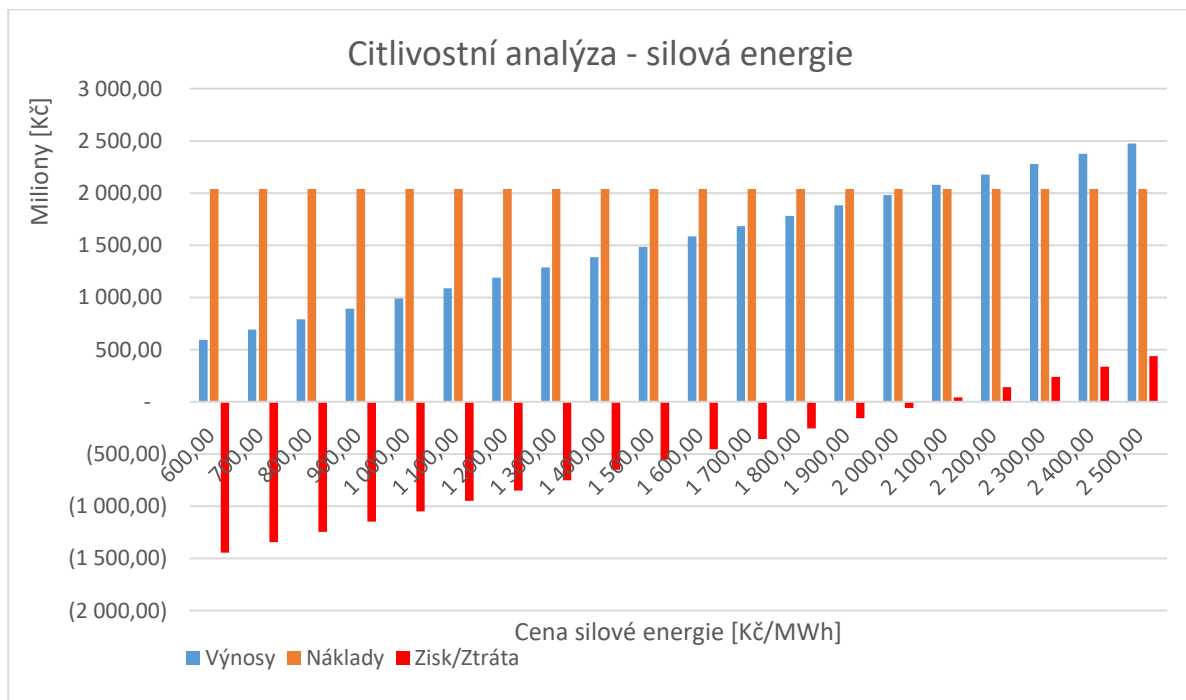
V posledních letech je cena silové energie nestabilní. V době, kdy se začaly stavět v ČR PPE byla cena na tolik vysoká, aby pokryla veškeré náklady na provoz a elektrárna byla zisková. Od té doby cena klesala. Na přelomu roku 2016/2017 šla cena opět nahoru. Pro názornost přidávám graf zachycující vývoj ceny silové energie na denním trhu z hodnot roční zprávy OTE. Použity jsou průměrné ceny v €/KWh.



12 Vývoj ceny silové energie

8.2.1.1 Silová citlivostní analýza

Dnešní cena silové energie na denním trhu (průměrná) se pohybuje kolem 850 Kč (35 €) za MWh. Z analýzy je patrné, že při této ceně se provoz elektrárny nevyplatí (byla by ve ztrátě kolem jedné miliardy Kč). Bod zvratu se nachází při ceně 2058 Kč za MWh. Je tedy patrné, že provoz PPE při dnešní ceně silové elektřiny se nevyplatí. Při studování denního trhu s elektřinou ve veřejných materiálech [14] jsem zjistil, že cena elektřiny v době denních špiček (hlavně mezi 17 až 20 hodinou) běžně dosahuje částky přes 2500 Kč. Proto můžu tvrdit, že PPE by mohla být zisková jako zdroj silové energie k pokrytí denních špiček.



13 Analýza – silová energie

Základní data:

- Instalovaný výkon: 330 MW
- Doba využití maxima: 3000 hodin
- Dodaná energie: 990 000 MWh
- Celkové náklady: 2 038 322 000 Kč

8.2.2 Nabízení PpS

Mnohem častější využití PPE je nabízení PpS, a to hlavně díky schopnosti rychlé změny výkonu elektrárny. V ČR se problematikou nabízení PpS zabývá Kodex přenosové soustavy. Jeho řešerši jsem provedl a popsal v rámci jednotlivých podpůrných služeb v kapitole 5. Na základě získaných informací jsem odhadl maximální možné využití bloku elektrárny na PpS. Také jsem při určování zastoupení mé elektrárny vzal příklad společnosti GAMA INVESTMENT, která

provozuje plynovou elektrárnu v Prostějově pouze pro účel PpS: MZ15+. Její instalovaný výkon je 58 MW. Ta během prvního roku dokázala získat 10% zastoupení v poskytování služby MZ15+. Dnes má 18% podíl. [2]

Posledním podkladem pro určení velikosti PpS jsou statistiky procentuálního zastoupení poskytovatelů jednotlivých služeb PpS dostupné na [2]. Výsledné velikosti nabízených PpS modelem PPE jsou:

PR	10 MW	SR	50 MW	
MZ5+	70 MW	MZ15+	70 MW	MZ15–30 MW

V případě nabízení PpS služeb poskytovatel dostává dvě platby. Jedna za pouhou rezervaci, druhá za poskytnutou regulační energii. Průměrnou cenu za rezervaci jednotlivých služeb lze nalézt na webových stránkách ČEPSu [12]. Cena za rezervaci se vztahuje k jedné hodině.

Uvedené průměrné ceny za rezervaci pro rok 2016:

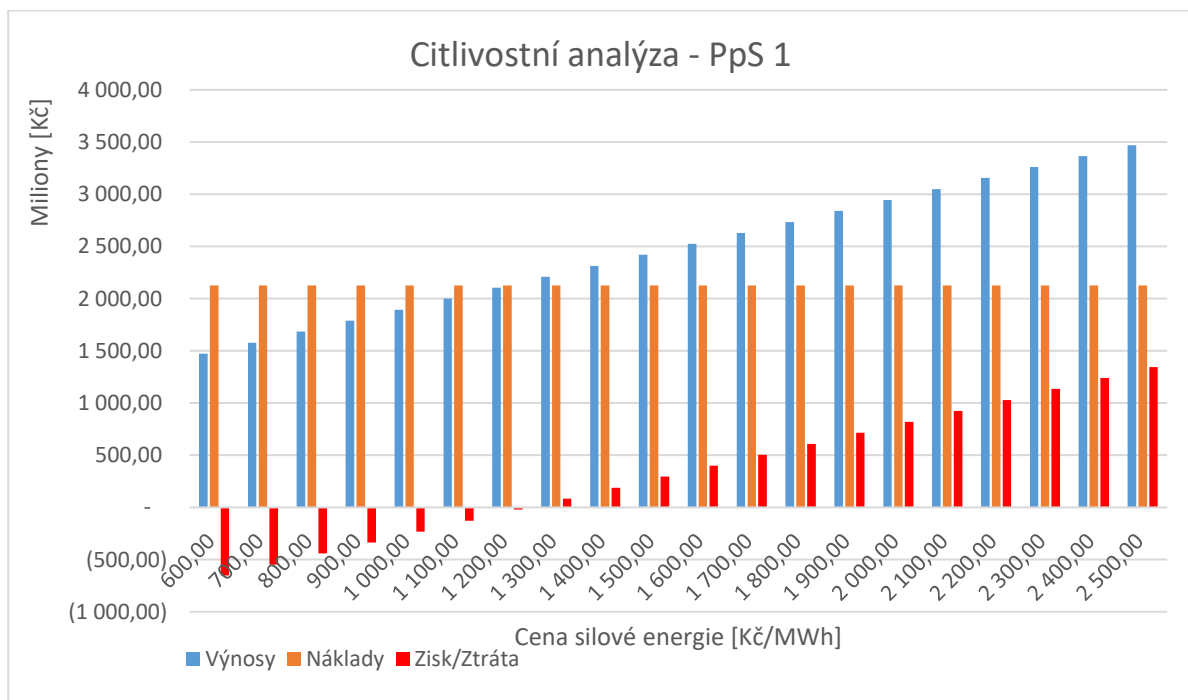
PR	650 Kč/MW	SR	670 Kč/MW	
MZ5+	500 Kč/MW	MZ15+	210 Kč/MW	MZ15–215 Kč/MW

Cena za samotnou regulační energii se liší v závislosti na typu PpS a znaménka RE. PR je zcela automatizovaná a za samotnou regulační energii se nic neplatí. U SR+ je cena dána na 2350 Kč a u SR– na 1 Kč. U MZ platí tržní systém. To znamená, že každý poskytovatel určuje cenu za tuto službu sám. Tuto cenu udává v týdenní přípravě provozu (neveřejná) a také udává, zda je služba plně k dispozici. Cenu pro kalkulaci jsem stanovil z roční zprávy OTE, kde byla uvedena průměrná cena za RE+ 2650 Kč a RE– 11 Kč. Expert z ČEPSu [11] mi tyto ceny potvrdil jako možné. Také mě ale upozornil, že cena za MZ není regulovaná. Proto se může stát, že někdo nabídne 1 MWh za 80 000 Kč. V případě využití této ceny na vyrovnaní bilance by subjektu zúčtování byla celá systémová odchylka vynásobena právě hodnotou 80 000 Kč (výpočet uveden v kapitole 4.3).

Vypracoval jsem dvě citlivostní analýzy PpS. První vychází z předpokladu, že zbytek výkonu, který není rezervovaný na PpS se prodá na denním trhu. Proto analýza PpS 1 bude ukazovat celkový zisk v závislosti na ceně silové energie. Druhá bude pracovat s minimální výrobou silové energie.

8.2.2.1 PpS 1 citlivostní analýza

I když budeme nabízet PpS, tak při dnešní ceně silové energie bude elektrárna ztrátová. Bod zvratu nastává při 1220 Kč/MWh. To je asi o 800 Kč nižší než při nabízení pouze silové energie. Při ceně 2100 Kč/MWh elektrárna bude v zisku 925 milionů Kč. Tento model je značně zidealizovaný. Představa, že by poskytovatel opravdu dostal všechny výše napsané služby je minimálně v prvním roce nabízení nereálné. Dle mého názoru by trh s PpS okamžitě reagoval na příchod nového hráče. Nejpravděpodobněji by šly ceny za rezervace dolů, protože hlavně ty rozhodují při výběru ve výběrovém řízení viz kapitola 7.3. Tím pádem by ziskovost tohoto modelu byla nižší.



14 Analýza – PpS 1

Základní data:

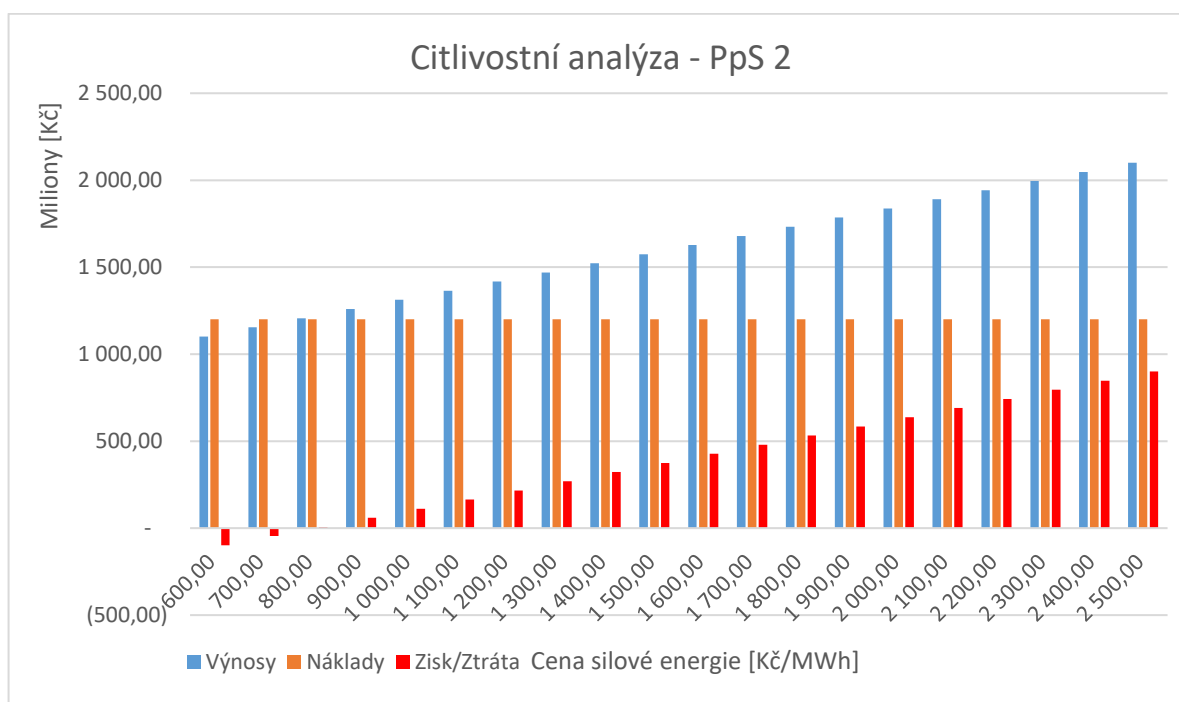
- Instalovaný výkon: 330 MW
- Výkon pouze pro silovou: 120 MW
- Silová energie: 1 051 200 MWh
- Kladná RE: 30 697 MWh
- Záporná RE: 42 262 MWh
- Celkové náklady: 2 125 817 000 Kč

8.2.2.2 PpS 2 citlivostní analýza

Ze silové citlivostní analýzy víme, že prodávat silovou energii při dnešních cenách se nevyplatí. Proto je výhodné udržovat elektrárnu na nejmenším možném výkonu. Ten byl určen tak, aby bylo dostatek záporné regulační energie (bylo možné snížit výkon pro všechny potřebné PpS). Z důvodu co nejmenšího trvalého výkonu elektrárna nebude nabízet službu MZ15–.

Bod zvratu se posunul na 787 Kč/MWh. To je o 430 Kč níže než u předchozí PpS 1. Při ceně 2100 Kč/MWh bude generován zisk 690 milionů což je znatelně méně než v předchozí analýze. Naopak při ceně 1300 Kč/MWh bude elektrárna zisková v částce 269 milionů.

Z těchto informací lze říct, že cena silové energie výrazně ovlivňuje celkový zisk elektrárny, i když její prodej není prioritní. Proto provozovatel elektrárny by měl být velice flexibilní a v případě výrazné změny ceny silové energie zasahovat. Rozdíl při dvou téměř stejných modelech při ceně 2100 Kč/MWh byl 235 milionů Kč.



15 Analýza – PpS 2

Základní data:

- Výkon pouze pro silovou: 60 MW
- Silová energie: 525 600 MWh
- Záporná RE: 41 775 MWh
- Celkové náklady: 1 233 138 000 Kč

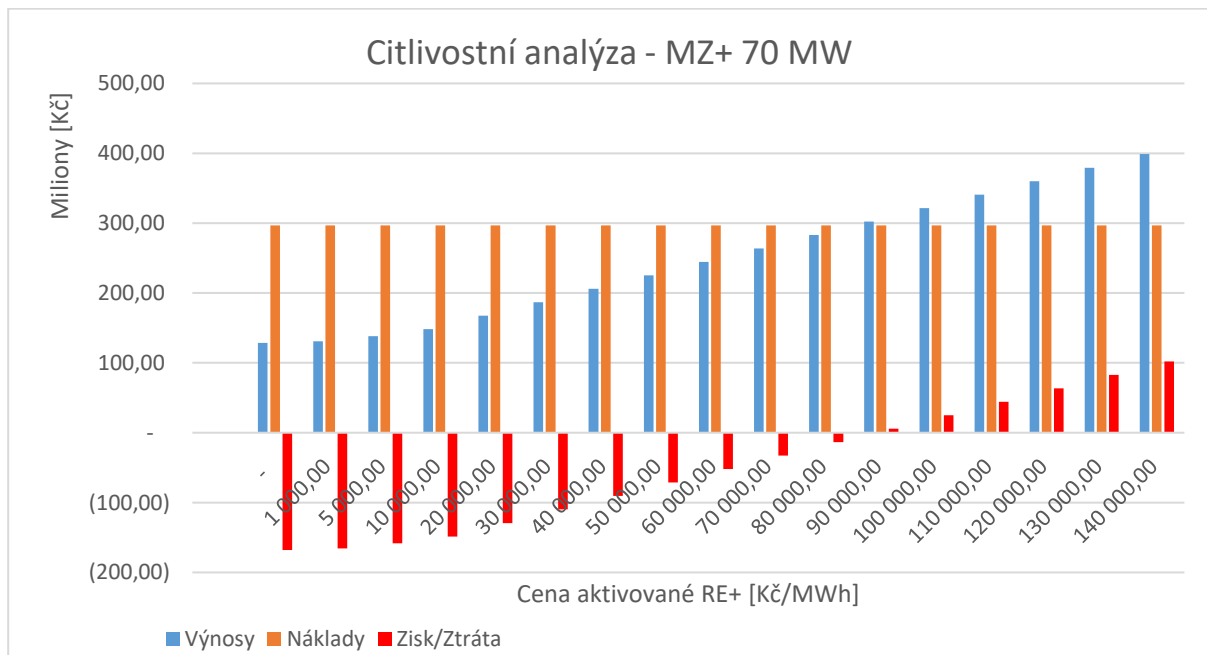
8.2.3 Nabízení pouze MZ+

Pro maximalizaci zisku je tedy výhodné, aby elektrárna vůbec nenabízela silovou energii při dnešní ceně. Z toho důvodu je další možnost nabízet pouze kladné minutové zálohy, při kterých není nutný trvalý provoz elektrárny. Aktivace těchto PpS je zajištěna rychlostní rozběhu PPE. Elektrárna bude fungovat pouze jako zdroj kladné regulační energie. V tomto režimu dnes pracuje elektrárna společnosti Gama Investment. Dle kodexu je zde ale omezení výkonu na jeden blok ve výši 70 MW.

8.2.3.1 MZ15+ při 70 MW

První možnost bude předpokládat, že elektrárna bude mít 18% zastoupení v rámci poskytování MZ15+. Z důvodu zjednodušení beru v úvahu, že vždy bude vybrána k poskytování regulační energie (tzn. že operátor nevyloučí elektrárnu například z důvodu vysoké ceny za regulační energii).

Bod zvratu je při této možnosti 87 000 Kč/MWh. Z praxe dle experta vím (kapitola 8.2.2), že takové hodnoty se opravdu někdy objevují. Ale téměř nikdy při této ceně nebyly využity z důvodu vysoké zúčtovací ceny. U tohoto modelu je tato cena způsobena vysokým možným výkonem elektrárny, který má vysoké fixní náklady. Tato možnost nabízení se spíše hodí pro malé elektrárny, jako například již zmíněná elektrárna společnosti Gama Investment. Její elektrárna má výkon 58 MW, přičemž dnes téměř celý výkon nabízí jako MZ15+.

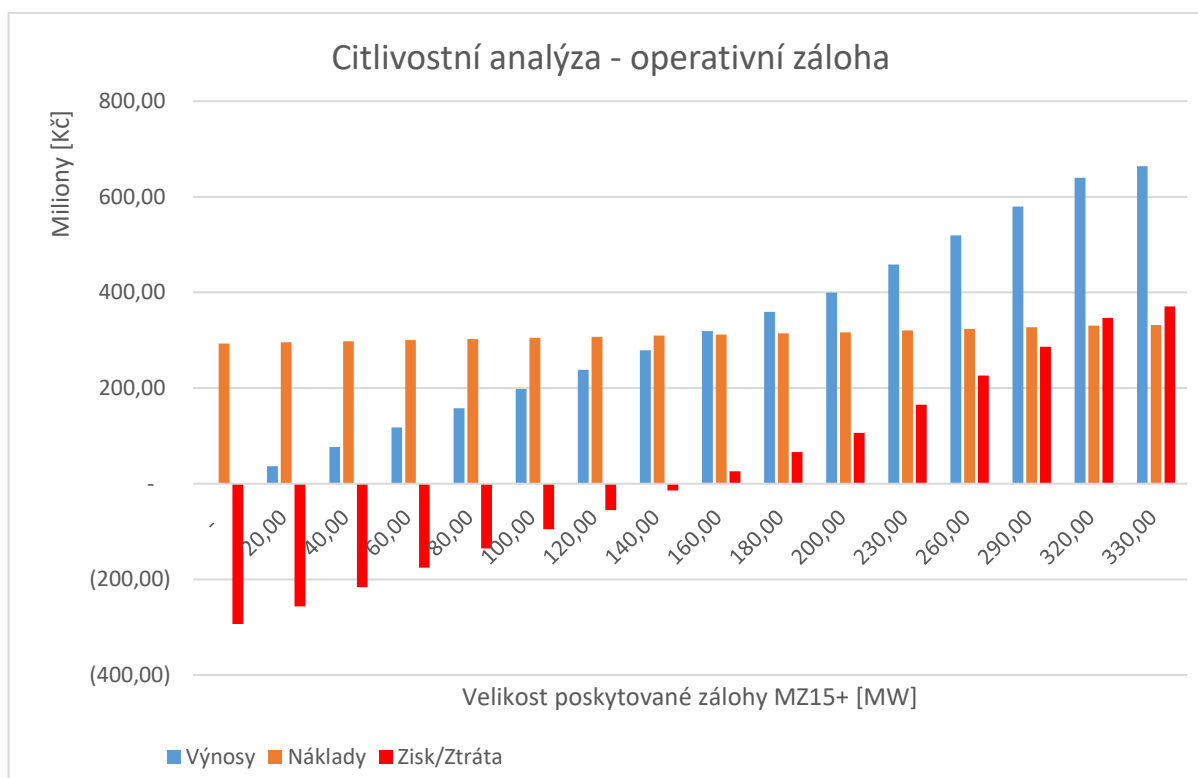


16 Analýza – MZ15+ 70MW

8.2.3.2 MZ15+ jako velká operativní záloha

Budeme předpokládat, že v blízké budoucnosti bude několikrát do roka potřeba velká operativní záloha (viz vyjádření experta v kapitole 7.2). Paroplynová elektrárna se pro tento účel hodí nejlépe. Budu předpokládat, že celková spotřeba RE+ z minutových záloh bude stejná jako dnes při ceně 2600 Kč/MWh. Cenu rezervace převezme také z dnešní situace 210 Kč/MW. Citlivostní analýza ukazuje, při jaké zarezervované velikosti lze tuto elektrárnu provozovat se ziskem. Abych určil velikost aktivované RE+, postupoval jsem jako v předchozích analýzách pomocí procentuálního podílu celkové RE+ z minutových záloh. Největší výnosy plynou z rezervace, nikoliv z aktivace RE.

Bod zvratu se nachází při poskytování 160 MW MZ15+. Při poskytování 200 MW by elektrárna generovala zisk 106 milionů a při poskytování plného výkonu 330 MW by byl zisk 370 milionů. Histogram systémové výkonové odchylky (viz kapitola 7.2) ukazuje výskyty až 1000 MW, i když při nízké četnosti. Proto je do budoucna dle mého názoru reálné poskytovat takto velké operativní zálohy prostřednictvím přímých smluv s poskytovatelem PpS.



17 Analýza – operativní záloha

9 Závěr

Regulační energie má značnou úlohu v zajištění bezpečného a spolehlivého provozu v elektroenergetické přenosové soustavě. Potřebujeme ji při vzniku nerovnováhy mezi zatížením a výkonem v energetické soustavě. Příčinou nerovnováhy může být například neočekávaný výpadek bloku elektrárny nebo nedodržení nasmlouvaných hodnot některého ze subjektů zúčtování. Hlavně na dodržování nasmlouvaných hodnot dohlíží operátor trhu s elektrickou energií OTE, který případné odchylky zaznamenává a vyhodnocuje pro jednotlivé subjekty zúčtování. O samotné energetické vyrovnání výkonové bilance se stará ČEPS. Ten pomocí regulační energie (například ve formě podpůrných služeb) vyrovnává odchylku mezi aktuálním zatížením a výkonem.

Podpůrné služby zařazujeme do jednotlivých kategorií na základě jejich vlastností. Základní dvě jsou primární a sekundární regulace výkonu. Jejich aktivace probíhá automaticky v řádech několika sekund. Další významnou kategorií jsou minutové zálohy, které musí aktivovat dispečer. Dělíme je podle rychlosti náběhu výkonu na pětiminutové a patnáctiminutové zálohy. Poskytovatel těchto kategorií PpS dostává dvě platby. Jednu za pouhou rezervaci služby a druhou za aktivaci služby. Mezi PpS také řadíme služby, které se aktivují v případě poruchy soustavy, jako je například Schopnost ostrovního provozu. Při úplném blackoutu se pro obnovení provozu používá služba Start ze tmy. Většinu PpS ČEPS nakupuje prostřednictvím dlouhodobých kontraktů.

Mezi další zdroje regulační energie patří nákup energie na vyrovnávacím trhu a denním trhu s PpS. Tyto trhy se podílejí asi z 10 % celkové potřeby regulační energie. Hlavní rozdíl pro poskytovatele této regulační energie spočívá v nejistotě úspěchu na trhu a nestálosti cen. Poslední možnost získání regulační energie je zahraničí v rámci havarijní výpomoci nebo prostřednictvím smluv.

Každý provozovatel elektrárny může v ČR nabízet po splnění podmínek dané Kodexem přenosové soustavy podpůrné služby. Obzvláště výhodné je nabízet PpS prostřednictvím dlouhodobých kontraktů. Abych názorně ukázal, jak se poskytování PpS projeví na zisku elektrárny, vytvořil jsem model paroplynové elektrárny o výkonu 330 MW. Na základě získaných dat jsem udělal citlivostní analýzy ukazující zisk nebo ztrátu elektrárny.

Dnes se všeobecně ví, že provozovat PPE elektrárnu pouze na silovou energii je nevýhodné. To jsem dokázal na základě první silové citlivostní analýzy. Při dnešní ceně elektřiny (800 Kč/MWh) by byla ve velké ztrátě. Ale naopak, kdyby se ceny silové energie vrátili k roku 2008 (2100 Kč/MWh), kdy se plánovaly výstavby dnešních PPE, byla by v zisku.

Nabízení PpS prostřednictvím dlouhodobých kontraktů je při dnešních cenách silové energie velice výhodné. Hlavně pro zdroj, který má vysoké variabilní náklady jako PPE. Provozovatel dostává fixní platby za rezervaci, i když elektrárna nedodá žádnou energii. Při dodání regulační energie provozovatel dostane další platbu. V případě poskytování minutových záloh si cenu za aktivovanou energii určuje sám poskytovatel PpS, jejíž cena není regulovaná. Z vypracovaných citlivostních analýz pro PpS vyplývá, že při poskytování většího spektra PpS (PR, SR, MZ) je celkový zisk elektrárny závislý na ceně silové energie. Zjednodušeně lze říct, že při nižších cenách silové energie se vyplatí poskytovat více PpS a při vyšších cenách silové energie naopak méně PpS.

Poslední dvě analýzy byly zpracovány pouze pro případ poskytování PpS z nuly. To znamená, že elektrárna je vypnutá (nevyrábí energii), ale na pokyn dispečera je schopná rychle najet na potřebný výkon. Jedná se hlavně o službu patnáctiminutové zálohy. V případě omezení velikosti poskytovaného výkonu Kodexem přenosové soustavy se u mého modelu nabízení MZ15+ nevyplatí. V případě vytvoření individuální smlouvy s ČEPSem na poskytování velké operativní zálohy je elektrárna v zisku již při poskytnutí poloviny možného výkonu elektrárny.

Z výše popsaných informací je tedy patrné, že poskytování PpS je dnes pro provozovatele snadno regulovatelných elektráren výhodné. Dokonce se dnes na území ČR objevují elektrárny, které poskytují pouze PpS (Gama investment Prostějov). Z důvodů podpory ekologických, decentralizovaných a nestabilních zdrojů elektrické energie (slunce, vítr) je téměř jisté, že PpS budou v následujících letech potřeba. Ale i velké centralizované zdroje (Temelín) nahrávají poskytovatelům PpS. Při výpadku bloku takto velké elektrárny musí být dostatečné množství PpS pro pokrytí způsobené odchylky.

10 Použitá literatura

- [1] E15.cz, „Na zatmění Slunce se připraví ČEPS i obchodníci s elektřinou,“ Březen 2015. [Online]. Available: <http://zpravy.e15.cz/byznys/prumysl-a-energetika/na-zatmeni-slunce-se-pripravi-ceps-i-obchodnici-s-elektrinou-1170523>.
- [2] ČEPS a.s., „Podpůrné služby,“ Prosinec 2016. [Online]. Available: <http://www.ceps.cz/CZE/Cinnost/Podpurne-sluzby/Stranky/default.aspx>.
- [3] P. Pracovníci dispečinku, Interviewee, *Elektrárna Chvaletice*. [Interview]. Březen 2017.
- [4] Kurzy.cz, „Elektřina,“ Prosinec 2016. [Online]. Available: <http://www.kurzy.cz/komodity/cena-elektriny-graf-vyvoje-ceny/>.
- [5] OTE a.s., „Odchyška - elektřina,“ Prosinec 2016. [Online]. Available: http://www.ote-cr.cz/statistika/odchylky-elektrina/page_report_05_09_12.
- [6] OTE a.s., Roční zpráva o trhu s elektřinou a plynem v roce 2015, 2016.
- [7] ČEPS a.s., Kodex přenosové soustavy část II., 2016.
- [8] ČEPS a.s., Dohoda o podmínkách nákupu a poskytování podpůrných služeb v letech 2016 až 2018, 2015.
- [9] ČEPS a.s., Roční příprava provozu 2017, 2016.
- [10] ČEPS a.s., Podmínky výběrového řízení na dílčí obstarání PpS 01/2016, 2015.
- [11] J. Hitschfel, Interviewee, *ČEPS a. s.*. [Interview]. Duben 2017.
- [12] ČEPS a.s., „Jak se obstarávají PpS,“ duben 2017. [Online]. Available: <http://www.ceps.cz/CZE/Data/Jak-seobstaravaji-PpS/Stranky/default.aspx>.
- [13] ČEPS a.s.; Ing. R. Kabele, Trhy s podpůrnými službami, 2010.
- [14] OTE a.s., Roční zpráva o trhu 2016, 2016.
- [15] KPMG, MAN Diesel & Turbo SE, Image Study Diesel Power Plants, 2010.

- [16] ČEZ a.s., „Paroplynové elektrárny,“ duben 2017. [Online]. Available: <https://www.cez.cz/cs/vyroba-elektriny/paroplynove-elektrarny.html>.
- [17] Energetický regulační úřad, Roční zpráva provoz ES 2015.
- [18] D. Lašová, Jak funguje trh s elektřinou, 2015.
- [19] OTE a.s., „Základní údaje,“ Prosinec 2016. [Online]. Available: <http://www.ote-cr.cz/o-spolecnosti/zakladni-udaje>.
- [20] ČEPS a.s., „Systémové služby,“ Prosinec 2016. [Online]. Available: <http://www.ceps.cz/CZE/Cinnosti/Systemove-sluzby/Stranky/default.aspx>.
- [21] ČEPS a.s., Roční příprava provozu 2016, 2015.
- [22] ČEPS a.s., M. Prokop, Operativní řízení přenosové soustavy, 2011.
- [23] ČEPS a.s., Kodex přenosové soustavy část III., 2016.
- [24] ČEPS a.s., Kodex přenosové soustavy část I., 2016.
- [25] V. v. ČR, 408/2015 Sb. o Pravidlech trhu s elektřinou, 2015.

11 Seznam obrázků a grafů

1 Regulační energie [2].....	11
2 Výroba FVE [3].....	12
3 Regulační energie [2].....	13
4 Regulační energie – vývoj [6]	14
5 Cena odchylky [6]	16
6 Elektrárenský blok [7]	20
7 Histogramy systémové výkonové odchylky [9]	26
8 DAMAS [12]	28
9 Pokrytí PR [13].....	29
10 Pokrytí SR [13].....	29
11 PPE – schéma – zdroj wikipedia.org	32
12 Vývoj ceny silové energie	34
13 Analýza – silová energie.....	35
14 Analýza – PpS 1	37
15 Analýza – PpS 2	38
16 Analýza – MZ15+ 70MW	39
17 Analýza – operativní záloha	40

12 Seznam příloh

1. Potřeby PpS pro rok 2017
2. Seznam subjektů nabízející PpS prostřednictvím dlouhodobých kontraktů a jejich poměrné zastoupení pro rok 2016
3. Elektronická příloha ve formátu MS Excel – Model, výpočty, citlivostní analýzy:
Analyza_regulacni_energie_model.xlsx

Příloha číslo 1: Potřeby PpS pro rok 2017 [9]

Potřeby PpS pro rok: 2017

KT	AFR=automatická regulace					MFR=manuální regulace								
	PR	SR				MZ5	MZ15+				MZ15-			
	VP	PD	PN	ND	NN	VP	PD	PN	ND	NN	PD	PN	ND	NN
1	80	360	320	350	320	505	330	270	310	260	240	220	260	230
2	80	360	320	350	320	505	330	270	310	260	240	220	260	230
3	80	360	320	350	320	505	330	270	310	260	240	220	260	230
4	80	360	320	350	320	505	330	260	310	250	240	220	260	230
5	80	360	320	350	320	505	330	260	310	250	240	220	260	230
6	80	360	320	350	320	505	330	260	310	250	240	220	280	240
7	80	360	320	350	320	505	330	260	310	250	240	220	280	240
8	80	360	320	350	320	505	330	260	310	250	240	220	280	240
9	80	360	320	350	320	505	340	270	310	260	240	230	280	240
10	80	360	320	340	320	505	340	270	320	260	250	230	280	240
11	80	360	320	340	320	505	340	270	320	260	250	230	280	240
12	80	360	320	340	320	505	340	270	320	260	250	230	280	240
13	80	360	320	340	320	505	340	270	320	260	250	230	280	240
14	80	350	320	340	320	505	340	270	320	260	250	230	280	240
15	80	350	320	340	320	505	340	270	320	260	250	230	280	220
16	80	350	320	340	300	505	340	270	320	260	250	230	280	220
17	80	350	320	340	300	505	340	260	320	250	250	220	280	220
18	80	350	320	340	300	505	340	260	320	250	250	220	280	220
19	80	350	320	340	300	505	340	260	310	250	250	220	280	220
20	80	350	320	340	300	505	340	260	310	250	250	220	270	220
21	80	340	320	340	300	505	330	260	310	250	250	220	270	220
22	80	340	300	330	300	505	330	260	310	250	250	210	270	220
23	80	340	300	330	300	505	330	260	310	250	250	210	270	220
24	80	340	300	330	300	505	330	260	310	250	250	210	270	220
25	80	340	300	330	300	505	330	260	310	250	250	210	270	220
26	80	340	300	330	300	505	330	260	310	250	250	210	270	220
27	80	340	300	330	300	505	330	260	310	250	250	210	270	220
28	80	340	300	330	300	505	330	260	310	250	250	210	270	220
29	80	340	300	330	300	505	330	260	310	250	250	210	270	220
30	80	340	300	330	300	505	330	260	310	250	250	210	270	220
31	80	340	300	330	300	505	330	260	310	250	250	210	270	220
32	80	340	300	330	300	505	330	260	310	250	250	210	270	220
33	80	340	300	330	300	505	330	260	310	250	250	210	270	220
34	80	340	300	330	300	505	330	260	310	250	250	210	270	220
35	80	340	300	330	300	505	330	260	310	250	240	210	270	220
36	80	340	300	330	300	505	330	260	310	250	240	210	270	220
37	80	350	320	330	320	505	340	260	320	250	240	220	270	220
38	80	350	320	330	320	505	340	270	320	260	240	220	270	220
39	80	350	320	330	320	505	340	270	320	260	240	220	270	220
40	80	350	320	330	320	505	340	270	320	260	240	220	270	220
41	80	350	320	350	320	505	340	270	320	260	240	220	260	220
42	80	350	320	350	320	505	340	270	320	260	240	220	260	220
43	80	350	320	350	320	505	340	270	320	260	240	220	260	220
44	80	360	320	350	320	505	340	270	320	260	240	220	260	220
45	80	360	320	350	320	505	330	270	310	260	240	220	260	220
46	80	360	320	350	320	505	330	260	310	250	240	220	260	220
47	80	360	320	350	320	505	330	260	310	250	240	220	260	220
48	80	360	320	350	320	505	330	260	310	250	240	220	260	220
49	80	360	320	350	320	505	330	260	310	250	240	220	260	220
50	80	360	320	350	320	505	330	260	310	250	240	220	260	220
51	80	360	320	350	320	505	330	260	310	250	240	220	260	220
52	80	360	320	350	320	505	330	270	310	260	240	220	260	220

PD= pracovní den, PN=pracovní noc, ND=nepracovní den, NN=nepracovní noc
 VP= všechna pásma, tj. platí pro všechna pásma PD,PN,ND a NN
 KT= kalendářní týden

Příloha číslo 2: Seznam subjektů nabízející PpS prostřednictvím dlouhodobých kontraktů a jejich poměrné zastoupení pro rok 2016 [12]

Alpiq Generation (CZ)	13,88 %
Teplárny Brno	2,93 %
C-Energy Bohemia.....	3,04 %
ČEZ.....	33,52 %
Elektrárna Dětmarovice	5,24 %
Energotrans	0,97 %
Sev.en EC.....	3,66 %
Elektrárny Opatovice	3,02 %
Elektrárna Počeradý	1,64 %
Gama Investment	2,77 %
Teplárna Kyjov	1,12 %
Plzeňská energetika.....	5,58 %
Plzeňská teplárenská	2,09 %
Sokolovská uhelná	8,84 %
Tamero Invest	1,51 %
Teplárna Otrokovice	1,49 %
United Energy	2,85 %
Veolia Energie ČR	0,97 %
Veolia Energie Kolín	0,83 %
Výroba a prodej tepla Příbram.....	0,75 %