

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

---

Fakulta elektrotechnická

Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd

---

# Optimalizace odběrového diagramu s využitím decentralizovaných zdrojů elektřiny

---

*Diplomová práce*

**Bc. Michal Vodňanský**

Studijní program: Elektrotechnika, energetika a management

Studijní obor: Ekonomika a řízení energetiky

Vedoucí práce: Ing. Lubomír Křivánek



### **Čestné 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.

V Praze dne .....



## **Poděkování**

Rád bych poděkoval Ing. Lubomíru Křivánkovi za jeho vedení, čas, připomínky a cenné rady, které mi pomohly při vypracování diplomové práce.



## I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Vodňanský** Jméno: **Michal** Osobní číslo: **420104**  
Fakulta/ústav: **Fakulta elektrotechnická**  
Zadávající katedra/ústav: **Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd**  
Studijní program: **Elektrotechnika, energetika a management**  
Studijní obor: **Ekonomika a řízení energetiky**

## II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

**Optimalizace odběrového diagramu s využitím decentralizovaných zdrojů elektřiny**

Název diplomové práce anglicky:

**Optimization of sampling diagrams using decentralized sources of electric energy**

Pokyny pro vypracování:

1. Popište současnou situaci využívání vybraných zdrojů elektřiny s instalovaným výkonem do 1 MW
2. Navrhněte výpočtový model zařízení pro optimalizaci nákladové struktury z pohledu konečného uživatele
3. Proveďte analýzu potenciálních skupin zákazníků a možnosti uplatnění navrhovaného řešení
4. Proveďte technické a ekonomické vyhodnocení jednotlivých zařízení

Seznam doporučené literatury:

Igor Chemišinec: Obchod s elektřinou, vydavatel: CONTE spol. s r.o., Vytlačeno s podporou ČEPS, a.s. a OTE, a.s., ISBN 978-80-254-6695-7  
Úvod do liberalizované energetiky, Trh s elektřinou, kolektiv autorů, Druhé aktualizované vydání, Asociace energetických manažerů, Praha 2016, ISBN 978-80-260-9212-4

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:

**Ing. Lubomír Křivánek, E.ON Distribuce, a.s.**

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

Datum zadání diplomové práce: **29.01.2018**

Termín odevzdání diplomové práce: **25.05.2018**

Platnost zadání diplomové práce: **30.09.2019**

Ing. Lubomír Křivánek  
podpis vedoucí(ho) práce

podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Ing. Pavel Ripka, CSc.  
podpis děkana(ky)

## III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

\_\_\_\_\_ Datum převzetí zadání

\_\_\_\_\_ Podpis studenta





## Anotace

Tato práce se zabývá možností používat záložní zdroj elektrické energie k optimalizaci odběrového diagramu konečného zákazníka. Je zde popsána situace v energetickém prostředí České republiky kvůli pochopení skutečností ovlivňujících toto řešení. Pro ekonomické hodnocení byl vytvořen výpočetní model, který simuluje činnost zdroje a vypočítá finanční úsporu, kterou je zákazník ušetřit za rok provozu. Výsledkem je potom aplikace tohoto modelu na reálné odběrové diagramy a doporučení plynoucí z výsledků výpočtu pro použití v praxi.

## Klíčová slova

Odběrový diagram, rezervovaná kapacita,  $\frac{1}{4}$  hodinové maximum, dieselgenerátor

## Annotation

The topic of this thesis is the possibility to use a backup generator to optimize the sampling diagram of customers. The situation on Czech energy market is described here to understand crucial facts that affect this solution. For economic evaluation of this project a computational model was created, to simulate the operation of energy source and compute the amount of money a customer can save during a year. The result of this thesis is then the application of this model to real life sampling diagrams and the recommendations for real life application based on the results.

## Key words

Sampling diagram, reserved capacity,  $\frac{1}{4}$  hour maximum, diesel generator



## Seznam použitých symbolů a zkratek

MW	- megawatt
kW	- kilowatt
kV	- kilovolt
kVA	- kilovoltampér
kWh	- kilowatthodina
MWh	- megawatthodina
Hz	- Hertz
ERÚ	- Energetický regulační úřad
OTE	- Operátor trhu s elektřinou
MPO	- Ministerstvo průmyslu a obchodu
DS	- distribuční síť
PDS	- provozovatel distribuční sítě
PPDS	- pravidla provozování distribuční sítě
LDS	- lokální distribuční síť
PLDS	- provozovatel lokální distribuční sítě
PS	- přenosová soustava
PPS	- provozovatel přenosové soustavy
PPPS	- pravidla provozování přenosové soustavy
ECE	- E.ON Energie, a.s.
ECD	- E.ON Distribuce, a.s.
ECZR	- E.ON Česká republika, a.s.
ČR	- Česká republika
EU	- Evropská unie
ES	- elektrická soustava
Sys	- systémové služby

PpS - podpůrné služby  
PR - primární regulace  
SR - sekundární regulace  
MZt - minutová záloha  
SV - snížení výkonu  
SRUQ - Sekundární regulace napětí a jalových výkonů  
OP - ostrovní provoz  
BS - start ze tmy  
VT - vyrovnávací trh  
nn - nízké napětí  
vn - vysoké napětí  
vvn - velmi vysoké napětí  
UPS - nepřerušitelný zdroj napětí (uninterruptible power source)  
ATS - automatický rozvaděč (automatic transfer switch)  
l - litr  
ESP - pohotovostní režim (emergency standby power)  
PVE - přečerpávací vodní elektrárna  
PNE - podnikové normy energetiky  
ČSN - české technické normy  
P - výkon  
T - čas  
RK - rezervovaná kapacita  
RP - rezervovaný příkon  
CF - cash flow  
DCF - diskontovaný cash flow  
NPV - současná čistá hodnota

IRR - vnitřní výnosové procento

## Obsah

Seznam použitých symbolů a zkratk	11
Úvod	17
1. Využívání zdrojů elektřiny do 1 MW	18
1.1. Nejdůležitější pojmy	18
1.2. Regulované činnosti v energetice	18
1.2.1. Liberalizace trhu	19
1.3. Licence	20
1.3.1. Energetický regulační úřad	21
1.4. Připojení výroby do LDS	22
1.4.1. Podmínky připojení	22
1.4.2. Model připojení	22
1.5. Účastníci trhu	23
1.5.1. Výrobci elektřiny	23
1.5.2. Provozovatel přenosové soustavy	24
1.5.3. Provozovatelé distribučních soustav	25
1.5.4. Obchodníci s elektřinou	26
1.5.5. Koneční zákazníci	27
1.5.6. Subjekty zúčtování	28
1.5.7. OTE	29
1.6. Vztahy mezi účastníky	30
1.6.1. Model trhu	30
1.6.2. Smlouvy mezi účastníky	32
1.7. Dostupné zdroje do 1 MW	33
1.7.1. Diesel	33
1.7.2. Akumulátor	39
1.7.3. Setrvačnický	42
2. Další využití decentralizovaných zdrojů	45
2.1. Záložní zdroje	45
2.1.1. Základní dělení záložních zdrojů elektrického napájení	45
2.1.2. Druhy nouzového elektrického napájení	45

2.1.3.	Stupně důležitosti spotřeby .....	47
2.1.4.	Normy pro záložní zdroje elektrické energie .....	47
2.2.	Podpůrné služby .....	48
2.2.1.	Obchodní zajištění PpS .....	49
2.2.2.	Typy podpůrných služeb.....	49
2.3.	Legislativa .....	52
2.3.1.	Fiktivní výroba .....	52
3.	Analýza potenciálních skupin zákazníků a možnosti uplatnění navrhovaného řešení	54
3.1.	Vyhlazování diagramu spotřeby .....	54
3.1.1.	Cíl projektu .....	54
3.1.2.	Princip regulace .....	56
3.2.	Analýza diagramů .....	58
3.2.1.	Diagram 1 - Hypermarket .....	58
3.2.2.	Diagram 2 – Výrobní závod .....	59
4.	Popis výpočetního modelu.....	61
4.1.	Vstupní hodnoty .....	61
4.2.	Zdrojová data.....	61
4.3.	Výpočet platby zákazníka .....	63
4.3.1.	Před optimalizací .....	63
4.3.2.	Po optimalizaci .....	64
4.4.	Výpočetní model.....	64
4.5.	Výstupy modelu .....	66
4.6.	Statistické šetření .....	67
4.6.1.	Výsledky diagramu 1 - hypermarket .....	68
4.6.2.	Výsledky diagramu 2 – výrobní závod .....	69
4.7.	Investiční model.....	71
4.7.1.	Diagram 1 - Hypermarket .....	71
4.7.2.	Diagram 2 – výrobní závod .....	73
5.	Závěr.....	75
6.	Seznam použité literatury .....	77
7.	Seznam obrázků, grafů a tabulek.....	78
7.1.	Obrázky .....	78

7.2. Grafy .....	78
7.3. Tabulky.....	79



# Úvod

Tato práce se zabývá projektem, na kterém momentálně pracuji ve společnosti E.ON Distribuce, a.s., který se věnuje optimalizaci odběrového diagramu zákazníků jejich společnosti. Princip tohoto řešení vysvětluji ve větším detailu v kapitole 3, ale ve zkratce se jedná o použití zdroje (dieselgenerátoru) v paralelním provozu se sítí k „řezání“ špiček v odběrovém diagramu u konečného zákazníka a z toho plynoucích finančních benefitů.

Z technického pohledu je připojení výrobního zdroje poměrně jednoduchá úloha. Nicméně dle mého názoru je bez podrobné znalosti podmínek a legislativy, ve kterých chceme tento projekt realizovat, zcela nemožné nalézt ekonomicky funkční provozní model. Vybral jsem proto nejdůležitější části Energetického zákona a příslušných vyhlášek, které se projektu přímo týkají, a vysvětluji, co pro tento projekt znamenají. Dále jsem se také věnoval účastníkům trhu, kteří se na projektu přímo podílejí, nebo ho zásadním způsobem ovlivňují.

Ve výpočetní části jsem sestrojil model, který počítá roční úsporu konečného zákazníka během jednoho roku využívání této optimalizace. Model pracuje s daty z odběrového diagramu, simuluje provoz zdroje a počítá všechny náklady a výdaje spojené s provozováním dieselu, včetně palivových nákladů a placených penále za překročenou kapacitu.

Tento model jsem dále aplikoval na dva reálné odběrové diagramy. Cílem je definovat ty skupiny zákazníků (resp. odběrových diagramů), kterým se vyplatí tuto optimalizaci využívat, a kterým nikoliv.

Hlavním výstupem této práce je ekonomické a technické zhodnocení finanční náročnosti a proveditelnosti projektu v reálném prostředí.

# 1. Využívání zdrojů elektřiny do 1 MW

## 1.1. Nejdůležitější pojmy

- Odběrné místo, které je připojeno k přenosové nebo k distribuční soustavě a kde je instalováno odběrné elektrické zařízení jednoho zákazníka, včetně měřících transformátorů, do něhož se uskutečňuje dodávka elektřiny
- Odchylka je součet rozdílů skutečných a sjednaných dodávek nebo odběrů elektřiny v daném časovém úseku
- Subjektem zúčtování je fyzická nebo právnická osoba, pro kterou operátor trhu na základě smlouvy o zúčtování odchylek provádí vyhodnocení, zúčtování a vypořádání odchylek
- Zákazníkem je fyzická nebo právnická osoba, která nakupuje elektřinu pro své vlastní konečné užití v odběrném místě
- Službou distribuční soustavy je zajišťování distribuce elektřiny a služeb souvisejících se zabezpečením spolehlivého a bezpečného provozu distribuční soustavy
- Rezervovaná kapacita je roční rezervovaná kapacita přenosové soustavy *k-tého* odběratele pro regulovaný rok
- Rezervovaný příkon je plánovaný rezervovaný příkon pro regulovaný rok zpoplatněný složkou ceny na podporu elektřiny z podporovaných zdrojů.
- Provozovatel distribuční soustavy zajišťuje spolehlivé provozování, obnovu a rozvoj distribuční soustavy na území vymezeném licenci, poskytuje služby distribuční soustavy a řídí toky elektřiny v distribuční soustavě při respektování přenosů elektřiny mezi ostatními distribučními soustavami a přenosovou soustavou ve spolupráci s provozovatelem ostatních distribučních soustav a provozovatelem přenosové soustavy. Platí obdobně pro provozovatele lokální distribuční soustavy (LDS), jen pro menší území. [1]

## 1.2. Regulované činnosti v energetice

Cena elektřiny má dvě složky, regulovanou a neregulovanou.

Neregulovanou složku tvoří:

- Platby za silovou elektřinu
- Odpovědnost za odchylku
- Marže dodavatele

Dodavatelem elektřiny může být buď obchodník nebo výrobce. Tento subjekt elektřinu nakoupí (vyrobí) a zajistí dodávku konečnému zákazníkovi.

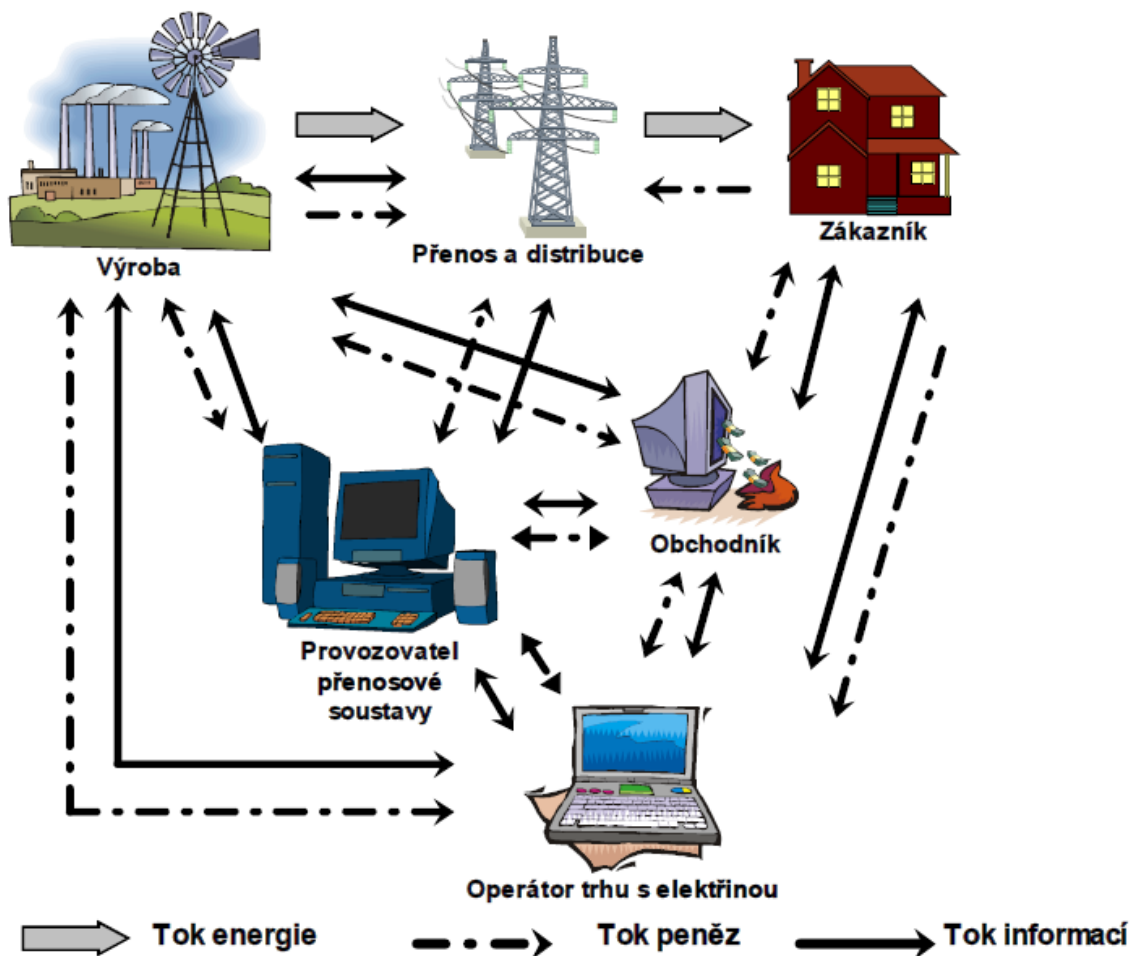
Regulovanou složku tvoří:

- Služby provozovatele distribuční soustavy
  - Platba za rezervovanou kapacitu
  - Cena za distribuované množství elektřiny
  - Jednorázový poplatek za připojení
- Související služby
  - Systémové služby
  - Činnosti OTE
  - Podpora výkupu elektřiny z OZE, KVET a DZ

Podmínky v ČR stanovuje ERÚ. Pro tuto práci jsou nejdůležitější platby za přenosové/distribuční služby, konkrétně platby za rezervovanou kapacitu. [2]

### 1.2.1. Liberalizace trhu

Před liberalizací trhu byly dodávky elektřiny zajišťovány jednou, vertikálně integrovanou společností. Ta obstarávala všechny oblasti elektroenergetiky, od výroby až po distribuci. Pro zákazníka to sice znamenalo vyšší míru zabezpečení dodávek, nicméně tato jistota se promítla do ceny, kterou za ni musel zákazník zaplatit. Nebyla však pouze jediná společnost v celé Evropě, existovalo jich samozřejmě více. Rozdíly v cenách jednotlivých společností někdy nebyly zanedbatelné a odběratelé se pochopitelně snažili zajistit si přístup k těmto levnějším podnikům. To po liberalizaci vedlo k přesunu od vertikálních společností k otevírání konkurenčního prostředí. K tomu přispěla i výstavba moderních zdrojů schopných konkurovat velkým elektrárnám. Liberalizovaný trh můžeme charakterizovat několika vlastnostmi, a to existencí legislativy, která umožňuje podnikání, privatizovaným sektorem energetiky, konkurenčním prostředím aj. Liberalizace trhu vedla k vstupu mnoha subjektů na trh s elektřinou. Tyto subjekty si na trhu konkurují a nesou všechna investiční rizika.



Obrázek 1: Zjednodušený pohled na liberalizovaný trh [2]

Vnitřní trh v ČR funguje od poloviny roku 2003. Národní trh s elektřinou byl v ČR otevřen 1. 1. 2006. Mezi lety 2003 – 2009 si dodavatele elektřiny změnilo téměř 200 000 lidí. [2]

### 1.3. Licence

Podnikat v energetických odvětvích na území České republiky mohou za podmínek stanovených tímto zákonem osoby pouze na základě licence udělené Energetickým regulačním úřadem. Licence se dále vyžaduje na výrobu elektřiny ve výrobnách elektřiny s instalovaným výkonem nad 10 kW určené pro vlastní spotřebu zákazníka, pokud je výrobná elektřiny propojena s přenosovou soustavou nebo s distribuční soustavou, nebo na výrobu elektřiny vyrobenou ve výrobnách elektřiny s instalovaným výkonem do 10 kW včetně, určené pro vlastní spotřebu zákazníka, pokud je ve stejném odběrném místě připojena jiná výrobná elektřiny držitele licence.

Fyzická nebo právnická osoba, která žádá o udělení licence, musí prokázat, že má finanční a technické předpoklady k zajištění výkonu licencované činnosti. Fyzická nebo právnická osoba žádající o udělení licence je povinna doložit vlastnické nebo užívací právo k energetickému zařízení, které má sloužit k výkonu licencované činnosti. Není-li žadatel o licence vlastníkem energetického zařízení, je povinen doložit i souhlas vlastníka energetického zařízení s jeho použitím k účelům vymezeným tímto zákonem, a to nejméně po dobu, na kterou má být licence udělena. Finanční předpoklady není povinen prokazovat žadatel o licenci na výrobu elektřiny, pokud bude instalovaný elektrický výkon výroby elektřiny nižší než 200 kW, nebo žadatel o licenci na výrobu tepelné energie, pokud bude instalovaný tepelný výkon zdroje tepelné energie nižší než 1 MW.

Licence se vydávají na tyto činnosti:

- výroba elektřiny (platnost nejméně na 25 let)
- přenos elektřiny (nejméně na 25 let)
- distribuce elektřiny (nejméně na 25 let)
- licence na činnosti operátora trhu (nejméně na 25 let)
- obchod s elektřinou (nejméně na 5 let) [3]

### 1.3.1. Energetický regulační úřad

Energetický regulační úřad představuje instituci, která plní řadu klíčových rolí pro fungování trhu (nejen) s elektřinou:

- Rozhoduje o udělení, změně nebo zrušení licence
- Rozhoduje o uložení povinnosti dodávek nad rámec licence
- Rozhoduje o regulaci cen dle cenového zákona
- Rozhoduje spory mezi držiteli licencí vzájemně a řeší spory iniciované zákazníky (odběrateli elektřiny)
- Schvaluje Pravidla provozování přenosové soustavy a distribučních soustav i obchodní podmínky operátora trhu
- Vydává prováděcí vyhlášky k energetickému zákonu, zejména pravidla trhu s elektřinou
- Provádí kontrolu dodržování zákona a šetření hospodářské soutěže na trhu s elektřinou a plynem
- Ukládá pokuty za porušení povinností dle energetického zákona
- Vydává cenové rozhodnutí, kterým se stanovují regulované ceny v elektroenergetice

Právě poslední bod hraje velkou roli, neboť stanovuje ceny, se kterými budu dále počítat. Jsou to například ceny za rezervovanou kapacitu, její překročení, ceny za použití sítě apod. Cenových rozhodnutí vydává ERÚ většinou několik za rok, já pracuji s cenovým rozhodnutím

č. 6/2017 z 21. 11. 2017, kterým se stanovují ceny za související službu v elektroenergetice a další regulované ceny. [3]

## 1.4. Připojení výroby do LDS

### 1.4.1. Podmínky připojení

Pro provoz výroby je nutné dodržovat platná nařízení a předpisy, a to zákonné a úřední předpisy (458/2000 Sb. a 406/2000 Sb.), platné normy, vyhlášky ERÚ a MPO (např. 16/2016 Sb. O podmínkách připojení k elektrizační soustavě), předpisy pro ochranu pracovníků a bezpečnost práce a také směrnice a nařízení PLDS. Výrobna musí být vhodná pro paralelní provoz se sítí PLDS a musí být zamezeno rušivému zpětnému působení na síť nebo zařízení dalších odběratelů. Samotný proces připojování je pak nutno projednat a odsouhlasit s PLDS.

Samotné přihlášení výroby je poměrně složitý proces, kdy probíhá takzvané přihlašovací řízení. Pro přihlášení do tohoto řízení je nutné nejprve podat sadu dokumentů, jako žádost o připojení, dotazník s technickými údaji, katastrální mapu apod. Po obdržení všech náležitých dokumentů PLDS rozhodne o možnosti připojení na základě studie připojitelnosti. Studie se zaměřuje na oblasti jako např. napěťové poměry v síti, zatížitelnost prvků nebo dodržení parametrů zpětných vlivů na LDS. Pokud budou všechny parametry odpovídat požadavkům studie a nebude docházet k rušivým vlivům (přetížené prvky, tvorba vyšších harmonických, poklesy nebo špičky napětí apod.), musí být uzavřena Smlouva o připojení mezi žadatelem a PLDS. [4]

### 1.4.2. Model připojení

Vzhledem k tomu, že většina subjektů, o které se bude jednat, budou mít záložní zdroje větší než mikrozdroje (do 10 kW), bude k provozu vyžadovaná licence na výrobu elektřiny. Protože získání licence není jednoduchá záležitost, v práci posuzuji dále uvedené varianty, konzultované s vedoucím práce. E.ON Energie a.s. (ECE), již licenci na výrobu vlastní a je pro ni tedy mnohem jednodušší přidat zdroj do této licence než aby si firma, vlastníci zdroj elektrické energie, musela zřizovat licenci novou. ECE si tedy zařízení od zákazníka pronajme, přidá si ho do licence a bude ho provozovat za nájemné. [4]

## 1.5. Účastníci trhu

Neregulovanými účastníky trhu jsou všichni, kdo elektřinu vyrábějí, spotřebovávají nebo s ní obchodují, případně ostatní účastníky kontroluje. Mezi regulované účastníky počítáme provozovatele přenosových a distribučních sítí a operátora trhu. Účastníci trhu nesou odpovědnost za odchylku a jsou subjekty zúčtování odchylek, mohou však přenášet na základě smlouvy odpovědnost za odchylku na jiný subjekt zúčtování odchylek. [2]

### 1.5.1. Výrobci elektřiny

Výrobce může provozovat zařízení (vlastní nebo svěřené) na výrobu elektřiny, musí k tomu ovšem mít oprávnění (licenci). Výrobna elektřiny je jakékoli energetické zařízení, které slouží k přeměně různých forem energie na elektřinu. Do této kategorie zahrnujeme technologická zařízení, pomocná zařízení i stavební část. Výrobce může být jak fyzická, tak právnická osoba.

Práva výrobce:

- připojit své zařízení k elektrizační soustavě, pokud splňuje podmínky připojení k přenosové soustavě nebo k distribučním soustavám a obchodní podmínky stanovené Pravidly provozování přenosové soustavy nebo Pravidly provozování distribuční soustavy
- dodávat elektřinu vyrobenou v jím provozované výrobně elektřiny ostatním účastníkům trhu s elektřinou nebo do jiných států prostřednictvím přenosové soustavy nebo distribuční soustavy, nebo přímým vedením
- dodávat elektřinu vyrobenou ve vlastní výrobně elektřiny pro vlastní potřebu a pro potřebu ovládaných společností, pokud mu to podmínky provozování přenosové soustavy a distribučních soustav umožňují
- nabízet a poskytovat podpůrné služby k zajištění provozu elektrizační soustavy za podmínek stanovených Pravidly provozování přenosové soustavy nebo Pravidly provozování distribuční soustavy
- omezit, přerušit nebo ukončit dodávku elektřiny svým zákazníkům při neoprávněném odběru elektřiny
- nakupovat elektřinu pro technologickou vlastní spotřebu své výroby elektřiny

Povinnosti výrobce:

- na své náklady zajistit připojení svého zařízení k přenosové soustavě nebo k distribuční soustavě
- umožnit a uhradit instalaci měřicího zařízení provozovateli přenosové soustavy nebo provozovateli distribuční soustavy, ke které je výroba elektřiny připojena

- zpřístupnit měřicí zařízení provozovateli přenosové soustavy nebo provozovateli distribuční soustavy, ke které je výrobní elektřiny připojena
- instalovat u nově budovaných výroben o celkovém instalovaném elektrickém výkonu 30 MW a více a provozovat zařízení pro poskytování podpůrných služeb
- řídit se pokyny technického dispečinku provozovatele přenosové soustavy nebo provozovatele distribuční soustavy, ke které je výrobní elektřiny připojena
- předávat operátorovi trhu technické údaje vyplývající ze smluv o dodávce elektřiny prostřednictvím subjektu zúčtování, který převzal odpovědnost za jeho odchylku, nebo přímo, pokud je subjektem zúčtování, údaje k uplatnění ceny za činnosti operátora trhu podle Pravidel trhu s elektřinou a další nezbytné informace pro plnění povinností operátora trhu
- poskytovat provozovateli přenosové soustavy nebo provozovateli distribuční soustavy, ke které je výrobní elektřiny připojena, potřebné údaje pro provoz a rozvoj přenosové soustavy nebo distribuční soustavy, a operátorovi trhu údaje potřebné pro plnění jejich povinností
- předávat provozovateli soustavy, ke které je výrobní elektřiny připojena, informace nezbytné pro dispečerské řízení
- dodržovat parametry kvality dodávané elektřiny stanovené Pravidly provozování přenosové soustavy nebo Pravidly provozování distribuční soustavy [1]

### 1.5.2. Provozovatel přenosové soustavy

Pod pojmem přenosová soustava chápeme propojený soubor vedení a zařízení 400 kV, 220 kV a vybraných 110 kV, které slouží k přenosu elektřiny po celém území ČR a k propojení s elektrizačními soustavami sousedních států. Do přenosové soustavy řadíme také měřicí, ochranné, řídicí a další technické systémy. Provozovatel přenosové soustavy ji provozuje ve veřejném zájmu. K provozování musí mít platné oprávnění (licenci), kterou mu udělí regulátor. Nejen v ČR platí, že tato licence je jediná v daném území. Provozovatel musí zajistit všechna požadovaná měření.

#### Práva PPS

- zřizovat a provozovat vlastní telekomunikační síť k řízení, měření, zabezpečování a automatizaci provozu přenosové soustavy a k přenosu informací pro činnost výpočetní techniky a informačních systémů
- obstarávat za nejnižší náklady podpůrné služby a elektřinu pro krytí ztrát elektřiny v přenosové soustavě a pro vlastní potřebu; pro řízení rovnováhy mezi výrobou a spotřebou a pro řízení toků elektřiny podle odstavce 1 písm. c) obstarávat regulační energii
- omezit nebo přerušit v nezbytném rozsahu dodávku elektřiny účastníkům trhu s elektřinou



- změnit nebo přerušit v nezbytném rozsahu dodávku elektřiny z výroben, přeshraniční výměnu elektřiny a dovoz elektřiny ze zahraničí nebo vývoz elektřiny do zahraničí k zajištění spolehlivého provozu přenosové soustavy

Povinnosti PPS např.

- každému, kdo požádá o připojení k přenosové soustavě, stanovit podmínky a termín připojení a poskytnout přenos každému, kdo o to požádá, je připojen a splňuje podmínky připojení a obchodní podmínky stanovené Pravidly provozování přenosové soustavy, s výjimkou případu prokazatelného nedostatku kapacity zařízení pro přenos nebo při ohrožení bezpečného a spolehlivého provozu přenosové soustavy
- zajišťovat všem účastníkům trhu s elektřinou neznevýhodňující podmínky pro připojení jejich zařízení k přenosové soustavě
- zajišťovat všem účastníkům trhu s elektřinou neznevýhodňující podmínky pro přenos elektřiny přenosovou soustavou
- zajistit zřízení technického dispečinku a zajistit jeho řádnou činnost
- zajišťovat měření v přenosové soustavě včetně jejich vyhodnocování a předávat operátorovi trhu naměřené a vyhodnocené údaje a další nezbytné informace pro plnění jeho povinností
- zpracovávat a po schválení Energetickým regulačním úřadem zveřejňovat Pravidla provozování přenosové soustavy a vykonávat licencovanou činnost v souladu s těmito pravidly [1]

### 1.5.3. Provozovatelé distribučních soustav

Distribucí elektřiny chápeme dopravu elektřiny distribuční soustavou ke konečným odběratelům. V rámci ČR považujeme za distribuční soustavu propojený soubor vedení a zařízení 110 kV (kromě těch, která jsou považována za část přenosové soustavy), 0,4/0,23 kV, 3 kV, 6kV, 10 kV, 22 kV a 35 kV, která slouží k zajištění distribuce elektřiny na daném území ČR. Do distribuční soustavy také řadíme systémy měřící, ochranné, řídicí aj. Podobně jako přenosová soustava je distribuční soustava provozována ve veřejném zájmu. V ČR, podobně jako jinde ve světě, se distribuční soustava dělí na regionální distribuční soustavy (RDS) a lokální distribuční soustavy (LDS). RDS jsou připojeny přímo na přenosovou soustavu. V ČR je území rozděleno na několik RDS, provozovatel každé z nich musí mít svou platnou licenci. V současnosti operují v ČR tři regionální distribuční společnosti, a to ČEZ Distribuce, a.s., E.ON Distribuce, a.s. a PREdistribuce, a.s.. LDS nejsou připojené přímo na přenosovou soustavu, ale na RDS. Nicméně provozovatel každé LDS také musí mít svou licenci. LDS se mohou výrazně lišit co do velikosti, a to jak v měřítku prostoru, spotřeby tak i výroby elektřiny.

Práva PDS

- zřizovat a provozovat vlastní telekomunikační síť k řízení, měření, zabezpečování a automatizaci provozu distribuční soustavy a k přenosu informací pro činnost výpočetní techniky a informačních systémů
- nakupovat s nejnižšími náklady podpůrné služby a elektřinu pro krytí ztrát elektřiny v distribuční soustavě
- omezit nebo přerušit v nezbytném rozsahu dodávku elektřiny účastníkům trhu s elektřinou
- změnit nebo přerušit v nezbytném rozsahu dodávku elektřiny z výroben a dovoz elektřiny ze zahraničí nebo vývoz elektřiny do zahraničí s ohledem na spolehlivý provoz distribuční soustavy

#### Povinnosti PDS

- každému, kdo požádá o připojení k distribuční soustavě, stanovit podmínky a termín připojení a umožnit distribuci elektřiny každému, kdo o to požádá, je připojen a splňuje podmínky připojení a obchodní podmínky stanovené Pravidly provozování distribuční soustavy, s výjimkou případu prokazatelného nedostatku kapacity zařízení pro distribuci nebo při ohrožení spolehlivého a bezpečného provozu distribuční soustavy nebo přenosové soustavy
- na základě žádosti obchodníka s elektřinou nebo výrobce elektřiny přerušit distribuci elektřiny v případě neoprávněného odběru elektřiny
- zajišťovat neznevýhodňující podmínky pro připojení zařízení k distribuční soustavě, u zákazníků odebírajících elektřinu ze sítí nízkého napětí, kteří nejsou vybaveni průběhovými měřeními, přiřadit odpovídající typový diagram dodávek
- zajišťovat všem účastníkům trhu s elektřinou neznevýhodňující podmínky pro distribuci elektřiny distribuční soustavou
- zajistit zřízení technického dispečinku v případě, že provozuje zařízení s napětím 110 kV a odpovídat za jeho činnost
- zajišťovat měření v distribuční soustavě včetně jejich vyhodnocování a předávat operátorovi trhu naměřené a vyhodnocené údaje a další nezbytné informace pro plnění jeho povinností [1]

#### 1.5.4. Obchodníci s elektřinou

Obchodníkem může být jak fyzická, tak právnická osoba, která drží platnou licenci na obchod s elektřinou a která nakupuje elektřinu za účelem jejího prodeje. Ze všech účastníků trhu je definice obchodníka zdaleka nejvolnější, alespoň co se týče technologických vazeb. Licence se uděluje většinou na dobu určitou. Obchodníkovi nic nebrání, aby se zároveň choval jako konečný zákazník, případně i jako výrobce, pokud má adekvátní licenci.

Práva obchodníků s elektřinou

- na poskytnutí přenosu nebo distribuce elektřiny
- nakupovat elektřinu od držitelů licence na výrobu a od držitelů licence na obchod nebo z jiných států a prodávat ji ostatním účastníkům trhu s elektřinou nebo do jiných států
- na poskytnutí informací od operátora trhu nezbytných k vyúčtování dodávek elektřiny zákazníkům, jejichž odběrné místo je registrováno u operátora trhu
- ukončit nebo přerušit dodávku elektřiny zákazníkům při neoprávněném odběru elektřiny

#### Povinnosti obchodníků s elektřinou

- řídit se Pravidly provozování přenosové soustavy nebo Pravidly provozování distribučních soustav
- předávat operátorovi trhu technické údaje ze smluv o dodávce elektřiny a další nezbytné informace pro plnění povinností operátora trhu v případě, že je subjektem zúčtování
- účtovat odděleně o dodávce elektřiny poslední instance
- dodržovat stanovenou kvalitu dodávek a služeb, vykazovat Energetickému regulačnímu úřadu úroveň kvality dodávek a služeb a zveřejňovat ji způsobem umožňujícím dálkový přístup
- zaregistrovat se do 30 dnů od udělení licence na obchod s elektřinou u operátora trhu; zaregistrováním se obchodník s elektřinou stává registrovaným účastníkem trhu [1]

#### 1.5.5. Koneční zákazníci

Konečným zákazníkem může být jak fyzická, tak i právnická osoba, která čistě spotřebovává odebranou elektřinu. Zákazníky jsme v minulosti mohli rozdělit do dvou kategorií, oprávněné a chráněné. Oprávnění zákazníci mají právo na přístup k přenosové nebo lokální soustavě za účelem volby dodavatele. Chránění zákazníci mají právo na dodávku elektřiny za regulované ceny. V ČR ale momentálně žádné chráněné zákazníky nenajdeme.

#### Práva oprávněných zákazníků

- na uzavření smlouvy o připojení a na připojení svého odběrného elektrického zařízení k přenosové soustavě nebo k distribuční soustavě, pokud splňuje podmínky připojení a obchodní podmínky stanovené Pravidly provozování přenosové soustavy nebo Pravidly provozování distribuční soustavy a má k připojení souhlas vlastníka dotčené nemovitosti

- nakupovat elektřinu od držitelů licence na výrobu elektřiny a od držitelů licence na obchod s elektřinou, nakupovat elektřinu z jiných států nebo na krátkodobém trhu s elektřinou organizovaném operátorem trhu
- na dopravu dohodnutého množství elektřiny do odběrného místa za cenu uplatněnou v souladu s cenovou regulací
- na informace o celkové směsi paliv dodavatele a informace o dopadu na životní prostředí
- na bezplatnou volbu a změnu dodavatele elektřiny

#### Povinnosti zákazníků

- řídit se pokyny technického dispečinku provozovatele přenosové soustavy nebo technického dispečinku provozovatele distribuční soustavy, ke které je jeho zařízení připojeno, a Pravidly provozování přenosové soustavy nebo Pravidly provozování distribuční soustavy
- umožnit instalaci měřicího zařízení provozovateli přenosové soustavy nebo provozovateli distribuční soustavy
- umožnit přístup k měřicím zařízením provozovateli přenosové soustavy nebo provozovateli distribuční soustavy
- udržovat svá odběrná elektrická zařízení ve stavu, který odpovídá právním předpisům a technickým normám
- předávat operátorovi trhu technické údaje ze smluv o dodávce elektřiny, pokud je subjektem zúčtování [1]

#### 1.5.6. Subjekty zúčtování

Subjekt zúčtování spojuje závazky a povinnosti odběru a sleduje, zda tito účastníci plní své obchodní závazky a povinnosti. Výsledkem jeho práce je potom rozdíl mezi závazky a skutečně realizovaným odběrem. Může spojovat jak konečné zákazníky, tak výrobce, nebo i další obchodníky. Za všechny tyto účastníky přebírá odpovědnost za odchylku. Tato funkce vznikla z vnitřních potřeb trhu, konkrétně např. skutečnost, že ne všichni účastníci trhu se chtějí aktivně účastnit obchodování, dále by trh, kterého by se účastnily až miliony účastníků, je nerealizovatelný apod. [2]

### 1.5.7. OTE

Operátor trhu má velice důležitou funkci, a to zajištění výpočtu, ocenění a zúčtování odchylek. Aby tuto funkci mohl plnit, provádí sběr dat o trhu s elektřinou, a to sjednaných i naměřených. Mezi jeho další činnosti patří např.: organizování krátkodobého trhu s elektřinou, poskytování dat dalším účastníkům trhu, evidování obchodů s povolenkami, nebo zpracovávání krátkodobých i dlouhodobých informací a prognóz o trhu s elektřinou. Z hlediska energetického zákona je OTE definován následovně: Operátor trhu je akciová společnost založená státem a stát vlastní akcie operátora trhu, jejichž celková jmenovitá hodnota představuje alespoň 67 % základního kapitálu operátora trhu. [2]

#### Povinnosti OTE

- organizovat krátkodobý trh s plynem a krátkodobý trh s elektřinou a ve spolupráci s provozovatelem přenosové soustavy vyrovnávací trh s regulační energií
- vyhodnocovat odchylky za celé území České republiky a toto vyhodnocení předávat jednotlivým subjektům zúčtování a provozovateli přenosové nebo přepravní soustavy
- na základě vyhodnocení odchylek zajišťovat zúčtování a vypořádání odchylek subjektů zúčtování, které jsou povinny je uhradit
- informovat provozovatele přenosové soustavy, provozovatele přepravní soustavy a provozovatele zásobníků plynu nebo provozovatele distribuční soustavy o neplnění platebních povinností účastníků trhu a subjektů zúčtování vůči operátorovi trhu
- zpracovávat a zveřejňovat měsíční a roční zprávu o trhu s elektřinou a měsíční a roční zprávu o trhu s plynem v České republice

#### Práva OTE

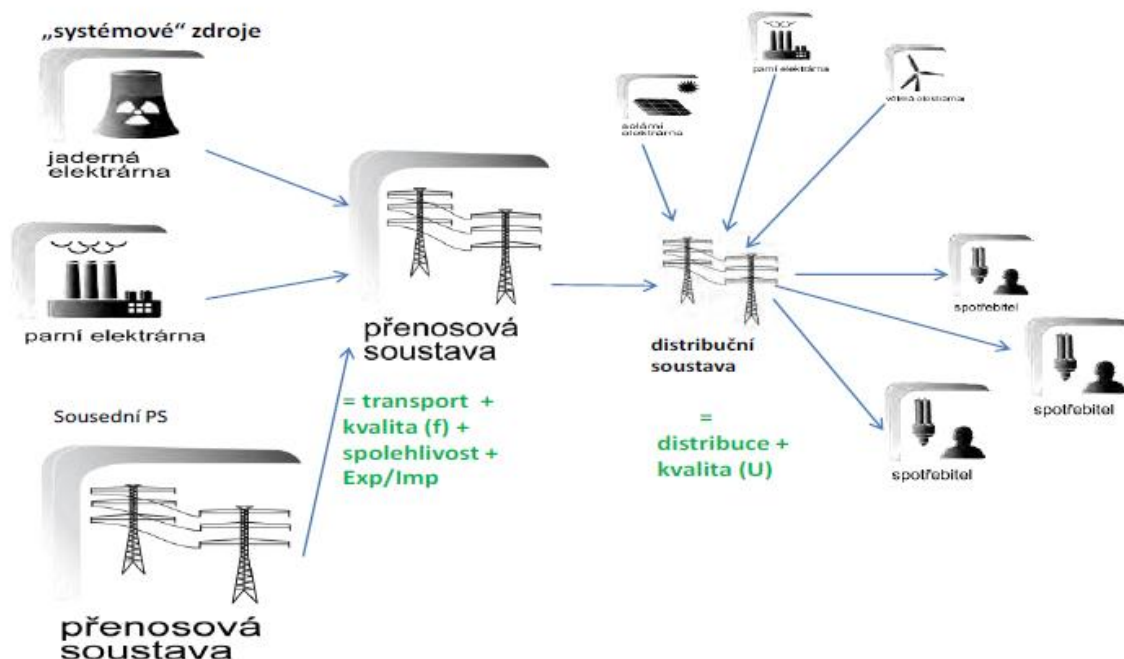
- na údaje nezbytné pro plnění svých povinností od subjektů zúčtování a registrovaných účastníků trhu s elektřinou nebo trhu s plynem a údaje nezbytné pro zpracování zprávy o budoucí očekávané spotřebě elektřiny a plynu a o zabezpečení rovnováhy mezi nabídkou a poptávkou elektřiny a plynu
- na naměřené a vyhodnocené údaje od provozovatele přenosové soustavy a provozovatele přepravní soustavy a provozovatelů distribučních soustav a zásobníků plynu a další údaje nezbytné pro plnění svých povinností
- zrušit registraci subjektu na zúčtování, který neplní platební povinnosti vůči operátorovi trhu [1]

## 1.6. Vztahy mezi účastníky

### 1.6.1. Model trhu

Základním kamenem pro modelování trhu je v celé EU včetně ČR princip regulovaného přístupu k sítím. Základním legislativním dokumentem je Směrnice pro vnitřní trh s elektřinou 2009/72/ES. Na myšlenky této směrnice dále navazuje česká legislativa, konkrétně Energetický zákon 458/2000 a Vyhláška o pravidlech trhu s elektřinou.

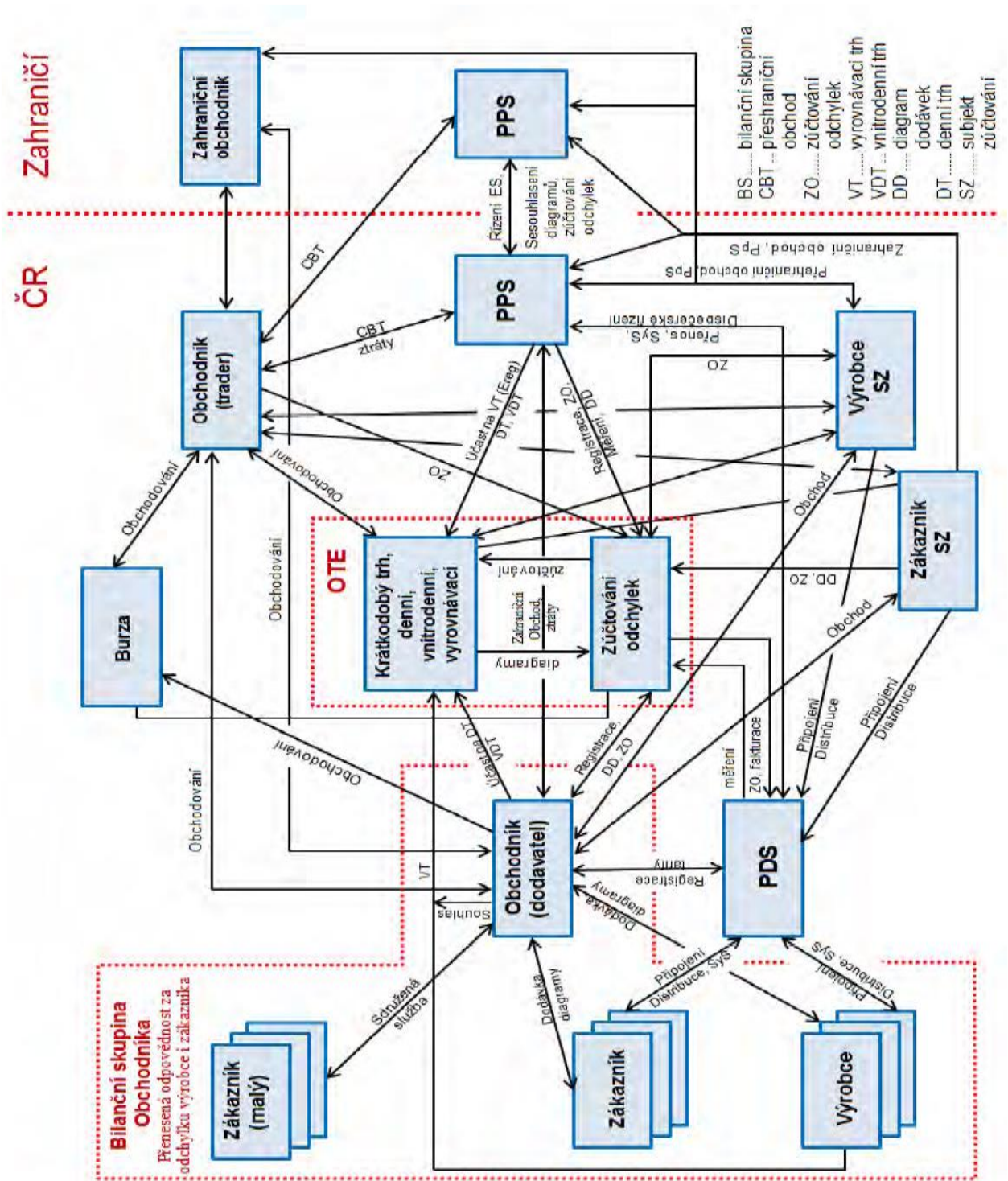
Fyzicky se elektřina přepravuje od výrobce přes přenosovou síť a případně distribuční síť až ke konečnému spotřebiteli.



Obrázek 2: Fyzický tok elektřiny [3]

Z hlediska obchodních vztahů se elektřina pohybuje od výrobce přes obchodníka ke spotřebiteli. Napřímo může spotřebitel samozřejmě komunikovat rovnou s výrobcem, ve většině případů se to však nevyplatí, proto tato situace není příliš častá. Elektřina se řadí mezi komodity, a proto se s ní obchoduje na burze, kde probíhají organizované obchody. Na takto fungujícím trhu si zákazník sjedná dodávku elektřiny od dodavatele, ať už výrobce nebo obchodníka. Zákazník má právo na výběr dodavatele, případně i více dodavatelů. Dopravu elektřiny pro zákazníka zajistí PDS. Dopravu a připojení si zákazník buď sjedná sám přímo s distributorem, nebo s obchodníkem.

Výroba, obchod a dodávka elektřiny nejsou regulovány, jsou to čistě tržní činnosti. Cena se tvoří na trhu mezi jednotlivými konkurenty. [3]



Obrázek 3: Vztahy mezi účastníky na trhu s elektřinou [3]

### Povinné vazby jednotlivých účastníků

- Zákazník – sružená dodávka (DTTO výrobce)
  - Obchodník (jen jeden) – smlouva o sružené dodávce, vyřizuje distribuci s PDS, odpovídá za odchylky)
  - PDS (jen v případě nových odběrů smlouva o připojení)

- Zákazník (výrobce)
  - Obchodník – dodávky elektřiny (může být i více obchodníků s tím, že jeden má odpovědnost za odchylku)
  - PDS (PPS) – připojení, distribuce (přenos), SyS
- Zákazník (výrobce) Subjekt zúčtování
  - PDS (PPS) – připojení, distribuce (přenos), SyS
  - OTE – registrace, diagram dodávek, zúčtování odchylek
  - Obchodník (dodavatel i trader – může být více) – dodávka elektřiny (obchod)
- Obchodník (trader)
  - OTE – zúčtování odchylek
- PPS
  - Výrobce/zákazník – připojení do PS – přenos, PpS, dispečerské řízení
  - OTE – registrace, zúčtování odchylek, měření, nákup na VT
  - PDS – připojení, přenos, SyS, dispečerské řízení
  - PPS (zahraničí) – koordinace sesouhlasení diagramů, zúčtování odchylek [3]

### 1.6.2. Smlouvy mezi účastníky

- Smlouva o dodávce elektřiny

Smlouvou o dodávce elektřiny se zavazuje obchodník s elektřinou nebo výrobce elektřiny dodávat elektřinu jinému účastníkovi trhu s elektřinou a účastník trhu s elektřinou se zavazuje zaplatit za ni cenu. Součástí smlouvy o dodávce elektřiny musí být ujednání o odpovědnosti za odchylku.

- Smlouva o sdružených službách dodávky elektřiny

Smlouvou o sdružených službách dodávky elektřiny se zavazuje výrobce elektřiny nebo obchodník s elektřinou dodávat výrobcu elektřiny, jehož zařízení je připojeno k distribuční soustavě na hladině nízkého napětí, nebo zákazníkovi elektřinu a zajistit na vlastní jméno a na vlastní účet související službu v elektroenergetice a zákazník nebo výrobce se zavazuje zaplatit výrobcu elektřiny nebo obchodníkovi s elektřinou cenu za dodanou elektřinu a cenu související služby v elektroenergetice

- Smlouva o připojení

Smlouvou o připojení se zavazuje provozovatel přenosové soustavy nebo provozovatel distribuční soustavy připojit k přenosové soustavě nebo k distribuční soustavě zařízení žadatele pro výrobu, distribuci nebo odběr elektřiny a zajistit dohodnutý rezervovaný příkon nebo výkon a žadatel se zavazuje uhradit podíl na oprávněných nákladech na připojení



- Smlouva o zajištění služeb přenosové / distribuční soustavy

Smlouvou o zajištění služby přenosové soustavy se zavazuje provozovatel přenosové soustavy zajišťovat službu přenosové soustavy a účastník trhu s elektřinou se zavazuje zaplatit cenu služby přenosové soustavy.

Smlouvou o zajištění služby distribuční soustavy se zavazuje provozovatel distribuční soustavy zákazníkovi, výrobci elektřiny, obchodníkovi s elektřinou pro dodávku elektřiny zákazníkovi nebo výrobci elektřiny, jehož zařízení je připojeno k distribuční soustavě na hladině nízkého napětí, nebo provozovateli distribuční soustavy nepřipojené přímo k přenosové soustavě službu distribuční soustavy zajišťovat službu distribuční soustavy a zákazník, výrobce elektřiny, obchodník s elektřinou nebo provozovatel distribuční soustavy se zavazuje zaplatit cenu služby distribuční soustavy

- Smlouva o zúčtování odchylek

Smlouvou o zúčtování odchylek se operátor trhu zavazuje vyhodnocovat, zúčtovat a vypořádávat odchylky subjektu zúčtování a subjekt zúčtování se zavazuje zaplatit regulovanou cenu. Uzavřením smlouvy o zúčtování odchylek se fyzická nebo právnická osoba stává subjektem zúčtování. Smlouva o zúčtování odchylek musí obsahovat ujednání o závaznosti obchodních podmínek operátora trhu a dobu trvání závazku.

- Smlouva o poskytování podpůrných služeb

Smlouvou o poskytování podpůrných služeb se zavazuje poskytovatel podpůrných služeb dodat sjednané množství podpůrných služeb ve stanovené kvalitě a provozovatel přenosové soustavy se zavazuje zaplatit cenu. [1]

## 1.7. Dostupné zdroje do 1 MW

Mezi tyto zdroje bychom mohli zařadit fotovoltaické elektrárny, malé vodní elektrárny, kogenerační jednotky, dieselgenerátory, setrvačníky, akumulátory aj. Ve výpočetní části se však budu věnovat pouze dieselgenerátorům kvůli praktičnosti využití, jelikož to jsou firmy, na které chce E.ON mířit. Budou to hlavně subjekty, které mají své vlastní LDS a které mají svůj vlastní záložní zdroj, ať už ze zákona, nebo z praktických důvodů. Bude se jednat tedy hlavně o logistická centra, výrobní závody, obchodní domy a podobně.

### 1.7.1. Diesel

Z požadavku na nezávislost objektu na dodávce elektrické energie z veřejné sítě vyplývá dominantní role záložního zdroje. Typickým dlouhodobým záložním zdrojem, který se

momentálně používá nejvíce, je dieselgenerátor. Záložní energie je uložena v palivu. Dieselgenerátor je spolehlivý stroj s jednoduchou údržbou a s možností doplňování palivové nádrže za provozu. Vzhledem k tomu, že je v provozu jen několik desítek hodin v roce, nevyžaduje žádný zvláštní servis. To by v mém případě už nebyla úplně pravda, tento projekt počítá s provozem do pěti set hodin ročně. Zde už by mohla být nějaká kontrola na místě, záleží na stavu a typu stroje, a po kolika motohodinách má doporučený servis. Moderní konstrukce a elektronické řízení zajišťují i splnění stále přísnějších emisních limitů při rozumné míře spotřeby paliva. Jeho jediným nedostatkem je schopnost dodávat energii až po několika sekundách po startu. To je potřeba kompenzovat krátkodobým záložním zdrojem, který pracuje on-line, a má takovou kapacitu, aby zabezpečil napájení zátěže s dostatečnou rezervou do té doby, než je dieselgenerátor schopen zátěž převzít sám. Akumulátorem energie v krátkodobém záložním zdroji (obvykle nazývaném UPS – Uninterruptible Power Source) bývají olověné baterie.

- Motorgenerátor



*Obrázek 4: Motorgenerátor Caterpillar*

Motorgenerátor je soustrojí, které se skládá ze dvou hlavních částí – spalovací motor a elektrický generátor. Spalovací motor bývá ve většině případů dieselový, a tento budeme také dále uvažovat v našem modelu. Elektrický generátor je synchronní alternátor.

- Vlastnosti

Celý funkční stroj má 6 základních částí:

- Soustrojí spalovací motor-elektrický generátor
- Palivová nádrž (v našem případě bude mít 800 l)
- Startovací systém
- Chladicí systém (v našem případě olej)
- Měření a regulace
- Vyvedení elektrického výkonu

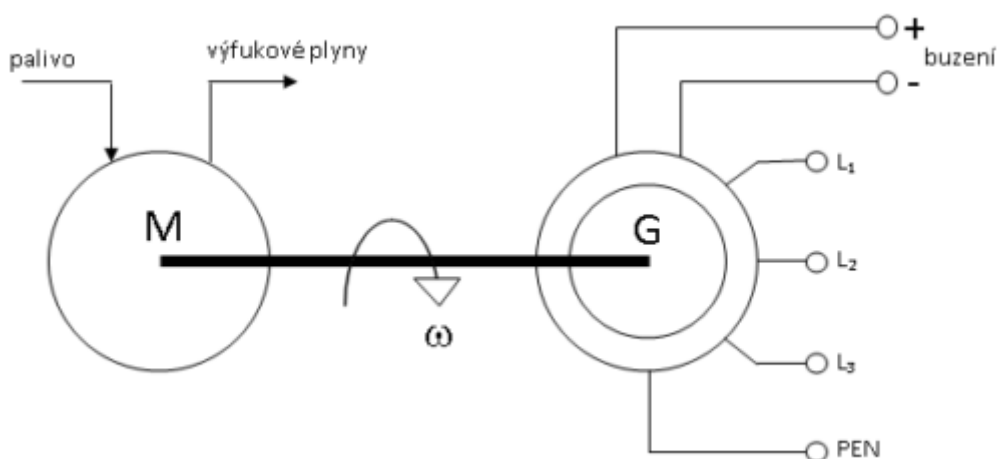
Měření a regulace je umístěno v rozvaděči (ATS = Automatic Transfer Switch) a slouží k:

- Připojení/odpojení zátěže – přepojování zátěže mezi síť a záložní zdroj
- Start a stop spalovacího motoru
- Dobíjení startovací baterie (pro velké zdroje jich může být i více)
- Kontrola celého systému (olej, teplota, napětí baterií, tlak, palivo atd.)
- Měření vstupních a výstupních parametrů (napětí, proud, frekvence)

Způsoby umístění motorgenerátoru

- bez kapotování – využívá se hlavně pro umístění do strojoven
- s kapotováním – používá se hlavně pro venkovní provedení, aby celé soustrojí lépe odolávalo vlivům počasí
- v kontejneru – speciální provedení, kde veškeré části jsou uloženy v kontejneru (vlastní spotřeba, rozvod vn/nn, nádrž, motorgenerátor, chlazení atd.)

Pro tuto optimalizaci připadají v úvahu všechny možnosti, protože zákazníci mohou mít své stroje umístěné různě.



Obrázek 5: Soustava spalovací motor-elektrický generátor [5]

- Provedení

Motorgenerátory jsou schopny převzít plnou zátěž do 15 vteřin od ztráty elektrického napájení z distribuční sítě. Ve většině případů ale motorgenerátory přebírají napájení daného objektu i v případě, kdy nedojde k výpadku napájení. Mezi tyto případy patří zakolísání sítě nebo frekvence, napěťová špička, vysokofrekvenční rušení, harmonické zkreslení atd.

Motorgenerátory jsou sice schopny převzít plnou zátěž, ale až po určité době. Tato doba je dána hlavně startem samotného motorgenerátoru a náběhem na provozní otáčky. Aby se tato doba překlenula a o objekt nebyl bez napájení, bývají motorgenerátory kombinovány ještě s jinými zdroji nepřerušitelného napájení. Mezi tyto zdroje patří statické UPS (např. baterie) nebo jiný druh rotační UPS.

Pro nás je důležité, aby motorgenerátor byl schopen udržet si tyto základní funkce, ale také aby byl schopen paralelního provozu se sítí. Zároveň počítáme s dobou, která je potřeba na najetí na plné otáčky, a bereme na ni ohled při počítání práce, kterou je schopen stroj vykonat pro optimalizaci diagramu.

- Dimenzování a konfigurace dieselgenerátoru

Pro dimenzování dieselgenerátoru dodávají výrobci obvykle vlastní software. Tento software je licencován a většinou znamená velkou položku k ceně. Dimenzování (konfigurace) dieselgenerátoru probíhá v několika krocích.

Prvním krokem je stanovení provozního režimu dieselgenerátoru. Provozní režimy dieselgenerátorů jsou stanoveny normou ISO 8528-1 (2005).

- Režim ESP (Emergency Standby Power)

V tomto režimu je možný trvalý provoz stroje do proměnlivé zátěže v případě poruchy v rozvodné síti průměrně na 70 % jmenovitého výkonu po dobu max. 200 hodin v průběhu 1 roku (doporučeno 50 hodin za 1 rok). Typická aplikace je záložní zdroj pro budovy. Není přípustné přetížení stroje.

- Režim STANDBY

V tomto režimu je možný trvalý provoz stroje do proměnlivé zátěže v případě poruchy v rozvodné síti průměrně na 70 % jmenovitého výkonu po dobu max. 500 hodin v průběhu 1 roku (doporučeno 200 hodin za 1 rok). Typická aplikace je záložní zdroj pro všeobecné použití. Není přípustné přetížení stroje. V tomto režimu je zamýšlen provoz našeho zařízení.

- Režim PRIME

V tomto režimu je možný trvalý provoz stroje do proměnlivé zátěže bez časového omezení proběhu průměrně na 70 % jmenovitého výkonu. Přetížení je možné max. o 10 %, a to po dobu jedné hodiny v průběhu 12 hodin. Celková doba přetížení je max. 25 hodin za 1 rok. Typické použití je záložní zdroj v průmyslu.

- Režim CONTINUOUS

V tomto režimu je možný trvalý provoz stroje do stálé zátěže bez časového omezení proběhu průměrně na 70 %-100 % jmenovitého výkonu. Přetížení nad 100 % výkonu není možné. Typické použití je jako nouzový zdroj v dlouhodobém režimu. V tomto režimu musí být náš stroj stále schopen fungovat, aby plnil svoji primární funkci.

V praxi se nejvíce používá režim STANDBY nebo PRIME. Pro tyto režimy se také udává většina technických dat strojů. Dalším krokem je určení provozního prostředí: okolní teplota, nadmořská výška, relativní vlhkost vzduchu a speciální požadavky na emise výfukových plynů – to vše jsou veličiny, které ovlivňují výkonové dimenzování stroje.

Následuje popis zátěže dieselgenerátoru, resp. sestavení seznamu zátěží (load list). Podle charakteru zátěže (rozběhové charakteristiky, účinník, dynamika odběru, symetrie atd.) rozlišujeme např. následující typy zátěží: odporová zátěž, trakční pohon (např. výtah), indukční pec, svářecí stroj a jiné.

U každé zátěže musíme zadat trvalý výkon, rozběhový proud, a především určit přípustnou odchylku napájecího napětí a frekvence, která neohrozí funkčnost zátěže.

Pokud bychom chtěli, aby stroj zvládal veškeré tyto zátěže, vyjde nám obvykle dieselgenerátor nepřiměřeně velkého výkonu. Proto v praxi dělíme zátěže do skupin, aby se vyšší spotřeba výkonu při jejich rozběhu rozložila do několika kroků.

Po výpočtu vyjde vhodný typ dieselgenerátoru. Může se stát, že z nějakého důvodu projektant musí zvolit stroj o nižším výkonu. Potom musí označit, kde může vzniknout problém (nejčastěji dojde k porušení podmínky tolerance výstupního napětí nebo frekvence, případně je riziko vyššího oteplení vinutí dieselgenerátoru). Pro nás je důležité vědět, jaké zátěže je stroj schopen zvládnout, aby se při své práci nezničil. Pro tento projekt je velikost stroje poměrně důležitý faktor, neboť omezuje velikost vyrobené energie.

Kromě „elektrické“ konfigurace řeší projektant také další čtyři úlohy:

- Návrh palivového hospodářství

Ne vždy uživateli stačí palivová nádrž na cca 10 hodin provozu. Stroje o výkonu nad 1MW tuto nádrž ani nemají integrovány do rámu stroje, jako je tomu u strojů nižších výkonů. Pak je součástí projektu externí nádrž potřebné kubatury vybavená čerpadly a dalším zařízením. Konstrukce nádrže musí splňovat ekologické předpisy.

- Vzduchotechnika

Výrobce dieselgenerátoru určuje ke každému stroji (resp. chladiči) potřebné množství chladicího vzduchu, který si stroj „nasává“ ve strojovně, případně v otevřeném prostoru. Strojovna musí být stavebně dimenzována tak, aby potřebné množství vzduchu bylo k dispozici (a také aby ohřátý vzduch měl kam unikat), v případě venkovních (kapotovaných instalací musí být vhodně navržena kapota stroje.

- Dosažení maximální předepsané úrovně hluku

Dieselagregát je při své činnosti slyšet. Kapota stroje musí splňovat požadované hlukové parametry, a navíc musí umožnit proudění chladicího vzduchu kolem stroje. Největším zdrojem hluku paradoxně není dieselgenerátor, ale proudění vzduchu nasávacími a výtlačnými průduchy v karoserii. To pro nás většinou není problém, pokud je umístěn ve strojovně nebo v kontejneru, problém může nastat, pokud není nijak kapotován. Protože v komerčním využití uvažujeme hlavně s objekty, které již svůj dieselagregát mají, musíme se přesvědčit, že jejich stroj by svým provozem nikoho nerušil a neporušoval žádné normy, jelikož předpokládáme, že bude v provozu mnohem častěji, než když byl využíván pouze jako záloha.

- Výfukový systém

Jelikož motorgenerátory fungují většinou na naftu, je jasné, že produktem jejich činnosti budou mimo jiné výfukové plyny. Vyvedení těchto plynů je velmi důležitá vlastnost, kterou ovšem musí řešit již projektanti při návrhu projektů. Výfukové plyny jsou z motoru přes dilatační díl vedeny přes tlumič a výfukové potrubí do okolního prostoru. I zde jsou stanoveny pro konkrétní instalaci požadavky na hlučnost. Pro nás to potom opět znamená kontrolu, jestli je dieselagregát schopen náročnějšího provozu než jako záloha. [6]

## 1.7.2. Akumulátor

- Topologie

Klasifikace UPS vychází z harmonizované české normy ČSN EN 62040, která byla převzata z normy Mezinárodní elektrotechnické komise (IEC) IEC 62040-3.

Klasifikace UPS podle odstraňovaných poruch sítě			ČSN EN 62040 , IEC 62040-3	
Číslo poruchy	Popis poruchy	Trvání poruchy	Třída IEC	Třída UPS
1	Výpadek sítě	>10 ms	VFD (Voltage + Frequency Dependent = napětově závislý)	3 Offline stand by
2	Zakolísání napětí	>16 ms		
3	Napětová špička	>16 ms		
1 až 5	poruchy 1,2,3	-	VI (Voltage Independent = napětově nezávislý)	2 Line-interactive
4	Podpětí	trvalé		
5	Přepětí	trvalé		
1 až 10	poruchy 1 až 10	-	VFI (Voltage + Frequency Independent = nezávislý na poruchách napětí i kmitočtu)	3 Online real Double-Conversion Obsahuje měnič s řízením kmitočtu
6	Účinky blesku	sporadické		
7	Napětové impulzy (Surges)	< 4 ms		
8	Kolísání kmitočtu	sporadické		
9	Rušivé napětové signály	periodické		
10	Vyšší harmonické kmitočty	trvalé		

Obrázek 6: Klasifikace UPS dle ČSN EN 62040 [7]

- Usměrňovač

Hlavní funkcí usměrňovače je nabíjení baterie a napájení střídače (v případě online UPS). Zatímco při napájení střídače nejsou kladeny velké požadavky na kvalitu napájecího napětí, nabíjení a udržování napětí akumulátorů musí splňovat podmínky kladené výrobcem použitého akumulátoru. Důležitými parametry, které se musí dodržovat vzhledem k použitému akumulátoru, jsou:

- Maximální velikost nabíjecího napětí
- Velikost a toleranci udržovacího napětí
- Limitování nabíjecího proudu

Usměrňovače by měly být dimenzovány na opětovné nabití akumulátoru v reálném čase, tj. doba potřebná k úplnému nabití akumulátoru, který pokryje celý zálohovací cyklus. Reálný čas se pohybuje mezi 4 až 8 hodinami.

Nejčastěji se používají usměrňovače v šesti pulzním nebo dvanácti pulzním zapojení.

- Střídač

Střídač je měnič, který slouží k přeměně stejnosměrného napětí na střídavé napětí. V praxi se nejčastěji používají střídače tyristorové nebo tranzistorové. Pro UPS jednotky

malého a středního výkonu se používají střídače tranzistorové, které vytvářejí výstupní napětí obdélníkového nebo sinusového typu. Filtrační obvody, které jsou zařazeny na výstup střídače, nám sice odfiltrují veliké množství vyšších harmonických, které tranzistorový střídač vyprodukuje, i tak se tranzistorový střídač používá pouze pro levnější aplikace, a to pro off-line UPS. Pro UPS jednotky velkého výkonu se používají střídače tyristorové. Výstup ze střídače může být jednofázový nebo třífázový nezávisle na počtu vstupních fází u usměrňovače.

Střídač spolu s usměrňovačem určují kvalitu celého UPS obvodu. Určují nám základní elektrické parametry celého obvodu, kterými jsou výkon, napětí, frekvence, účinnost a obsah vyšších harmonických.

- Akumulátor

V případě ztráty napájení z distribuční sítě přechází UPS jednotky na tzv. bateriový provoz, tj. energie potřebná pro napájení zátěže se odebírá přes střídač z akumulátorových baterií (dále už pouze akumulátory). Všeobecně lze použít libovolný akumulátor, jak z hlediska elektrochemického systému, tak typu a provedení. Z provozních důvodů se používají pouze dva druhy akumulátorů – olověné a nikl kadmiové. Většinou jsou ve staničním provedení sestaveném z jednotlivých článků nebo více článkových monobloků (2, 4 nebo 6 článků ve společné nádobě).

Z ekonomického hlediska se nejčastěji používají olověné akumulátory, kdežto nikl kadmiové akumulátory se používají pro speciální účely (jaderná bezpečnost, klimatické podmínky atd.). V současnosti nabývají na významu také akumulátory lithiové, které však mají smysl jen ve vybraných případech.

V praxi se používají pouze dva druhy provedení olověných akumulátorů, a to z důvodů požadavků na umístění a vyráběnými velikostmi:

- Otevřené
- Hermetizované

Otevřené konstrukce se používají pro UPS jednotky o vysokých výkonech, a to z důvodu umístění v akumulátorovnách.

Hermetizované (ventilem řízené) konstrukce se používají u většiny UPS jednotek. Jedná se o speciálně konstruované elektrochemické systémy, u kterých bylo dosaženo vysoké účinnosti slučování kyslíku a vodíku uvnitř článku. Tím bylo možné uzavřít nádoby článku a jejich provozování v libovolné poloze. Elektrolyt je znehybněn formou gelovité konzistence, nebo absorbováním separátory. Protože účinnost slučování uvnitř nádoby není stoprocentní, jsou nádoby opatřeny přetlakovými ventily, které umožňují při nabíjení nebo při přebíjení únik vzniklého plynu.



Dalším důležitým parametrem pro akumulátory je doba zálohování. Dobou zálohování rozumíme dobu, po kterou nám bude UPS do zátěže dodávat jmenovitý výkon požadované kvality. Důležitým předpokladem je, že akumulátory jsou plně nabité. V praxi se udává zálohovací doba, která odpovídá pouze 80 % kapacitě použitých akumulátorů. U akumulátorů se velice rychle snižuje životnost a kapacita, pokud dochází k jejich úplnému vybití. Akumulátory jsou z celého obvodu UPS nejchoulostivější a nejdražší, dodávají se většinou s touto životností:

- 3-5 let: standardní akumulátory, používají se ve většině aplikací, převážně pro výkony do 60 kVA
- 5-8 let: používají se převážně pro výkony nad 60 kVA
- 10 let: pro velice náročné aplikace
- více než 10 let: speciální aplikace, provozy jaderných elektráren, objekty a budovy důležité pro obranu státu

Doba zálohování je přímo závislá na životnosti akumulátorů. Životnost akumulátorů je zásadně ovlivňována třemi vlivy:

- způsob dobíjení
- provozní teplota
- přítomnost vyšších harmonických v nabíjecím proudu

Pro zvýšení životnosti akumulátorů bylo vyvinuto několik způsobů, jak je šetrně dobíjet. Tyto metody jsou založeny na časově definovaném dobíjení, díky tomu není na akumulátorech trvalé napětí, které způsobuje korozi kladné elektrody a sulfitaci obou elektrod.

U všech použitých akumulátorů musí nabíjecí napětí obsahovat co možná nejmenší počet vyšších harmonických. Vyšší počet harmonických v nabíjecím proudu snižuje životnost akumulátoru.

Veliký vliv na životnost a kapacitu akumulátorů má také okolní provozní teplota. Z toho důvodu se musí akumulátorovna neustále větrat a udržovat konstantní teplotu.

Roční průměrná teplota akumulátorů	Snížení kapacity v %
20	0
25	25
30	50
35	66
40	75
45	83

Obrázek 7: Vliv teploty na kapacitu akumulátorů [7]

Na akumulátory jsou kladeny zvýšené bezpečnostní požadavky, a to z toho důvodu, že jsou ve většině případů instalovány do obytných prostor. Na akumulátory se vztahuje zvýšená zkratová odolnost. [5]

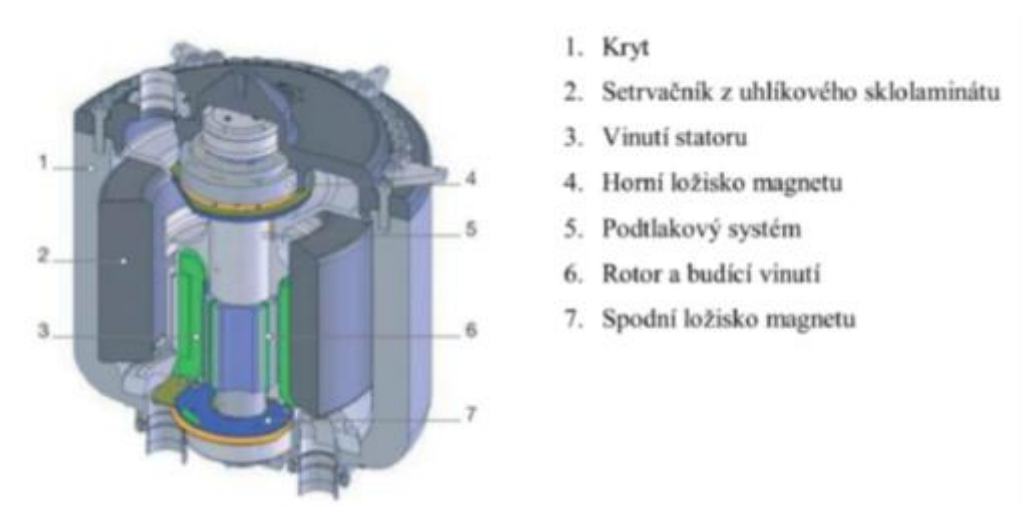
Pokud bychom chtěli použít akumulátory pro optimalizaci odběrového diagramu, narazíme na několik problémů. Jako první se zcela jasně jeví fakt, že velice málo společností již vlastní instalované akumulátory v dostatečné kapacitě. Finančně by se tedy projekt rázem zhoršil o pořízení akumulátorů, případně dokoupení požadované kapacity. Další problémem je fakt omezená kapacita akumulátorů. Pokud by při optimalizaci došlo k vybití, není zařízení po určitou dobu (záleží na nabíjecím cyklu) schopno produkovat dostatečné množství pro optimalizaci, a tudíž by docházelo k platbě penále za překročení rezervované kapacity (viz. 4.2.)

### 1.7.3. Setrvačnick

Účelem setrvačnicku je vyřešit problémy spojené s bateriemi, které se používají jako hlavní komponent pro statické zdroje nepřerušitelného napájení. Hlavní problém baterii je způsob uložení elektrické energie a jejich nízká životnost. Tyto dva hlavní problémy se snaží setrvačnick odstranit.

- Princip

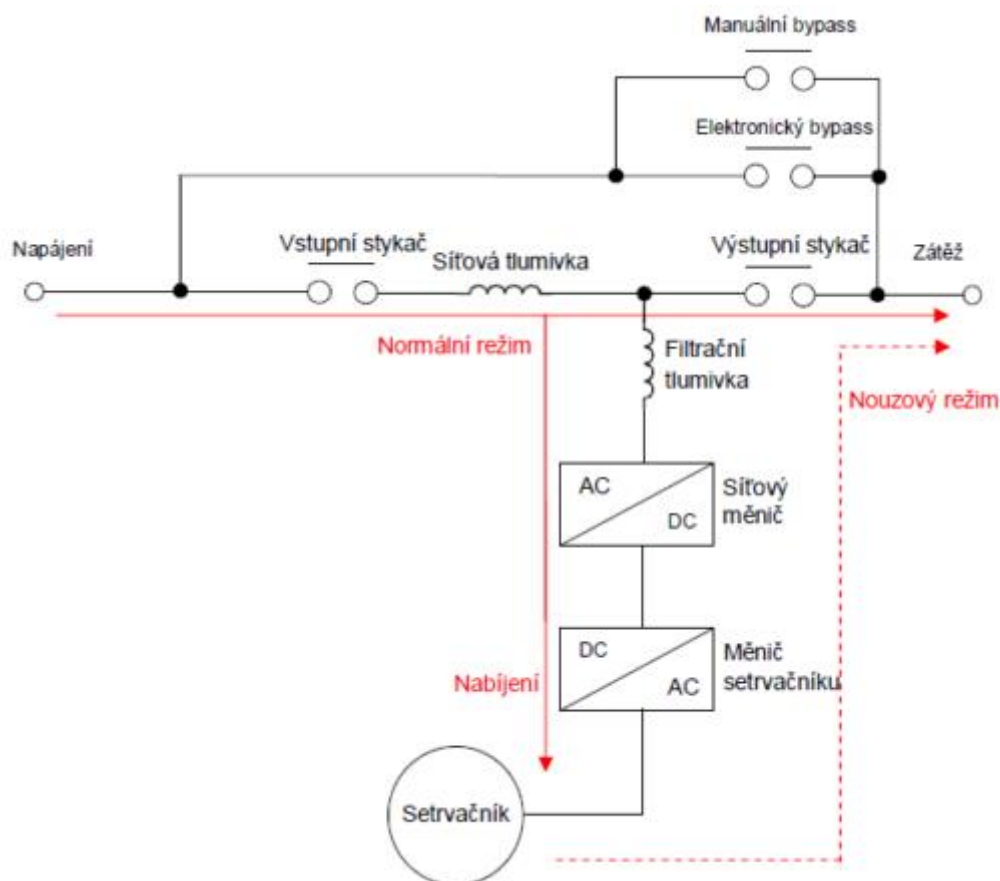
Setrvačnick v normálním provozu funguje jako synchronní motor. Cívky kotvy slouží k roztáčení rotoru, kde je uloženo budící vinutí (v některých případech se používají i permanentní magnety). Rotor se roztáhne na přibližně 7700 ot/min (rychlost na okrajích setrvačnicku se blíží rychlosti zvuku) a na těchto otáčkách se udržuje. Při výpadku napájení z distribuční sítě přechází celý systém do generátorového režimu. Do kotvy se začne indukovat střídavé napětí. Při zatížení setrvačnicku dochází k jeho postupnému zpomalování, což snižuje indukované napětí na kotvě.



Obrázek 8: Řez setrvačnickem [8]

Celé energocentrum je zapojeno tak, že při napájení z elektrorozvodné sítě prochází elektrický proud několika filtry, které upravují výstupní napětí a „očisťují“ jej od šumů,

přepětových špiček apod. Vstupní napětí však napájí také rotační UPS, která udržuje setrvačnick na výše uvedených 7700 otáčkách. Střídač tak na výstupu udržuje konstantní napětí i frekvenci, která činí  $3 \times 400 \text{ V} / 50 \text{ Hz}$ . Aby ztráty při uchovávání, ale i odebrání elektrické energie byly co nejmenší, je celý systém uložen ve vakuu. Dále pro snížení třecích ztrát vlivem tření hřídele při otáčení se celý systém vznáší na magnetickém polštáři. Tato vylepšení snižují ztráty na minimum a zvyšují účinnost setrvačnickového systému.



Obrázek 9: Schématické zapojení setrvačnickového systému [8]

Setrvačnick pracuje v normálním provozu paralelně s distribuční sítí a udržuje si konstantní otáčky. Pro údržbu se používá manuální nebo elektronický bypass. V okamžiku, kdy dojde k výpadku externího napájení, tak setrvačnick začíná ihned vyrábět elektrický proud, přičemž jeho výdrž při zátěži 200 kW činí 15 sekund. Zároveň však také začíná startovat naftový generátor, který pro nastartování použije napájení ze startovacích akumulátorů, nebo v případě, kdy akumulátory selžou, se nastartuje pomocí rotační UPS. V okamžiku, kdy se dostane generátor na příslušné otáčky (několik málo sekund) převezme napájení zátěže on.

Mohlo by se zdát, že s rostoucí zátěží či s „vybitím“ setrvačnicku klesají jeho otáčky. To je u rotační UPS ošetřeno dvojitou konverzí výstupního napětí – to je nejprve ze střídavého převedeno na stejnosměrné a následně pomocí střídače převedeno na pravidelný sinusový

výstup s frekvencí 50 (u evropských modelů) respektive 60 (u amerických modelů) Hertzů. Rotační UPS je dokonce konstruována na krátkodobá přetížení až do 1000 % jmenovitého výkonu. V takovém případě klesá doba zálohy pod jednu sekundu. Naopak při menším než 100% zatížení pak doba zálohy adekvátně roste. Ve svém důsledku se však UPS na setrvačnick rozhodně nehodí pro nic jiného než použití v kombinaci s generátorem elektrické energie. Současná technologie totiž neumožňuje zabránit tak razantnímu poklesu otáček při zatížení setrvačnicku. Napájení vakuové pumpy, elektromagnetického polštáře a ještě zátěže – to vše nemilosrdně snižuje frekvenci otáčení setrvačnicku každou sekundou.

Pro ty, kterým pak nestačí výkon 250 kVA, respektive 200 kW, výrobce dodává také paralelní kombinace dvou až tří rotačních UPS (s odpovídajícím generátorem) pro výkon 500 a 750 kVA. [8]

Pokud bychom chtěli použít setrvačnick pro optimalizaci odběrového diagramu, narazíme na stejné problémy jako u akumulátorů, totiž malou rozšířenost a velkou pořizovací cenu. Navíc se u setrvačnicku přidává velmi krátká doba provozu. Kvůli těmto důvodům jsem ve výpočetní části počítal pouze s dieselgenerátorem. Nicméně není vyloučeno, že se v budoucnosti tyto stroje také budou dát použít.

## 2. Další využití decentralizovaných zdrojů

### 2.1. Záložní zdroje

Záložní zdroje jsou dnes nejčastějším důvodem, proč podniky mají tato zařízení ve svých podnicích nainstalována. Právě tyto společnosti jsou skupinou zákazníků, pro které je tento projekt určen. Níže jsou popsány funkce záložních zdrojů, které musí být stroj stále schopný splňovat, i pokud bude určen k optimalizaci.

#### 2.1.1. Základní dělení záložních zdrojů elektrického napájení

Záložní zdroje napájení lze dělit hned podle několika kategorií:

Podle druhu výstupního napětí:

- Stejnoseměrné
- Střídavé

Podle druhu a způsobu přeměny:

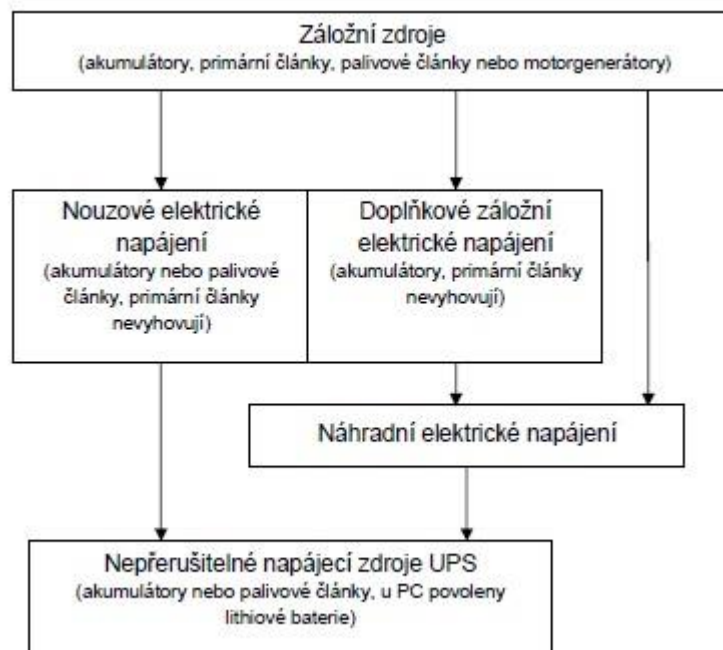
- Rotační zdroje
- Statické zdroje
- Chemické zdroje

Podle zapojení dělíme statické zdroje do 3 kategorií:

- Off-line
- Line-interactive
- Online [7]

#### 2.1.2. Druhy nouzového elektrického napájení

Záložní zdroje pro nouzové napájení lze používat pouze při ztrátě síťového napájení z distribuční sítě. Ve většině případů neslouží pro paralelní chod se sítí, ale mohou po krátký časový úsek pracovat společně, aby došlo k plynulému přechodu na napětí z distribuční sítě po jeho výpadku. Záložní zdroje zabraňují ohrožení způsobené výpadkem elektrického napájení. Hierarchie je zobrazena na následujícím schématu.



Obrázek 10: Schematické znázornění důležitosti a posloupnosti náhradních zdrojů [5]

- **Nouzové elektrické napájení**

Zabezpečuje další chod elektrických zařízení nebo některých jeho částí, které jsou nutné pro bezpečnost a zdraví osob při výpadku napájení z distribuční sítě, např. provoz nouzového osvětlení, které musí být zapnuto do 15 s.

- **Doplňkové záložní elektrické napájení**

Zabezpečuje takřka nepřetržitý chod elektrických zařízení nebo některých jeho částí, které jsou nutné pro bezpečnost a zdraví osob při výpadku napájení z distribuční sítě, např. provoz přístrojů a osvětlení na operačním sále, které musí být zapnuto do 0,5 s.

- **Náhradní elektrické napájení**

Používá se většinou z provozních nebo hospodářských důvodů, např. v armádě nebo při rekonstrukci elektrické sítě.

- **Nepřerušitelné napájecí zdroje UPS**

Nepřerušitelné napájecí zdroje UPS se hlavně používají pro chod zařízení, kdy může i velmi krátký pokles napájecího napětí (podpětí) způsobit velice závažné škody, např. PC pro řízení technologických procesů.

### 2.1.3. Stupně důležitosti spotřeby

V praxi neexistují normy, které by přímo určovaly nebo doporučovaly, který typ záložního zdroje elektrické energie má být použit. Všeobecné požadavky na záložní napájení vycházejí ze zařazení do určitého stupně dodávky elektrické energie dle normy ČSN 34 1610 Elektrický silnoproudý rozvod v průmyslových provozovnách. Podle této normy jsou rozlišovány 3 stupně důležitosti spotřeby:

- Spotřeba 1. stupně důležitosti

Takto jsou označovány spotřebiče nebo skupiny spotřebičů, u kterých výpadek může znamenat ohrožení zdraví nebo života nebo u kterých může dojít k velkým ekonomickým ztrátám. Aby nedošlo k přerušení napájení, musí být spotřebič vybaven záložním zdrojem elektrické energie. Příkladem spotřebičů prvního stupně důležitosti mohou být zařízení pro přenos a zpracování dat, zdravotnická zařízení (operační sál, resuscitační oddělení či oddělení intenzivní péče) nebo elektrická tavící pec.

- Spotřeba 2. stupně důležitosti

Tyto spotřebiče nejsou tak závislé na nepřetržitosti dodávky elektrické energie. Výpadek se projeví omezením nebo zastavením výroby, avšak nedochází k narušení technologií, a tedy k větším ekonomickým ztrátám, ani k ohrožení zdraví nebo života. U těchto spotřebičů je nutné dodávku elektrické energie co nejrychleji obnovit, ale spotřebiče nevyžadují zvláštní opatření pro náhradní napájení elektrickou energií. Příkladem spotřebičů druhého stupně důležitosti jsou obráběcí stroje, mechanické dílny nebo různé průmyslové provozy.

- Spotřeba 3. stupně důležitosti

Mezi tyto spotřebiče patří všechny ostatní spotřebiče, u kterých nemusí být dodávka elektrické energie zajišťována zvláštními opatřeními. Příkladem spotřebičů třetí důležitosti jsou domácnosti, školy, úřady, ústavy, správní budovy a sklady. [7]

### 2.1.4. Normy pro záložní zdroje elektrické energie

V praxi existují normy, které se přímo zaměřují na záložní zdroje elektrické energie. Pro motorgenerátory je zpracována velice rozsáhlá norma ČSN ISO 8528 Střídavá zdrojová soustrojí pohaněná pístovými spalovacími motory. Norma probírá velice detailně všechny aspekty motorgenerátorů (použití, instalace, bezpečnost, provoz atd.). Pro UPS je zpracována norma ČSN EN 62040 Zdroje nepřerušovaného napájení (UPS). [7]

## 2.2. Podpůrné služby

Provozovatel přenosové soustavy (PPS) v ČR (ČEPS a.s.) je zavázán k zajištění kvality a spolehlivosti dodávky elektrické energie v přenosové soustavě (PS). To znamená udržovat frekvenci a napětí v PS na hodnotách definovaných Kodexem PS a garantovat nepřetržitost dodávky v odběrných místech. Základním předpokladem, jak toho dosáhnout, je udržení rovnováhy mezi výrobou a spotřebou, tedy zajištění chybějícího výkonu, snížení výroby či zajištění spotřeby podle situace.

PPS tedy musí mít k dispozici určitý pohotovostní regulační výkon, a jelikož zároveň ze zákona nesmí vlastnit žádné zdroje elektrické energie, je nucen si regulační výkon na elektrárenských blocích rezervovat na základě smluv s jednotlivými poskytovateli, tj. výrobci elektrické energie. Služby takto rezervované se nazývají podpůrné služby (PpS). Výrobci poskytující PpS se zavazují udržovat nasmlouvaný výkon, který splňuje kvalitativní požadavky dané PPS, v pohotovosti a poskytnout jej v případě potřeby.

Právě k tomuto účelu může být použit mimo jiné dieselgenerátor. ČEPS, a.s. už dokonce o takovém produktu uvažuje s tím, že by v blízké budoucnosti měl k dispozici velké množství strojů po celé republice, které by mohl použít k poskytování několika níže zmiňovaných podpůrných služeb. Skupina E.ON k tomuto účelu momentálně připravuje projekt, který by ověřil ekonomiku a celkovou proveditelnost projektu. Výsledky ještě nejsou známy, a ani nejsou hlavním cílem této diplomové práce, jedná se však o další možné využití stroje, který pro naše účely používáme.

Jednotlivé podpůrné služby:

- Primární regulace frekvence bloku (PR)
- Sekundární regulace výkonu bloku (SR)
- Minutová záloha (MZt±) (t=5, 15 minut)
- Snížení výkonu (SV<sub>30</sub>)
- Sekundární regulace napětí a jalových výkonů (SRUQ)
- Schopnost ostrovního provozu (OP)
- Schopnost startu ze tmy (BS)

Všechny podpůrné služby musí splňovat tyto obecné požadavky:

- Měřitelnost se stanovenými kvantitativními parametry a způsobem měření
- Garantovaná dostupnost služby během denního, týdenního a ročního cyklu s možností vyžádat si inspekci
- Certifikovatelnost – stanovený způsob prokazování schopnosti poskytnout služby pomocí periodických testů
- Možnost průběžné kontroly poskytování [9]



### 2.2.1. Obchodní zajištění PpS

Poskytování PpS je v ČR založeno na tržních principech. Pro jejich poskytování je nutné splnit všeobecné technické podmínky a uzavřít smlouvu s PPS. Výjimku tvoří služby SRUQ, OP a BS, které jsou zajišťovány na základě přímé smlouvy mezi společnostmi ČEPS a poskytovatelem PpS.

Ostatní PpS jsou zajišťovány pomocí výběrových řízení na tři roky, jeden rok a po zjištění konkrétních požadavků na kratší období. Ve výběrovém řízení na tříleté období se jedná o velké objemy, kde vyšší konkurence vede k nízkým cenám, zároveň ovšem znamená pro PPS nemožnost snížit nakoupené množství služeb v případě, kdy jich nebude potřeba, obvykle se tedy nakupuje 40-50 % potřeb. Dalších 30-40 % je obstaráno na jednotlivé roky, kde už se objemy poptávaných služeb liší v denním a nočním pásmu i pracovních a nepracovních dnech.

Až po zjištění konkrétních požadavků se v případě nedostatečného objemu nakoupí PpS na kratší období. Pro dokoupení potřeb např. z důvodu neočekávaných výpadků je zajišťován denní trh, který je organizován formou elektronické aukce na den dopředu.

Ceny jednotlivých PpS se vytvářejí na základě tržního principu, jedná se o ceny smluvní a výrobcům se platí za rezervaci nasmlouvané hodnoty, při aktivaci služby je dodaná energie hrazena jako regulační energie. [9]

### 2.2.2. Typy podpůrných služeb

- Primární regulace frekvence bloku (PR)

Jedná se o lokální automaticky řízenou funkci, která spočívá v přesně definované změně výkonu elektrárenského bloku v závislosti na odchylce frekvence. Pro tuto regulaci je trvale vyčleněna primární regulační záloha, která závisí na technologických vlastnostech bloku a požadavcích PPS. Tato záloha musí být k dispozici do 30 sekund od okamžiku vzniku výkonové nerovnováhy.

- Sekundární regulace výkonu bloku (SR)

Tato PpS zajišťuje změnu hodnoty výkonu bloku na základě požadavku sekundárního regulátoru frekvence a salda předávaných výkonů. Pro tuto regulaci je vyčleněna sekundární regulační záloha závislá na technologických parametrech bloku, která musí být k dispozici do 10 minut od vydání požadavku.

- Minutová záloha ( $MZ_{t\pm}$ ) ( $t=5$  minut)

Služba  $MZ_5$  nahradila od roku 2013 službu rychle startující desetiminutová záloha ( $QS_{10}$  – Quick Start 10). Byla tedy zkrácena požadovaná doba poskytnutí regulační zálohy z 10 na 5 minut.

Pod pojmem minutová záloha ( $MZ_5$ ) se myslí podpůrná služba, do které spadají elektrárenské bloky, připojené k ES ČR, které jsou do 5 minut od příkazu dispečinku ČEPS schopny poskytnout sjednanou regulační zálohu  $RZMZ_{5\pm}$ . Regulační zálohou se rozumí požadovaná kladná nebo záporná změna výkonu na svorkách poskytujícího zařízení.

Regulační záloha kladná  $RZMZ_{5+}$  může být realizována např. zvýšením výkonu bloku, odpojením čerpání přečerpávací vodní elektrárny (PVE), nenajetím naplánovaného čerpání PVE nebo odpojením odpovídajícího zatížení. Regulační záloha záporná  $RZMZ_5 -$  může být realizována např. snížením výkonu bloku, nebo připojením odpovídajícího zatížení.

Minimální velikost  $RZMZ_5$  jednoho bloku je 30 MW (pokud není s provozovatelem PS dohodnuto jinak), maximální velikost určuje PPS. Minimální doba, po kterou musí být garantováno poskytování  $RZMZ_5$ , jsou 4 hodiny, a to i v případě aktivace této služby na konci intervalu její rezervace.

Služby  $MZ_5$  se využívá k vyregulování výkonové nerovnováhy v PS, vzniklé např. při výpadku elektrárenského bloku, poruše v PS nebo při neočekávaném nárůstu zatížení.

Počet aktivací služby je jednou až čtyřikrát do měsíce s celkovou dobou využití nepřesahující 20 hodin za rok.

- Minutová záloha 15minutová, kladná a záporná

Jedná se o zařízení, připojená k ES ČR, obvykle elektrárenské bloky, která jsou do 15 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), nenajetím 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  $t=15$  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.

- Snížení výkonu (SV30)

Jedná se o schopnost elektrárenského bloku do 30 minut od požadavku dispečera snížit výkon o předem sjednanou hodnotu nebo zajistit úplné odstavení. Tato služba je využívána pro odregulování výkonové nerovnováhy při významné kladné odchylce výkonu, která přesahuje možnosti regulace pomocí SR a MZt.

Minimální velikost od jednoho poskytovatele je 30 MW a požadované snížení výkonu musí být garantováno po 24 hodin od aktivace.

- Sekundární regulace napětí a jalových výkonů (SRUQ)

Služba SRUQ je automaticky řízená funkce, která využívá smluvně dojednaný regulační rozsah jalového výkonu bloku pro regulaci velikosti napětí v pilotních uzlech energetické soustavy.

- Schopnost startu ze tmy

Startem ze tmy se rozumí schopnost najetí bloku elektrárny bez pomoci vnějšího zdroje napětí na jmenovité otáčky, dosažení jmenovitého napětí, připojení k síti a jejího napájení v ostrovním provozu. Této schopnosti se využívá při rozpadu sítě, tzv. blackout. Podmínkou je, aby součástí elektrárenského bloku byl nezávislý záložní zdroj, schopný dodat dostatečný výkon k rozběhu soustrojí elektrárny.

Typickým příkladem je využívání PVE, kde je záložní zdroj řešen např. dieselgenerátorem nebo prostřednictvím malé průtočné vodní elektrárny, která může zároveň sloužit k pokrytí vlastní spotřeby energie. Toto řešení je použito například v PVE Dalešice, kde je za tímto účelem zřízena průtočná vodní elektrárna Mohelno se dvěma soustrojími o výkonu přesahujícím 1,2 MW. Po rozběhu soustrojí PVE v Dalešicích se přes rozvodnu Slavětice spojí s jadernou elektrárnou Dukovany, která je schopna postupně obnovit napájení ve velké části přenosové soustavy ČR.

- Schopnost ostrovního provozu

Schopnosti elektrárny pracovat do vydělené části vnější sítě se říká ostrovní provoz. Ten se vyznačuje velkými nároky na regulační schopnosti bloku, v důsledku toho, že pracuje pouze do izolované části soustavy se značnými změnami frekvence a napětí. [9]

## 2.3. Legislativa

Při uzavírání smluv o PpS je zapotřebí dbát na platná nařízení a předpisy, a na to, aby požadavky v ní zakotvené byly vhodné pro zařízení provozovaná paralelně se sítí PDS a aby bylo vyloučeno rušivé zpětné působení na síť nebo zařízení dalších odběratelů.

Při uzavírání smluv o PpS je zapotřebí dodržovat:

- současně platné právní předpisy
- platné technické normy ČSN, PNE, případně PN PDS
- nařízení a směrnice PDS.

Typ PpS a její využití je třeba projednat a odsouhlasit s PDS.

Z hlediska splnění podmínek pro poskytování PpS či zjednodušení dálkového řízení jednotlivých výroben z dispečinku PDS může být vhodné u elektráren vytvořit tzv. fiktivní výrobnu. Fiktivní výrobnu může být tvořena větším počtem výroben, avšak za současné platnosti jednoho právního subjektu sdružujícím jednotlivé výrobní ve fiktivní výrobnu. [9]

### 2.3.1. Fiktivní výrobnu

Fiktivní výrobnu může být tvořena pouze výrobami připojenými do stejné napájecí oblasti 110kV nebo vn.

Fiktivní výrobnu z pohledu PDS tvoří jeden celek fyzických připojených výroben k DS poskytujících PpS, je tak i certifikována a nesmí poskytovat PpS pro jiný subjekt než PDS, s kterým má uzavřenou smlouvu na poskytování PpS. Fiktivní výrobnu je tvořena výrobami jednoho subjektu

- Při sloučení výroben více právních subjektů do jedné fiktivní výrobní, musí tyto subjekty z pohledu distributora vytvořit jeden právní subjekt, který bude PpS poskytovat
- Dispečink PDS bude vydávat sdružené povely pro tuto fiktivní výrobnu jako celek, dílčí podíl jednotlivých výroben tvořících fiktivní výrobnu na plnění požadavku na PpS je v kompetenci subjektu poskytujícím PpS.
- Z fiktivní výrobní se budou do řídicího systému PDS přenášet hodnoty skutečného a požadovaného činného a jalového výkonu Z fiktivní výrobní se musí do řídicího systému PDS přenášet signál o nabídce PpS
- Z fiktivní výrobní se musí do řídicího systému PDS přenášet hodnota svorkového činného výkonu P a jalového výkonu Q

Možnost tvorby a způsobu členění fiktivní výroby jsou podmíněny vzájemnou dohodou mezi provozovatelem fiktivní výroby a provozovatelem DS. Podkladem pro dohodu o fiktivní výrobě je certifikační autoritou zpracovaná studie „Studie možných konfigurací a variant fiktivní výroby“. Certifikace musí respektovat způsob tvorby fiktivní výroby a její možné provozní varianty.

U výroben, u kterých se předpokládá využití jejich regulačních vlastností jako podpůrných služeb, musí vlastník tohoto zařízení nechat vyhotovit studii připojitelnosti výroby pro potřeby PpS.

Studie připojitelnosti výroby pro potřeby PpS musí zohledňovat cílový stav pro všechny uvažované zdroje v dané oblasti a dále všechny provozní stavy, přicházející v úvahu. Kromě dodržení napěťových poměrů musí studie kontrolovat také změnu činných ztrát. Pokud studie doloží nepříznivý vliv na průběh napětí, a to nejenom konstantní změnu, ale i na jeho kolísání, anebo na výši ztrát, je v těchto případech vhodné posoudit přínos aktivního řízení U/Q. Při posuzování výroby připojené do soustavy vvn je nutné zpracovávanou studii rozšířit o posouzení reálné závislosti regulačního výkonu OZE na změny odbočky transformátoru 400 (220) / 110 kV. Regulační zásah musí respektovat regulační možnosti transformátoru.

Součástí studie musí být také popis vazeb mezi výrobnou a dispečinkem PDS včetně seznamu přenášených signálů.

PDS je povinen poskytnout zpracovateli studie připojitelnosti pro potřeby PpS potřebné podklady o síti. [9]

## 3. Analýza potenciálních skupin zákazníků a možnosti uplatnění navrhovaného řešení

### 3.1. Vyhlažování diagramu spotřeby

#### 3.1.1. Cíl projektu

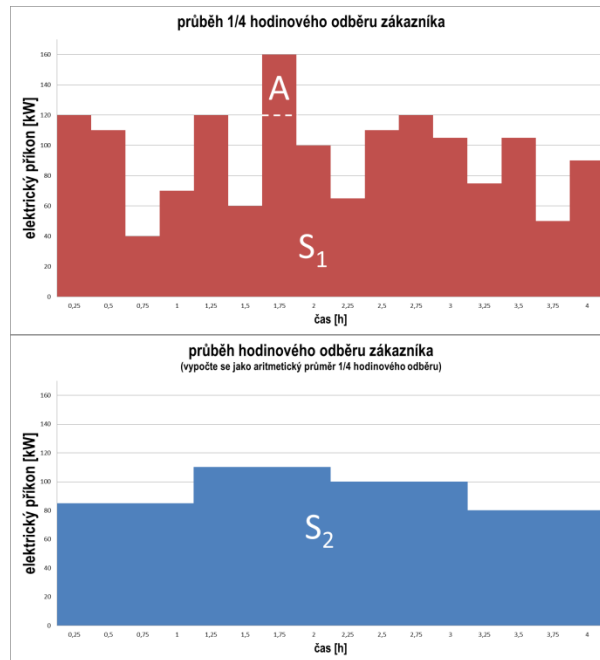
Hlavním podnětem pro mou diplomovou práci je projekt, na kterém spolupracuji ve firmě E.ON Distribuce, a.s.. Primárním úkolem tohoto projektu je řídit elektrický příkon, který se v odběrných místech připojených k distribuční soustavě na úrovni vn vyhodnocuje v čtvrt hodinových intervalech. V podstatě se jedná o maximální hodnotu elektrické práce odebranou za čtvrt hodinu.

Při současných cenách silové elektřiny nad 30 EUR/MWh, tvoří kapacitní platby značnou část celkové ceny za sdruženou službu dodávky elektřiny. Pokud si uvědomíme, že vhodným nákupem realizovaným ve stejnou dobu prostřednictvím výběrového řízení může zákazník dosáhnout mezi dodavateli silové elektřiny (tj. té tržní části dodávky) dosáhnout úspory na úrovni jednotek procent, tak řízením svého příkonu může za vhodných podmínek dosáhnout až 10% úspory z celkové ceny sdružené služby dodávky.

U jakých zákazníků přináší řízení příkonu největší efekt? V principu největšího efektu se dá dosáhnout u zákazníků, kteří mají velké výkyvy ve ¼ hodinových odběrech a jejichž maximální odběr má poměrně malou četnost, cca. kolem 300 případů ročně. Naopak žádný efekt nemá u zcela plochých ¼ hodinových diagramů, u kterých fakticky není co řídit.

Co se myslí řízením a jak se provádí? Pokud chceme řídit příkon, tak máme v zásadě 2 možnosti. První, dnes poměrně rozšířená možnost, je odepínání příkonu v průběhu kritické ¼ hodiny. V podstatě jde o řízení vypínání vyčleněných spotřebičů, které jsou spojeny s centrálním řídicím prvkem, který je propojen s měřením odběrného místa.

Druhá, dle mého názoru lepší varianta spočívá v připojení zdroje elektřiny, jehož efekt je analogický s odpínáním zátěží, avšak zákazníka nijak neomezuje a není nutné složité propojování systému a spotřebičů.

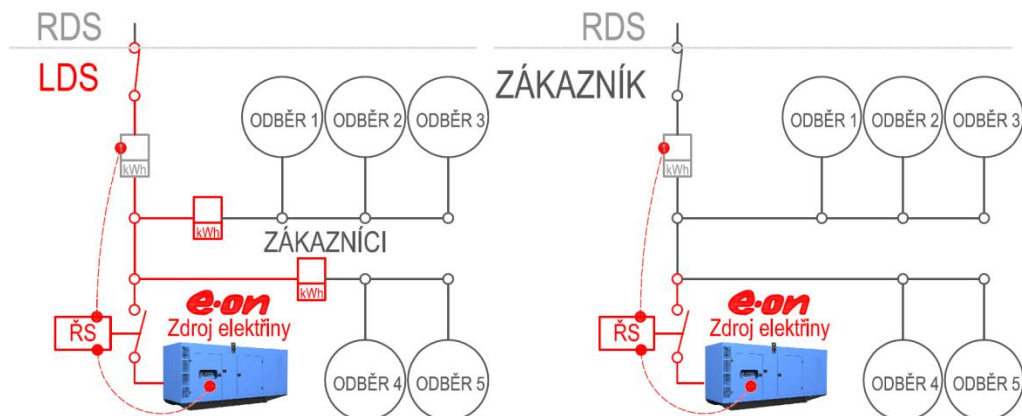


Obrázek 11: Průběh odběru elektřiny zákazníka [10]

Elektrická práce je v obrázku zobrazena jako plocha  $S_1$ , respektive  $S_2$ , přičemž obě plochy jsou shodné ( $S_1=S_2$ ). Ačkoliv hodinový diagram, který používá pro bilancování dodávky elektřiny obchodník je poměrně plochý, čtvrt hodinový diagram dodávky vykazuje velké odchylky od průměrné hodinové hodnoty (více kolísá). Nejdůležitější zde je čtvrt hodinový úsek označený **A**, ve kterém došlo k významně většímu odběru elektřiny než v ostatních čtvrt hodinách z výběru. Tuto část elektřiny si můžeme vyrobit sami vhodným zdrojem.

Zdroj může být v principu zapojen dvěma způsoby, v závislosti na zvolený technickoekonomický model spolupráce a partnery, kterým je služba „řízení příkonu“ poskytována. Varianty zapojení jsou uvedeny na obrázku níže.

První varianta ukazuje zapojení zdroje do LDS, druhá varianta zapojení přímo do odběrného místa zákazníka.



Obrázek 12: Varianty zapojení zdroje [10]

Základní zapojení zdroje, při kterém nejlépe využijeme silné stránky společnosti ECD, jsou v principu dvě. První je zapojení do existující, nebo nově zřízené LDS, kterou ECD provozuje, druhé přímo do odběrného místa zákazníka. Přerušovanou čarou je naznačena komunikační a řídicí logika, která zajistí správné načasování připojení a odpojení zdroje.

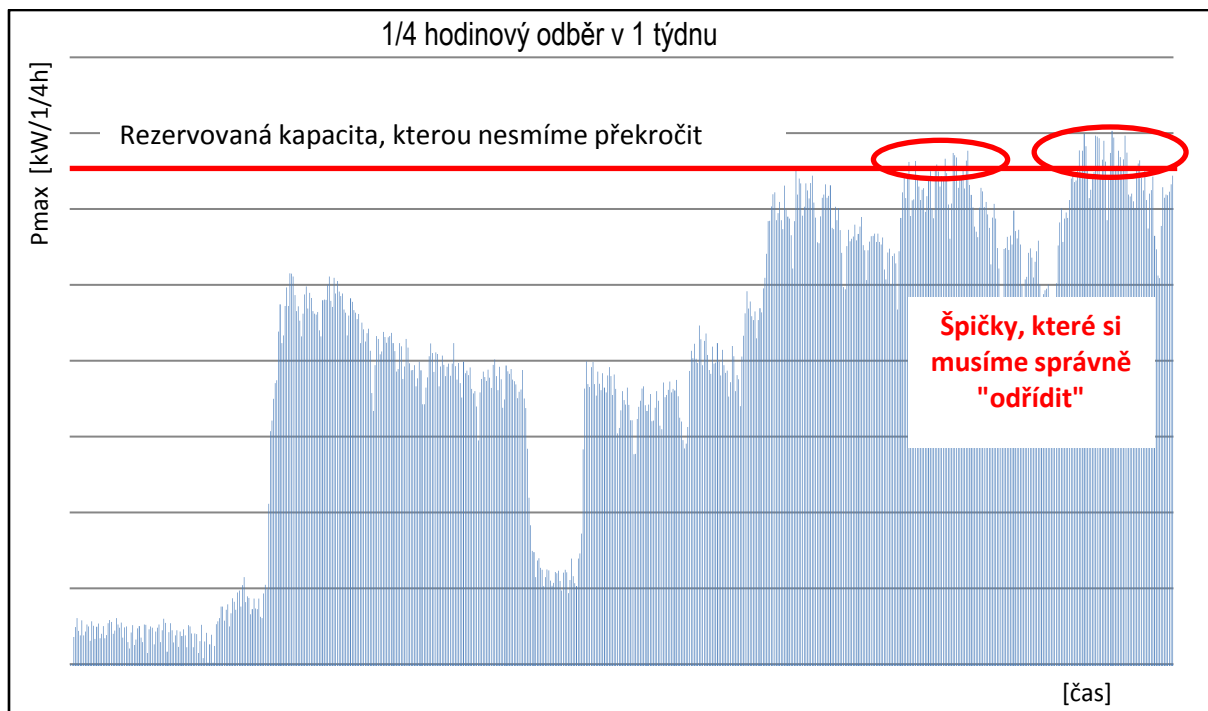
Pole pro uplatnění společnosti E.ON je poměrně široké, avšak zde hraje hlavní roli licence na výrobu elektřiny, která umožní nabízet popisované řešení bez toho, aby si konečný zákazník musel takovou licenci pořizovat a rozšiřovat tak své podnikání do oboru, který není jeho hlavním předmětem podnikání. [10]

### 3.1.2. Princip regulace

Cílem distributora elektrické energie je mít na straně zákazníků pokud možno konstantní odběr. Jedním z opatření, jak toho dosáhnout, je zamezit odběrovým špičkám u jednotlivých zákazníků. Smluvně to znamená, že zákazník nesmí překročit maximální sjednané množství elektrické energie, kterou odebere během patnáctiminutového intervalu. Překračování čtvrt hodinového maxima hlídá digitální elektroměr, instalovaný u zákazníka. Čím je nasmlouvaná hodnota větší, tím je sice menší riziko jejího překročení, ale zároveň zákazník platí za povolené maximum vyšší paušální poplatky.

Aby byl zákazník schopen nasmlouvanou maximální hodnotu efektivně využít a přitom nepřekročit, využívá regulátory čtvrt hodinového maxima: zařízení, která snímají aktuální odběr.





Graf 1: 1/4 hodinový odběr v 1 týdnu [10]

Jako vstupní informaci pro algoritmus potřebujeme jednak množství energie odebrané v aktuální čtvrt hodině, jednak informaci o tom, kdy aktuální čtvrt hodina začala a kdy končí (musíme být sesynchronizováni s elektroměrem, abychom počítali stejně jako on: čtvrt hodina nám musí začít ve stejný okamžik, jako hlídacímu algoritmu maxima v elektroměru).

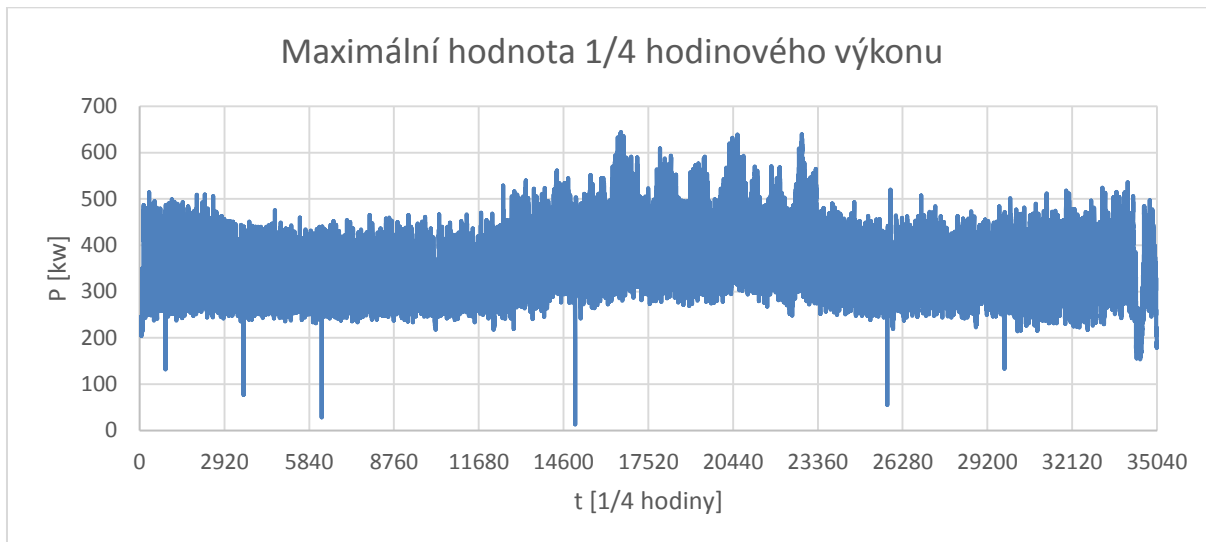
Množství energie dostáváme v podobě impulsů z pulsního výstupu elektroměru. Druhým signálem je synchronizační signál. Elektricky je stejný jako signál o množství energie, elektroměr ho ale vysílá jednou za 15 minut, vždy se startem nové čtvrt hodinové periody. Na základě náběžné hrany synchronizačního impulsu musí algoritmus zahájit novou čtvrt hodinu.

Pro tento projekt je rozhodovacím okamžikem konec 7. minuty. Tento interval byl zvolen na základě kompromisu, dřív se nevyplatí zapínat dieselgenerátor, protože se odběr ještě pořád může změnit a klesnout do daných mezí. Na druhou stranu, zapínat stroj pozdě má také svoje nevýhody, konkrétně nedostatek času vykonat práci, pokud navíc ještě připočítáme 1 minutu na to, aby se stroj dostal na maximum svého výkonu. Pokud tedy v 7 minutě počítač vyhodnotí, že bychom přesáhli rezervovanou kapacitu, stroj začne pracovat a vyrábět energii, místo toho, abychom odpojvali odběr. [10]

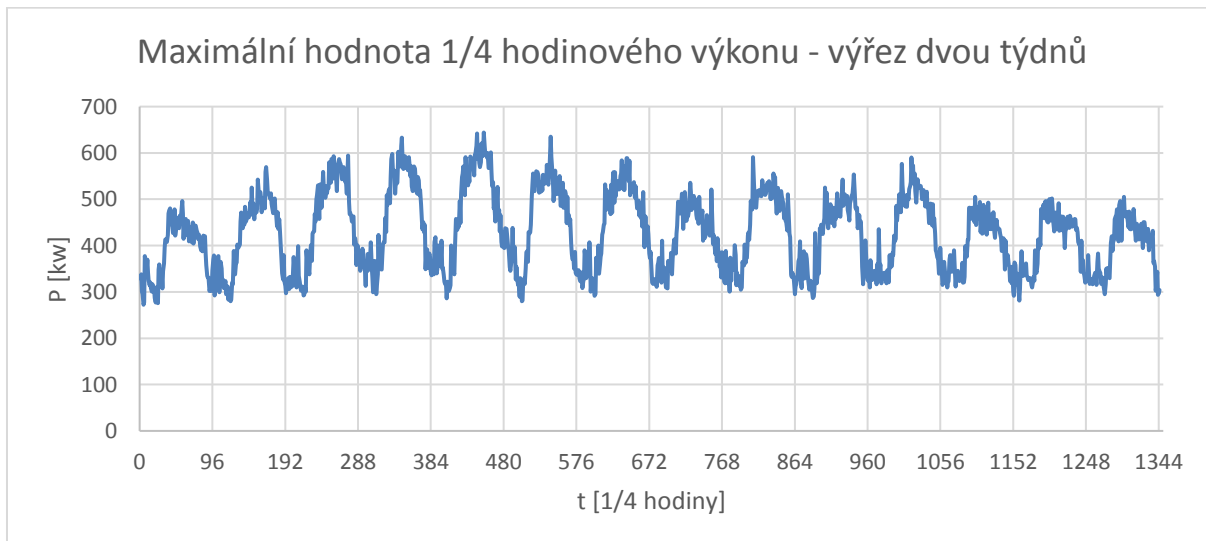
Největší výhodou této regulace a hlavní důvod, proč se takto dají ušetřit peníze najdeme, pokud se podíváme na to, co se vlastně myslí  $\frac{1}{4}$  maximem. Jedná se totiž o průmět  $\frac{1}{4}$  hodinového výkonu do jedné hodiny. Ve chvíli, kdy tedy budeme regulovat  $\frac{1}{4}$  hodinový výkon, ovlivňujeme tím hodinové maximum. Díky tomu je ale vyrobená energie pouze čtvrtinová.

## 3.2. Analýza diagramů

### 3.2.1. Diagram 1 - Hypermarket



Graf 2: maximální hodnota 1/4 hodinového výkonu (hypermarket) [11]

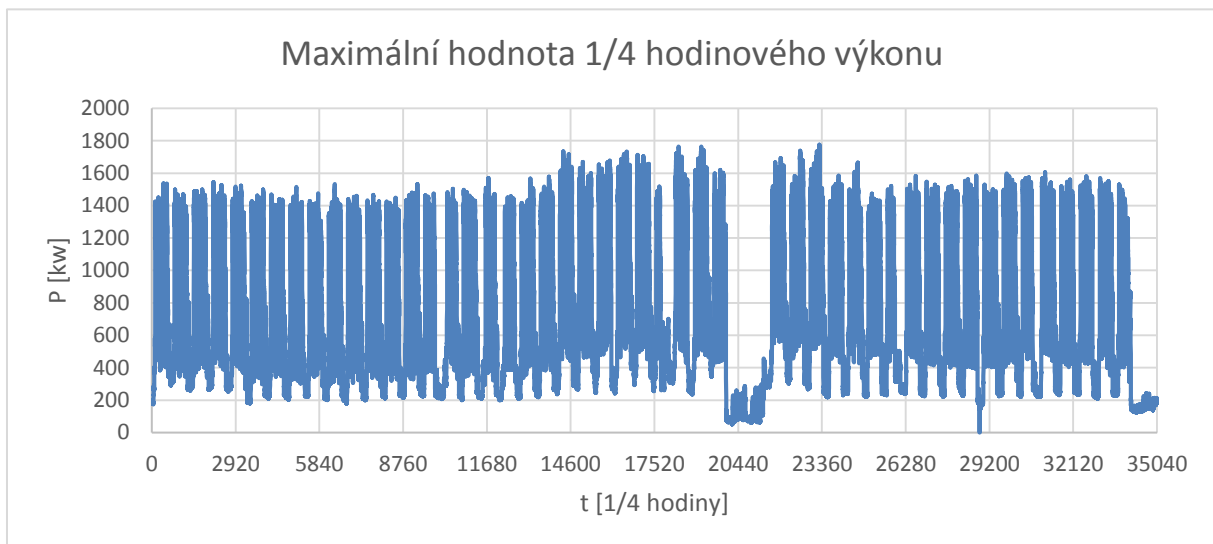


Graf 3: maximální hodnota 1/4 hodinového výkonu – dva týdny [11]

Na tomto diagramu je vyobrazena spotřeba hypermarketu. Můžeme si všimnout, že nejsou vidět téměř žádné rozdíly mezi pracovním dnem a víkendem, neboť hypermarket je otevřený po celý týden stejně. Naproti tomu je vidět rozdíl v letních měsících, a to hlavně s kvůli klimatizaci. Dále na výřezu můžeme pozorovat jednotlivé dny, protože v noci je odběr minimální.

Pro systém optimalizace pomocí dieselu nemusí být tento diagram úplně ideální, a to kvůli velkým rozdílům mezi letními měsíci a zbytkem roku. Velká část úspory by se patrně dala najít objednáváním měsíční rezervované kapacity. Nicméně po porovnání výsledků ve výpočetní části uvidíme, že i zde má optimalizace pomocí dieselgenerátoru svá opodstatnění.

### 3.2.2. Diagram 2 – Výrobní závod



Graf 4: maximální hodnota 1/4 hodinového výkonu (výrobní závod) [11]



Graf 5: Výřez 1/4 hodinového výkonu [11]

Na tomto diagramu je zobrazen roční odběr výrobního závodu. Na grafu jsou poměrně jasně vidět velké rozdíly v pracovních dnech a víkendy, kdy výrobní závod má spotřebu elektrické energie minimální. Dále zde můžeme pozorovat poměrně stabilní provoz po celý rok, s výjimkou několika velkých výkyvů v letních a zimních měsících, kdy měl závod

minimální spotřebu. To je způsobeno směny, kterými se závod řídí. Další anomálií je potom špička kolem léta.

Pro program optimalizace je tento diagram poměrně velmi výhodný, neboť se dá plošně po celý rok nastavit jedna hladina rezervované kapacity, přičemž počet startů stroje se pohybuje kolem 300, což ve výsledku přináší poměrně zajímavé ušetřené peníze.

Pro oba tyto diagramy je typické, že se zde vyskytují tzv. „špičky“ v odběrech. To je pro nás velmi výhodné, neboť na jejich existenci stojí opodstatnění této optimalizace. Pokud by byl graf víceméně plochý, tedy bez výrazných špiček, nemá cenu se o optimalizaci snažit.

## 4. Popis výpočetního modelu

### 4.1. Vstupní hodnoty

Matematický model pro výpočet optimalizace funguje zcela samostatně, pouze se do něj vloží některá data, která jsou k výpočtu potřeba. Na první kartě „Vstupní hodnoty“ se vloží data, která se budou měnit pro každého zákazníka, a to je celková roční spotřeba [MWh] (od ní se odvíjí velké množství plateb, které nám dají celkovou částku, kterou podnik platí za odběr elektřiny), dále potom rezervovaná kapacita [kW] a rezervovaný příkon [kW].

Jako poslední krok je potom nutné zvolit distribuční síť, ve které se podnik nachází, a to kvůli různým cenám jednotlivých služeb, které si distributoři účtují. Tento model počítá se třemi hlavními distributory, ostatní malé distribuční sítě byly zanedbány.

Tabulka 1: Vstupní data [11]

Vstupní veličina	Hodnota	Jednotky
Spotřeba zákazníka	3179	MWh
Rezervovaná kapacita	680	kWh
Rezervovaný příkon	710	kWh
Distribuční síť		
ČEZ	1	-
EON	0	-
PRE	0	-

### 4.2. Zdrojová data

V této záložce jsou uložena všechna data, se kterými model počítá a které jsou společné pro všechny zákazníky. Nicméně to neznamená, že tato data se v čase nemohou měnit, např. cena nafty nebo cena elektřiny na trhu se může poměrně radikálně změnit. Cena nafty ve výsledku tolik ekonomiku projektu neovlivňuje, proto na ni nebyla provedena citlivostní analýza. Cena elektřiny sice výsledek ovlivní, nicméně ušetřená částka bude stále stejná, jen bude tvořit jiné procento z celkové platby za elektřinu. Pro model jsem tedy počítal s konstantní cenou 800 Kč/MWh.

Data můžeme dělit do dvou podskupin, a to vztahující se k elektřině nebo k dieselu. Pro elektřinu je to konkrétně cena rezervované kapacity, cena za použití sítě, složka ceny na podporu obnovitelných zdrojů, poplatky na činnost operátora trhu a Energetického regulačního úřadu, penále za překročení rezervované kapacity, cena elektřiny na trhu a daň z elektřiny. Všechny tyto položky, kromě ceny elektřiny, kterou zjistíme na burze, najdeme uvedené v platném cenovém rozhodnutí Energetického regulačního úřadu. V době psaní této diplomové práce se jedná o č.6/2017 ze dne 21. 11. 2017.

Složka ceny na podporu obnovitelných zdrojů není pouze jedno číslo, může se počítat dvěma způsoby, a to: roční spotřeba [MW] \* 495 [Kč/MW], nebo rezervovaný příkon [MW] \* 65 424 [Kč/MW]. Výsledky se porovnají a počítá se s menším číslem.

Další podskupinou jsou data týkající se použitého dieselového motoru. Pro tento model byl použit stroj společnosti Caterpillar C13 Acert 399 kVA, který byl vybrán jako jeden z nejlepších a nejspolehlivějších strojů dostupných na českém trhu. Pro nás důležitá data jsou spotřeba stroje (brána v největší zátěži), dostupný výkon stroje a současná cena nafty (bez DPH). Další položky jsou pouze pomocné výpočty pro fungování modelu.

Poslední důležitou položkou je projektovaná úspěšnost startů. Ne vždy, když motoru přijde povel ke startu, skutečně začne pracovat, z nejrůznějších důvodů (porucha, teplota okolí apod.) Caterpillar, který se pyšní nejvyšší spolehlivostí na trhu, udává tuto úspěšnost kolem 98 %. V tomto případě toto číslo slouží k simulaci úspěšnosti startů (viz. dále)

Tabulka 2: Vstupní data 1 [11]

Veličina	Hodnota	Jednotky
Cena rezervované kapacity	171 705	Kč/MW/měsíc
Cena za použití sítě	44,16	Kč/MWh
Cena systémových služeb	93,63	Kč/MWh
Cena POZE	46 459	Kč/MW/měsíc
Poplatek OTE, ERÚ	5,4	Kč/měsíc
CAL XY	800	Kč/MWh
Daň z elektřiny	28	%
DPH	21	%
Spotřeba stroje	83,5	l/h
	1,4	l/min
Cena nafty	23,5	Kč/l
Výkon stroje	360	kW
Minutová práce stroje	6,00	kWh/min
Maximální regulovatelná hodnota	168	kW
Projektovaná úspěšnost startů	98	%
Penále za překročení	687	Kč/kW

Tabulka 3: Zdrojová data 2 [11]

Distribuční síť	Cena za RK	Použití sítě	Penále za překročení
	Kč/MW/měsíc	Kč/MWh	Kč/MWh
ČEZ	171 705	44,16	686 820
EON	143 903	49,51	575 612
PRE	193 631	50,73	774 524

### 4.3. Výpočet platby zákazníka

V této záložce dochází k výpočtu nákladů zákazníka před a po optimalizaci.

#### 4.3.1. Před optimalizací

Platby zákazníka před optimalizací se skládají z několika částí. První započítanou položkou je platba za rezervovanou kapacitu. Platba se vypočítá jako rezervovaná kapacita vynásobená cenou za rezervovanou kapacitu.

Další položkou je platba za použití sítě. Platba se spočítá jako roční spotřeba vynásobená cenou za použití sítě daného distributora.

Velmi významnou položkou, která ovlivní výsledek celého procesu, je penále za překročení kapacity. Cena za překročení rezervované kapacity v kalendářním měsíci je rovna čtyřnásobku pevné měsíční ceny za roční rezervovanou kapacitu. Tato položka se před optimalizací vyskytovat může a nemusí, každopádně větší roli bude pravděpodobně hrát po optimalizaci.

Další položkou, která do výpočtu vstupuje, bývá platba za účinník. V tomto modelu tuto platbu zanedbáváme, protože tato optimalizace nebude mít na účinník žádný vliv, platba před a po optimalizaci budou tedy stejné.

Dále musíme připočítat pevnou cenu za systémové služby poskytované provozovatelem přenosové soustavy účastníkům trhu s elektřinou, jejichž zařízení je připojeno k elektrizační soustavě České republiky, která je vyčíslena na 93,63 Kč/MWh.

Dále musíme připočítat daň z elektřiny, kdy se účtuje 28 Kč/MWh.

Sečtením všech těchto položek dostaneme celkovou sumu nákladů na nákup elektřiny (ceny počítáme bez DPH, neboť uvažujeme, že všichni zákazníci, kteří mohou tuto optimalizaci využít, jsou plátcí DPH, a tudíž si ji mohou odečíst).

Tabulka 4: Platba zákazníka před optimalizací [11]

Před optimalizací		
Platba za odběrné místo (VN)	Celkem	Jednotky
Služby distributora		
Rezervovaná kapacita	1 393 499	Kč
Použití sítě	140 373	Kč
Účinník	0	Kč
Ostatní služby		
Systémové služby	297 626	Kč
POZE	557 507	Kč
OTE, ERÚ	65	Kč
Silová elektřina		
Nákup CAL 19	2 542 995	Kč
Součet		
Cena bez daní	4 932 066	Kč
Daň z elektřiny	89 005	Kč
Penále	0	Kč
Cena s daní z elektřiny (bez DPH)	5 021 070	Kč

#### 4.3.2. Po optimalizaci

Výpočet platby pro optimalizaci probíhá stejným způsobem, jako před optimalizací, jen do něj budou vstupovat jiné hodnoty:

- Spotřeba zákazníka – bude menší o tu část špiček, které si zákazník vyrobí dieselem
- Rezervovaná kapacita – největší část ušetřených peněz kvůli menším platbám za RK
- Penále – kvůli úspěšnosti startů menší než 100 % je pravděpodobné, že zákazník bude platit penále za překročení RK

#### 4.4. Výpočetní model

Zde dochází k samotnému výpočtu optimalizace. Model vysvětluji po jednotlivých sloupcích (pokud je to potřeba)

Datum a čas udává, kdy byla jednotlivá hodnota naměřena.

Maximální hodnota čtvrt hodinového výkonu – hlavní sledovaná veličina.

Nová rezervovaná kapacita – na začátku měsíce vždy nastaví takovou hladinu, která byla určena jako optimální. Hodnotu nám určila funkce Řešitel v Excelu, a to tím způsobem, že



hledal co nejnižší největší úsporu peněz v konečném součtu. Algoritmus potom vždy zkoumá, zda došlo k překročení její hodnoty, ať už z důvodu neúspěšného startu motoru, nebo jeho nedostatečného výkonu. Pokud k překročení dojde, nastaví novou hodnotu sloupce na hodnotu zvýšenou o rozdíl překročení, protože na tu se nyní bude regulovat.

Start dieselu indikuje, zda se odeslal pokyn diesel nastartovat, a to prostým porovnáním naměřené čtvrt hodiny a nové rezervované kapacity, pokud je naměřená hodnota vyšší, spouští diesel.

Pomocná proměnná – zde simulujeme úspěšnost startu dieselu – při nastartování dieselu vygeneruje číslo od nuly do sta, pokud je číslo vyšší než zadaná hodnota projektované úspěšnosti, nasimuluje neúspěšný start. Touto simulací je zajištěno, že dojde k náhodnému rozložení neúspěšných startů, nicméně nedodrží přesně zadanou úspěšnost. Abychom zabránili chybě, bylo provedeno 1000 měření a jejich výsledky jsou zapsány níže (viz. kapitola 4.6.).

Proměnná úspěšný start říká, zda diesel naskočil, či nikoliv.

Proměnná změna RK určí, na kolik se má nastavit nová hodnota RK. Pokud došlo k neúspěšnému startu, nastaví naměřenou čtvrt hodinu, pokud chyběl výkon, zvýší RK o tento chybějící výkon.

Regulovaný výkon teoretický říká, kolik by chtěl diesel regulovat jednoduchým porovnáním naměřené čtvrt hodiny a RK.

Regulovaný výkon praktický tuto hodnotu porovná s maximálním možným regulovaným výkonem, který zjistíme tak, že vezmeme stroj a necháme ho běžet naplno po dobu sedmi minut (v sedmé minutě detekujeme problém, minutu necháme stroji na naběhnutí na plné otáčky a sedm minut reguluje). Pokud je teoretický výkon vyšší než maximální, zapíše hodnotu maximálního výkonu.

Elektrická práce spočítá, jakou práci stroj odvede, vydělením regulovaného výkonu čtyřmi (viz. princip regulace 3.1.2.).

Doba provozu spočítá, jak dlouho stroj poběží pomocí práce, kterou je stroj schopen vykonat za jednu minutu.

Do sloupce chybějící výkon se zapíše hodnota výkonu, o který byla překročena RK, ať už z důvodu neúspěšného startu motoru nebo nedostatečného maximálního výkonu stroje.

Maximální měsíční překročení RK vybere maximální hodnotu chybějícího výkonu v rámci jednoho měsíce, protože z této hodnoty se počítá penále.

To samé se provede pro srovnání s rezervovaným příkonem.

## 4.5. Výstupy modelu

V této záložce jsou rekapitulována a orientaci vypsána všechna nejdůležitější data a vypočítané výsledky.

Pro lepší představu se zobrazí hodnota vypočítaná platba zákazníka před optimalizací a po optimalizaci, srovnáním těchto dvou výsledků můžeme spočítat, kolik může zákazník ušetřit za jeden rok provozu.

Nová rezervovaná kapacita – hodnota nalezená funkcí Řešitel, od které se bude odvíjet nová platba.

Zároveň se zobrazí počet nastartování dieselu a vidíme též, jaká byla úspěšnost startování.

Dále jsou zde shrnuty veškeré další výdaje spojené s provozováním optimalizace – palivové náklady na naftu a penále za překročení rezervovaného příkonu a kapacity.

Tabulka 5: Výsledky po optimalizaci [11]

Výsledky po optimalizaci		
Platba zákazníka před optimalizací	5 021 070	Kč
Platba zákazníka po optimalizaci	4 797 464	Kč
Ušetřeno	223 607	Kč
Nová rezervovaná kapacita	559	kW
Počet startů	243	-
Počet úspěšných startů	240	-
Úspěšnost startů	98,77	%
Počet nedostatečných výkonů	3	-
Max chybějící výkon	19	kW
Palivové náklady	6 524	Kč
Překročená RK	35	kW
Překročený RP	0	
Placené penále	24 150	Kč

Tabulka 6: Porovnání výsledků [11]

Před optimalizací		
Spotřeba zákazníka	3178,744	MWh
Rezervovaná kapacita	676	kW
Rezervovaný příkon	710	kW
Po optimalizaci		
Spotřeba zákazníka	3177,55	MWh
Rezervovaná kapacita	559	kW
Rezervovaný příkon	696	kW
Rozdíl		
Spotřeba zákazníka	-1194	kWh
Rezervovaná kapacita	-118	kW
Rezervovaný příkon	-14	kW
Ušetřeno	223 607	Kč

#### 4.6. Statistické šetření

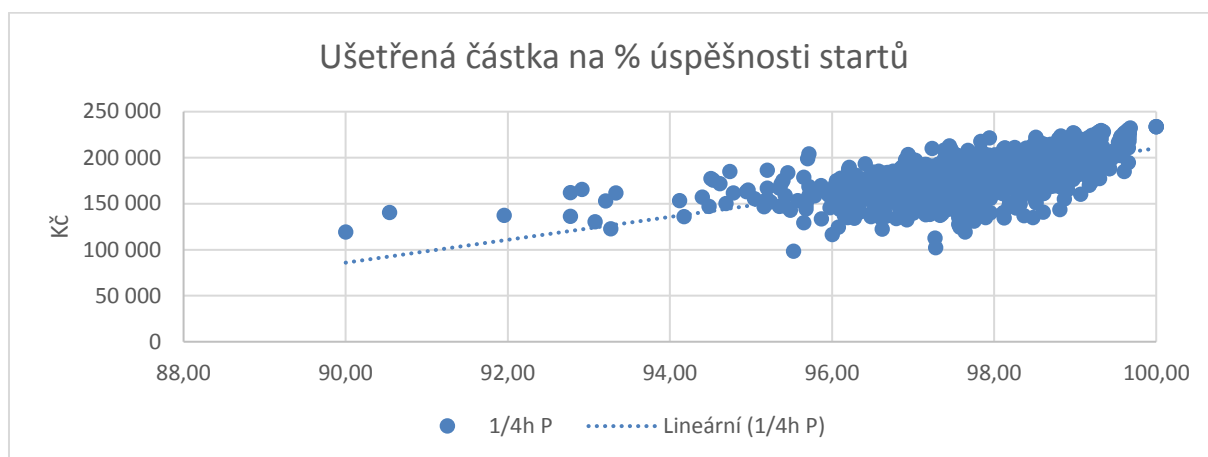
Jelikož výše ušetřené částky záleží na náhodné veličině, a to v jaké části měsíce diesel nenastartuje, nemůžeme počítat pouze s jedním výsledkem, protože ten se bude pokaždé měnit. Provedl jsem proto statistické šetření, kdy jsem nechal tento výpočet provést tisíckrát, abych měl vypovídající statistický vzorek. Nechal jsem zaznamenat ušetřenou částku, procento úspěšnosti startů, palivové náklady a placené penále. Výsledky prvních deseti výpočtů jsou zobrazeny níže.

Tabulka 7: Výňatek ze statistického šetření [11]

Číslo výpočtu	Ušetřeno [Kč]	% úspěšnost startů	Náklady [Kč]	Penále [Kč]
1	202 332	97,99	4 629	36 225
2	190 091	97,39	6 003	47 090
3	155 619	96,80	3 223	84 343
4	198 711	97,50	4 369	40 105
5	187 265	97,12	3 397	52 523
6	197 622	98,00	5 458	40 105
7	204 742	98,51	6 098	32 344
8	151 397	96,00	3 564	88 224
9	188 728	97,42	4 262	50 194
10	200 132	98,80	7 261	35 791

#### 4.6.1. Výsledky diagramu 1 - hypermarket

Závislost ušetřené částky na procentu úspěšnosti startů vidíme na tomto grafu



Graf 6: Závislost ušetřené částky na % úspěšnosti startů [11]

Abych mohl výsledky lépe interpretovat, rozdělil jsem výsledky do následujících intervalů.

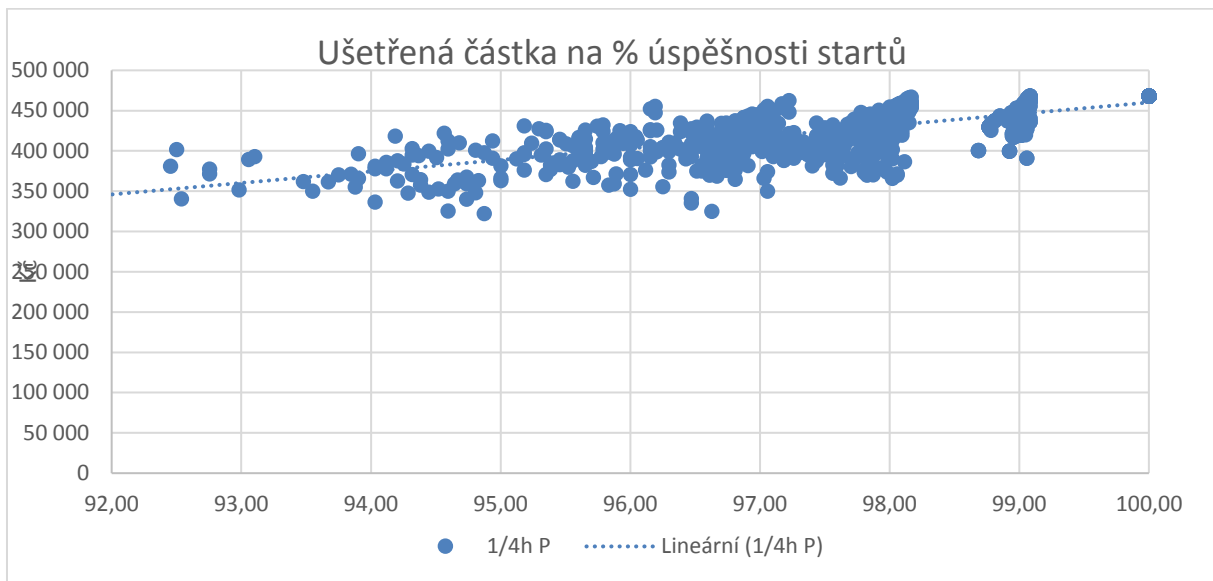
Tabulka 8: Intervaly statistického šetření [11]

	Horní hranice intervalu	Absolutní četnost	Relativní četnost
1	98 611	1	0,10 %
2	107 613	1	0,10 %
3	116 615	2	0,20 %
4	125 617	6	0,60 %
5	134 619	10	1,00 %
6	143 621	36	3,60 %
7	152 623	47	4,70 %
8	161 625	71	7,10 %
9	170 628	92	9,20 %
10	179 630	134	13,40 %
11	188 632	170	17,00 %
12	197 634	142	14,20 %
13	206 636	140	14,00 %
14	215 638	82	8,20 %
15	224 640	44	4,40 %
16	233 643	22	2,20 %
		1000	100,00 %

Jako hodnotu, se kterou počítám do investičního modelu, jsem určil vážený průměr středů intervalů. Každopádně s udávanou (pro stroje Caterpillar) úspěšností startů 98 % se pohybujeme nad částkou minimálně 130 000 Kč.

#### 4.6.2. Výsledky diagramu 2 – výrobní závod

Závislost ušetřené částky na procentu úspěšnosti startů vidíme na tomto grafu.



Graf 7: Závislost ušetřené částky na % úspěšnosti startů [11]

Abych mohl výsledky lépe interpretovat, rozdělil jsem výsledky do následujících intervalů.

Tabulka 9: Intervaly statistického šetření [11]

	Horní hranice intervalu	Absolutní četnost	Relativní četnost
1	322 470	1	0,10 %
2	332 184	3	0,30 %
3	341 898	5	0,50 %
4	351 612	6	0,60 %
5	361 326	10	1,00 %
6	371 039	25	2,50 %
7	380 753	28	2,80 %
8	390 467	37	3,70 %
9	400 181	62	6,20 %
10	409 895	63	6,30 %
11	419 609	89	8,90 %
12	429 322	104	10,40 %
13	439 036	143	14,30 %
14	448 750	113	11,30 %
15	458 464	131	13,10 %
16	468 179	180	18,00 %
		1000	100,00 %

Jako hodnotu, se kterou počítám do investičního modelu, jsem určil vážený průměr středů intervalů. Každopádně s udávanou (pro stroje Caterpillar) úspěšností startů 98 % se pohybujeme nad částkou minimálně 350 000 Kč.

Pro oba tyto závody se tedy vyplatí optimalizaci využívat. Uspořená částka tvoří pod 5 % celkové roční platby, nicméně se stále jedná o zajímavé částky.

## 4.7. Investiční model

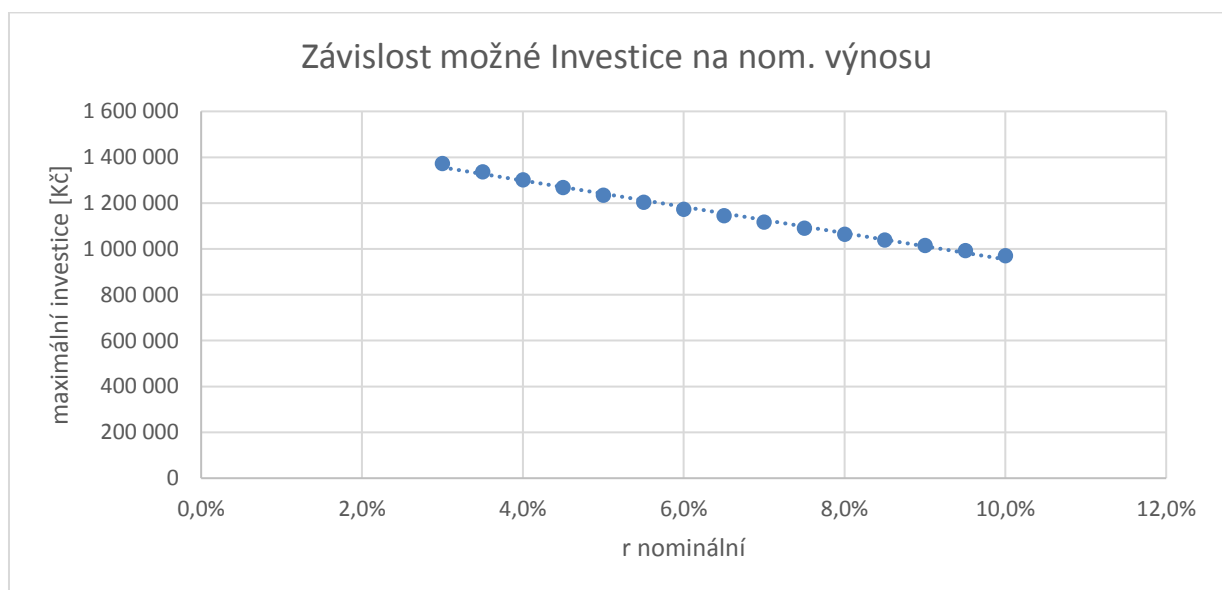
### 4.7.1. Diagram 1 - Hypermarket

Tabulka 10: Investiční model [11]

rok	Investice [Kč]	ušetřeno [Kč]	náklady [Kč]	inflace	r. výnos	nom. výnos	odpisy [Kč]	daňový základ [Kč]	daňová sazba	daň [Kč]	CF [Kč]	DCF [Kč]
0	1 235 082										-1 235 082	-1 235 082
1		183 397	5 318	2 %	5,0 %	7,10 %	247 016	-68 937	19 %	-13 098	191 177	178 504
2		183 397	5 318	2 %	5,0 %	7,10 %	395 226	-217 147	19 %	-41 258	219 337	191 220
3		183 397	5 318	2 %	5,0 %	7,10 %	296 420	-118 340	19 %	-22 485	200 564	163 262
4		183 397	5 318	2 %	5,0 %	7,10 %	197 613	-19 534	19 %	-3 711	181 791	138 170
5		183 397	5 318	2 %	5,0 %	7,10 %	98 807	79 273	19 %	15 062	163 018	115 688
6		183 397	5 318	2 %	5,0 %	7,10 %	0	178 079	19 %	33 835	144 244	95 579
7		183 397	5 318	2 %	5,0 %	7,10 %	0	178 079	19 %	33 835	144 244	89 243
8		183 397	5 318	2 %	5,0 %	7,10 %	0	178 079	19 %	33 835	144 244	83 326
9		183 397	5 318	2 %	5,0 %	7,10 %	0	178 079	19 %	33 835	144 244	77 802
10		183 397	5 318	2 %	5,0 %	7,10 %	0	178 079	19 %	33 835	144 244	72 645

Zde jsem počítal, jestli se vyplatí firmě investovat do spolehlivého stroje pro využití optimalizace při obnově záložního zařízení. Životnost investice byla stanovena na 10 let, což je obvyklá životnost záložních dieselagregátů. Výše investice byla určena pomocí funkce Řešitel, jako maximální hodnota, při které je současná čistá hodnota (NPV) rovna nule. Za ušetřené peníze byla dosazena nejpravděpodobnější hodnota ze statistického šetření 183 tis. Kč. Stejným způsobem jsou spočítány náklady, konkrétně náklady za nakoupenou naftu. Na nominální výnos byla provedena citlivostní analýza, jelikož se bude lišit pro každou firmu.

Stroj se bude odepisovat po dobu 5 let podle zařazení do majetkové třídy. Další výpočty jsou již jen určení cash flow a NPV je spočítáno jako suma diskontovaného cash flow.



Graf 8: Závislost maximální možné investice na nominálním výnosu [11]



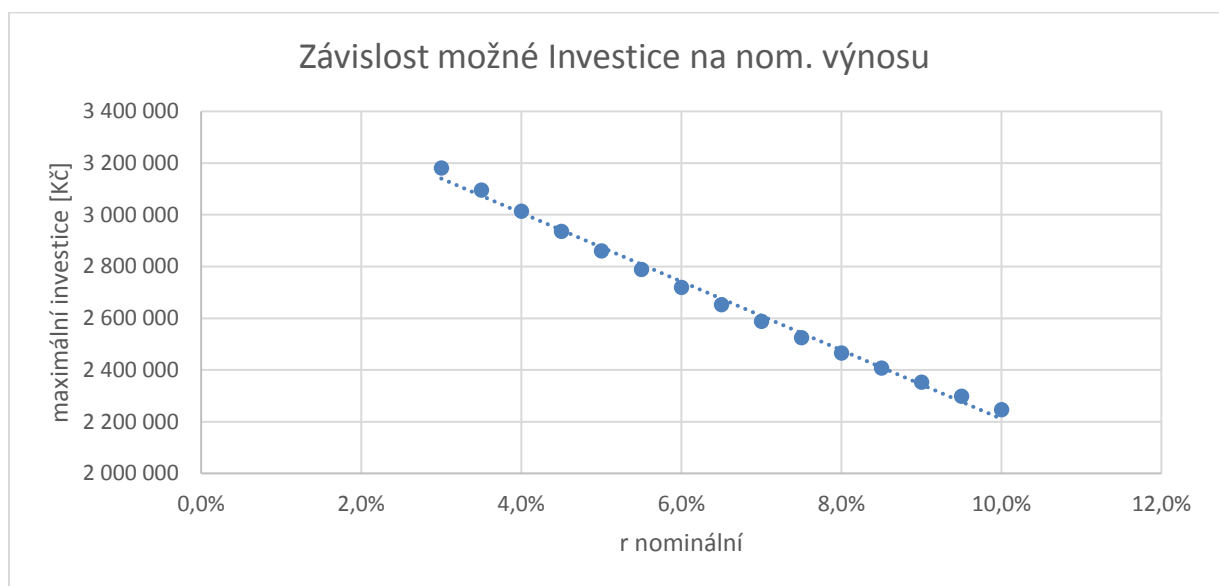
## 4.7.2. Diagram 2 – výrobní závod

Tabulka 11: Investiční model

rok	Investice [Kč]	ušetřeno [Kč]	náklady [Kč]	inflace	r. výnos	nom. výnos	odpisy [Kč]	daňový základ [Kč]	daňová sazba	daň [Kč]	CF [Kč]	DCF [Kč]
0	2 861 110										-2 861 110	-2 861 110
1		428 511	3 858	2 %	5,0 %	7,10 %	572 222	-147 569	19 %	-28 038	452 691	422 681
2		428 511	3 858	2 %	5,0 %	7,10 %	915 555	-490 902	19 %	-93 271	517 925	451 531
3		428 511	3 858	2 %	5,0 %	7,10 %	686 666	-262 013	19 %	-49 782	474 436	386 197
4		428 511	3 858	2 %	5,0 %	7,10 %	457 778	-33 124	19 %	-6 294	430 947	327 541
5		428 511	3 858	2 %	5,0 %	7,10 %	228 889	195 764	19 %	37 195	387 458	274 965
6		428 511	3 858	2 %	5,0 %	7,10 %	0	424 653	19 %	80 684	343 969	227 920
7		428 511	3 858	2 %	5,0 %	7,10 %	0	424 653	19 %	80 684	343 969	212 811
8		428 511	3 858	2 %	5,0 %	7,10 %	0	424 653	19 %	80 684	343 969	198 703
9		428 511	3 858	2 %	5,0 %	7,10 %	0	424 653	19 %	80 684	343 969	185 530
10		428 511	3 858	2 %	5,0 %	7,10 %	0	424 653	19 %	80 684	343 969	173 231

Zde jsem počítal, jestli se vyplatí firmě investovat do spolehlivého stroje pro využití optimalizace při obnově záložního zařízení. Životnost investice byla stanovena na 10 let, což je obvyklá životnost záložních dieselagregátů. Výše investice byla určena pomocí funkce Řešitele, jako maximální hodnota, při které je současná čistá hodnota (NPV) rovna nule. Za ušetřené peníze byla dosazena nejpravděpodobnější hodnota ze statistického šetření 428 tis. Kč. Stejným způsobem jsou spočítány náklady, konkrétně náklady za nakoupenou naftu. Na nominální výnos byla provedena citlivostní analýza, jelikož se bude lišit pro každou firmu.

Stroj se bude odepisovat po dobu 5 let podle zařazení do majetkové třídy. Další výpočty jsou již jen určení cash flow a NPV je spočítáno jako suma diskontovaného cash flow.



Graf 9: Závislost maximální možné investice na nominálním výnosu [11]

## 5. Závěr

Hlavním tématem této práce byl projekt Optimalizace odběrového diagramu společnosti E.ON Distribuce, a.s. V první části jsem popsal situaci a podmínky na českém energetickém trhu, ze kterých bude projekt realizován. Dbal jsem na to, abych obsáhl informace podstatné pro tento projekt, ať už ve formě zákonů, dostupných zdrojů nebo postavení jednotlivých účastníků na českém trhu. Ač v současné době není v ČR možné mnou řešené zdroje uplatnit při poskytování PpS, v EU se o takové možnosti již poměrně intenzivně jedná, a proto jsem se i tohoto tématu krátce dotkl.

Ve výpočetní části jsem potom vytvořil matematický model, který dokáže z naměřených dat odběrového diagramu vypočítat možnou úsporu konečného zákazníka „řezáním“ špiček diagramu pomocí dieselgenerátoru, kdy si může zákazník snížit rezervovanou kapacitu, a tudíž ušetřit určitou část svých nákladů na odběr elektřiny. Model funguje pro jakýkoliv diagram, stačí dosadit roční čtvrt hodinová maxima. Jsem proto přesvědčen o tom, že model do budoucna nalezne uplatnění.

V této práci jsem analyzoval dva vybrané příklady konečných zákazníků, hypermarket a výrobní závod. Oba tyto podniky by využitím optimalizace dokázali ušetřit kolem 5 % svých ročních nákladů, konkrétněji jde o částky ve stovkách tisíc korun ročně. Oba tyto typy diagramů se proto hodí pro využití této optimalizace, a to díky existenci odběrových „špiček“. Výrobní závod je však vhodnější než hypermarket, a to kvůli poměrně vyrovnanému odběru po celý rok, při kterém je možné nastavit jednu roční hodnotu dosaženého maxima, při kterém budeme zdroj aktivovat. U hypermarketu, který je díky skladbě technologie více závislý na teplotě, je nutné kombinovat nakupování jednotlivých měsíčních kapacit a vhodně je doplňovat aktivací zdroje.

Z technického hlediska byl tento projekt dominantně závislý na úspěšnosti startů dieselového motoru, která není vždy stoprocentní. Pokud bychom uvažovali o strojích firmy Caterpillar, kteří se pyšní nejspolehlivějšími stroji v České republice, počítal jsem s úspěšností 98 %. Pokud však motor nemá úspěšnost startů nižší než 95 %, není rozdíl ve výsledku tolik znatelný, a i tento méně spolehlivý stroj se dá pro optimalizaci diagramu využít. Stroje se spolehlivostí pod 95 % jsou pak pro optimalizaci zcela nevhodné.

Z ekonomického hlediska jsem spočítal NPV projektu, kdy je za investici považován nákup nového stroje, případně investice do spolehlivějšího stroje při obnově. V obou případech jsem určil maximální hodnotu investice, který si podnik (investor) může dovolit tak, aby NPV vyšlo nulové. Při době životnosti 10 let a diskontu 5 % vyšly investice 1,2, resp. 2,8 milionu Kč. Za tuto cenu se tedy vyplatí do stroje investovat. Jsem proto toho názoru, že tento způsob optimalizace diagramu je poměrně velmi výhodný a v současnosti nejsou žádné velké překážky k tomu, aby se začal v praxi využívat.



## 6. Seznam použité literatury

- [1] Sbírka zákonů ČR, „Energetický zákon 458/2000 Sb.,“ 1. 1. 2001. [Online]. Available: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-458>. [Přístup získán 15. 1. 2018].
- [2] I. Chemišinec, Obchod s elektřinou, Praha: Conte spol s.r.o., 2010.
- [3] Kolektiv autorů, Trh s elektřinou, druhé aktualizované vydání, Praha: Asociace energetických manažerů, 2016.
- [4] Energetický regulační úřad, „Vyhláška č. 16/2016 Sb., příloha 4,“ 3. 3. 2016. [Online]. Available: <https://www.eru.cz/-/vyhlaska-c-16-2016-sb-o-podminkach-pripojeni-k-elektrizacni-soustave>. [Přístup získán 10. 12. 2017].
- [5] J. Moravec, „Záložní zdroje elektrické energie,“ 13. 10. 2015. [Online]. Available: <http://oenergetice.cz/elektrina/zalozni-zdroje-elektricke-energie-2-dil-staticke-zdroje/>. [Přístup získán 16. 2. 2018].
- [6] I. K. Kuchta, „Dimenzování a konfigurace dieselgenerátoru,“ 30. 12. 2009. [Online]. Available: <https://elektrika.cz/data/clanky/dimenzovani-a-konfigurace-dieselgeneratoru>. [Přístup získán 20. 11. 2017].
- [7] Technické normy ČSN, ČSN ISO 8528, 2011.
- [8] J. Moravec, „Rotační záložní zdroje elektrické energie,“ 26. 10. 2016. [Online]. Available: <http://oenergetice.cz/elektrina/rotacni-zalozni-zdroje-elektricke-energie-motorgenerator-setrvacnik/>. [Přístup získán 27. 2. 2018].
- [9] Provozovatelé distribučních soustav, „Pravidla provozování distribučních soustav, příloha 7,“ 11/2011. [Online]. Available: <https://www.eon-distribuce.cz/dokumenty-ke-stazeni/elektrina-2/predpisy>. [Přístup získán 12. 3. 2018].
- [10] L. Křivánek, „Řízení odběrového diagramu zákazníků,“ *Interní časopis E.ON Česká republika*, 2017.
- [11] Vlastní zpracování.

## 7. Seznam obrázků, grafů a tabulek

### 7.1. Obrázky

Obrázek 1: Zjednodušený pohled na liberalizovaný trh [2] .....	20
Obrázek 2: Fyzický tok elektřiny [3] .....	30
Obrázek 3: Vztahy mezi účastníky na trhu s elektřinou [3].....	31
Obrázek 4: Motorgenerátor Caterpillar .....	34
Obrázek 5: Soustava spalovací motor-elektrický generátor [5].....	35
Obrázek 6: Klasifikace UPS dle ČSN EN 62040 [7] .....	39
Obrázek 7: Vliv teploty na kapacitu akumulátorů [7] .....	41
Obrázek 8: Řez setrvačником [8].....	42
Obrázek 9: Schématické zapojení setrvačnickového systému [8] .....	43
Obrázek 10: Schematické znázornění důležitosti a posloupnosti náhradních zdrojů [5] .....	46
Obrázek 11: Průběh odběru elektřiny zákazníka [10] .....	55
Obrázek 12: Varianty zapojení zdroje [10] .....	55

### 7.2. Grafy

Graf 1: 1/4 hodinový odběr v 1 týdnu [10] .....	57
Graf 2: maximální hodnota 1/4 hodinového výkonu (hypermarket) [11] .....	58
Graf 3: maximální hodnota 1/4 hodinového výkonu – dva týdny [11].....	58
Graf 4: maximální hodnota 1/4 hodinového výkonu (výrobní závod) [11].....	59
Graf 5: Výřez 1/4 hodinového výkonu [11] .....	59
Graf 6: Závislost ušetřené částky na % úspěšnosti startů [11].....	68
Graf 7: Závislost ušetřené částky na % úspěšnosti startů [11].....	69
Graf 8: Závislost maximální možné investice na nominálním výnosu [11] .....	72
Graf 9: Závislost maximální možné investice na nominálním výnosu [11] .....	74

### 7.3. Tabulky

Tabulka 1: Vstupní data [11] .....	61
Tabulka 2: Vstupní data 1 [11] .....	62
Tabulka 3: Zdrojová data 2 [11] .....	63
Tabulka 4: Platba zákazníka před optimalizací [11] .....	64
Tabulka 5: Výsledky po optimalizaci [11] .....	66
Tabulka 6: Porovnání výsledků [11] .....	67
Tabulka 7: Výňatek ze statistického šetření [11] .....	67
Tabulka 8: Intervaly statistického šetření [11] .....	68
Tabulka 9: Intervaly statistického šetření [11] .....	70
Tabulka 10: Investiční model [11] .....	71
Tabulka 11: Investiční model.....	73