

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

KATEDRA ELEKTROENERGETIKY A EKOLOGIE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Smart Grids distribuční soustavy velkého průmyslového podniku

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
Fakulta elektrotechnická
Akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Ivo KRATOCHVÍL**
Osobní číslo: **E13N0025K**
Studijní program: **N2644 Aplikovaná elektrotechnika**
Studijní obor: **Aplikovaná elektrotechnika**
Název tématu: **Smart Grids distribuční soustavy velkého průmyslového podniku**
Zadávající katedra: **Katedra elektroenergetiky a ekologie**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Popište problematiku Smart Grids.
2. Charakterizujte běžné lokální distribuční soustavy (LDS).
3. Proveďte návrh technického řešení pro LDS ArcelorMittal Ostrava.
4. Rozeberte výhody a nevýhody aplikace Smart Grids v LDS.

Rozsah grafických prací: podle doporučení vedoucího

Rozsah pracovní zprávy: 30 - 40 stran

Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

Student si vhodnou literaturu vyhledá v dostupných pramenech podle doporučení vedoucího práce.


Vedoucí diplomové práce: **Doc. Ing. Jiřina Mertlová, CSc.**
Katedra elektroenergetiky a ekologie

Datum zadání diplomové práce: **15. října 2014**

Termín odevzdání diplomové práce: **11. května 2015**


Doc./Ing. Jiří Hammerbauer, Ph.D.
děkan




Doc. Ing. Karel Noháč, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 15. října 2014

Abstrakt

Cílem této práce je představit pojem Smart Grids a porovnat tuto technologii se stávajícími. Dále pak popsat nové technologie, které se Smart Grids souvisejí. Koncept Smart Grids byl následně implementována do již existující lokální distribuční sítě ArcelorMittal Ostrava. Díky Smart Grids se tato lokální distribuční síť nejen zmodernizovala, ale stala i hospodárnější a bezpečnější. Výsledek této práce ukazuje jeden z mnoha možných směrů, kudy se lze ubírat při nutných změnách v chápání přenosu elektřiny a popisuje i základní prostředky, které lze k tomu využít.

Klíčová slova

Lokální distribuční soustava, Smart Grids, čistá energie...

Abstract

The Master theses presents the concept of Smart Grids and compare this technology with current technology. Then describes new technologies which could be used in it. Smart Grids have been implemented into the local distribution network of ArcelorMittal Ostrava. This local distribution network with Smart Grids started to be much more modern, more efficient and safer. The result of the Master theses shows one of possibilities through which can be Smart Grids implementation proceed.

Keywords

Local Distribution Network, Smart Grids, Renewable Energy...

Prohlášení

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

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

.....
podpis

V Plzni dne 30.4.2015

Bc. Ivo Kratochvíl

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Jiřině Mertlové, CSc. a konzultantovi Ing. Richardovi Habrychovi, Ph.D. za cenné profesionální rady, připomínky a metodické vedení práce.

SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK	1
ÚVOD.....	3
1 ELEKTRIZAČNÍ SOUSTAVA.....	4
1.1 DISTRIBUČNÍ SOUSTAVA.....	5
1.1.1 Regulace na straně spotřeby - současnost.....	6
1.1.1.1 Hromadné dálkové ovládání.....	9
1.2 LOKÁLNÍ DISTRIBUČNÍ SOUSTAVA	13
2 SMART GRIDS.....	14
2.1 DŮVODY PRO IMPLEMENTACI A ZÁKLADNÍ FILOZOFIE SMART GRIDS	16
2.1.1 Regulátor ostrovního provozu	22
2.1.2 Automatická sekundární regulace napětí	24
2.2 PŘÍNOSY REALIZACE SMART GRIDS V LOKÁLNÍ DISTRIBUČNÍ SOUSTAVĚ.....	26
2.3 OBECNÝ NÁVRH TECHNICKÉHO ŘEŠENÍ	27
2.4 DISTRIBUČNÍ SOUSTAVA A SMART GRIDS - SOUČASNOST.....	30
3 LOKÁLNÍ DISTRIBUČNÍ SOUSTAVA ARCELORMITTAL OSTRAVA.....	33
3.1 SOUČASNÉ ŘEŠENÍ DODÁVKY ELEKTRICKÉ ENERGIE.....	33
3.2 SMART GRIDS V ARCELORMITTAL OSTRAVA.....	34
3.2.1 Cíle implementace Smart Grids.....	34
3.2.2 Technické řešení - koncepce	35
3.2.2.1 Fotovoltaická elektrárna	36
3.2.2.2 Malá vodní elektrárna.....	42
3.2.2.3 Větrná elektrárna	44
3.2.2.4 Elektromobily	47
3.2.2.5 Piezoelektrické dlaždice	50
3.2.2.6 Pouliční osvětlení	51
3.2.2.7 Tepelná elektrárna a budoucnost	52
3.2.2.8 Zapojení obyvatel	52
3.2.2.9 Řízení sítě	52
4 ZÁVĚR.....	54
5 SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ.....	57
6 PŘÍLOHY	1

Seznam symbolů a zkratek

A	Ampér - jednotka pro elektrický proud
AMM	Automatic Meter Management; inteligentní elektroměry - obousměrná komunikace
ARN	Automatická regulace napětí
ASRU	Automatizovaná sekundární regulace napětí
ČR	Česká republika
DS	Distribuční soustava
EMC	Elektromagnetická kompatibilita
ENSTO-E	European Network of Transmission System Operators for Electricity; Evropská síť provozovatelů přenosových soustav elektřiny
ERÚ	Energetický regulační úřad
ES ČR	Elektrizační soustava České republiky
FVE	Fotovoltaická elektrárna
HDO	Hromadné dálkové ovládání
I	Značka pro veličinu - elektrický proud
ICAES	Isotherm compressed air energy storage; Izotermické ukládání energie do formy stlačeného vzduchu
JE	Jaderná elektrárna
kA	Kilo-ampér, 1kA = 1000A
kV	Kilo-volt, 1kV = 1000V
LDS	Lokální distribuční soustava
LDS AMO	Lokální distribuční soustava společnosti ArcelorMittal Ostrava a.s.
MVE	Malá vodní elektrárna
NN	Nízké napětí
P	Značka pro veličinu - elektrický výkon
PLC	Programovatelný logický automat
Pz	Značka pro veličinu - výkonové ztráty
SG	Smart Grids; inteligentní síť
SGMS	Smart Grids Management System; systém řízení Smart Grids
SRQ	Sekundární regulace jalového výkonu
SRU	Skupinová regulace napětí

TSO	Transmission System Operator; Sdružení evropských provozovatelů elektroenergetických přenosových soustav
U	Značka pro veličinu - elektrické napětí
UCTE	The Union For the Co-ordination of Transmission of Electricity; Unie pro koordinaci přenosu elektřiny
V	Volt - jednotka pro elektrické napětí
VA	Voltampér – jednotka zdánlivého výkonu
VN	Vysoké napětí
VRTD	Voltage-regulated distribution transformer; regulovatelné distribuční transformátor
VVN	Velmi vysoké napětí
Z	Značka pro veličinu - impedance

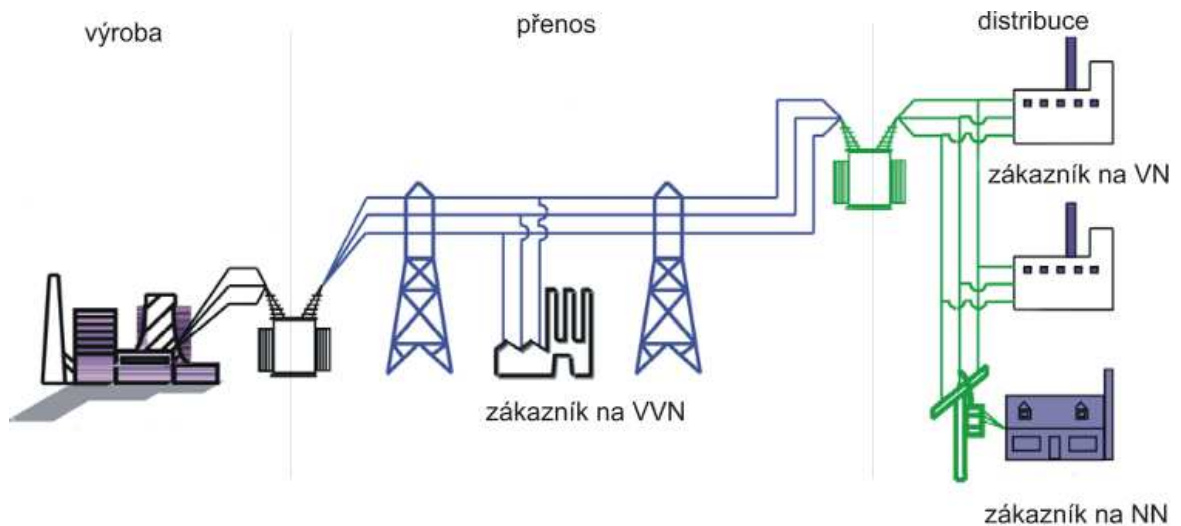
Úvod

Předkládaná práce je zaměřena na problematiku inteligentních sítí, tzv. Smart Grids, v souvislosti s implementací do lokální distribuční soustavy velkého průmyslového podniku.

Text je rozdělen do čtyř základních částí; první část se zabývá popisem současných, běžných lokálních distribučních soustav; druhá část popisuje problematiku Smart Grids, tedy popisuje základní myšlenky inteligentních sítí; třetí část je zaměřena na vlastní technické řešení Smart Grids pro lokální distribuční soustavu ArcelorMittal Ostrava; čtvrtá, závěrečná část, je zaměřena na porovnání výhod a nevýhod aplikace Smart Grids v lokálních distribučních soustavách a na shrnutí všech použitých technických prostředků v síti.

1 Elektrizační soustava

Před samotným započítáním úvah o nasazení inteligentních sítí, tedy o Smart Grids, je důležité se seznámit s tím, jaký je současný koncept celé elektrizační soustavy. Běžná elektrizační soustava je znázorněna na obr. 1.1.



Obr. 1.1 – Elektrizační soustava¹

Elektrizační soustava se skládá z několika částí. První část tvoří zařízení pro výrobu, těmi jsou elektrárny. Elektřinu, kterou elektrárny vyrobí, je nutné přenést dále k zákazníkovi. To znázorňuje druhá část a její název je přenosová soustava. Tato část má za úkol udržet výkonovou bilanci (zákon zachování energie) a přenést elektřinu z výroben do distribuční soustavy. Poslední část soustavy tvoří distribuční soustava. Ta je zodpovědná za dodávku elektřiny jednotlivým odběratelům. [27, 43]

V jednotlivých částech elektrizační soustavy se nacházejí další zařízení např. pro transformaci elektřiny, dále pak elektrické přípojky a další systémy pro měření či ochranu. Hlavním cílem elektrizační soustavy je přenos elektřiny ke všem odběratelům v dostatečném množství, předepsané kvalitě, při předem dohodnutých nákladech a to vše při zaručené bezpečnosti. Kromě toho je nutné, aby síť byla energeticky stabilní, tedy aby rozdíl vyrobené a spotřebované elektřiny byl nulový. [27, 43]

¹ Doc. Ing. Emil DVORSKÝ, CSc. MRpr01_2012: MR - přednášky [online]. s. 10 [cit. 2014-09-18]. Dostupné z: <http://home.zcu.cz/~dvorsky>

1.1 Distribuční soustava

Distribuční soustava propojuje zařízení a vedení z přenosové soustavy s koncovými uživateli – odběrateli. Tato soustava obsahuje velké množství dílčích zařízení. K hlavním aparátům, které lze v DS nalézt patří různé měřicí, řídicí, ochranné a informační prvky. V DS se pak nacházejí další transformátory, které transformují napětí na další nižší napětí. Napětí v této soustavě nepřekračuje 110 kV. V České republice se v DS používají napětí 110 kV, 35 kV, 22 kV a 0,4 kV. Elektřina v DS není vedena pouze nadzemním vedením, ale pro přenos elektřiny se využívají i kabelová vedení. Kromě propojení koncových uživatelů, se do této soustavy připojují i malé zdroje, resp. malé výrobní elektřiny, s výkony v řádu desítek MW. [27]

Distribuční sítě navrhované v minulosti měly jediný možný směr toku elektřiny a to od zdroje ke konečnému spotřebiteli. To ovlivňovalo i dimenzování jednotlivých prvků na cestě k odběrateli. Za zdroj elektřiny se považoval buď transformátor z nadřazené napěťové soustavy nebo přímo elektrárna. Právě tento způsob rozvodu elektřiny je v současné době nevyhovující a nedostačující, jelikož přibývá malých, decentralizovaných zdrojů elektřiny a to převážně z obnovitelných zdrojů. Také se čím dál tím častěji setkáváme se snahou o určitou regulaci toku elektřiny. K samotné regulaci je nutné znát okamžité hodnoty regulované veličiny a také musí existovat možnost tuto hodnotu zpětně změnit. Nedá se ale říci, že v minulosti neexistoval žádný způsob regulace. Vlastní regulace, resp. nasazování automatizovaných systémů, bylo soustředěno hlavně do velkých rozvodů, tedy při transformaci VVN/VN. Regulaci v takovémto případě prováděl přímo operátor přes panel operátora (dnes jsou stanice bezobslužné, operátor z velínu může v případě poruchy zasáhnout do několika stanic najednou). Díky stále stejnému směru toku elektřiny bylo i jednodušší odvodit, či vypočítat parametry sítě v dalších místech soustavy. Stále je ale v takovémto případě obtížné regulovat přímo konkrétního odběratele. Proces regulace ovlivňují i další parametry a to nejen samotný zásah operátora nebo nějakého automatizovaného systému. Vždy záleží na vstupní veličině, resp. rychlosti jejího přímého ovlivnění. V tomto případě na konkrétním zdroji elektřiny. Každá elektrárna, jakožto zdroj elektřiny pro danou soustavu, má svojí časovou konstantu. Právě ta přímo ovlivňuje možnost regulace. Poměrně jednoduše si lze představit, že rychlost výroby elektřiny, resp. její změna, tedy určitý stupeň regulace, je u klasické tepelné elektrárny delší, než takováto změna např. u vodní či větrné elektrárny. I zde však platí jeden z hlavních fyzikálních zákonů a to zákon zachování energií tzn., že v každém okamžiku je v systému pouze tolik energie, kolik bylo do systému dodáno, tedy

kolik elektřiny bylo vyrobeno. [3, 8, 27]

Česká republika je rozdělena z hlediska provozu elektrizační soustavy do několika oblastí. V každé z oblastí působí jiný provozovatel DS. Každý z provozovatelů musí vlastnit licenci k provozu DS. Provozovatelé na území ČR jsou: PRE Distribuce a.s., E.ON Distribuce a.s. a ČEZ Distribuce a.s. Rozdělení území dle provozovatelů znázorňuje obr. 1.2. Tyto společnosti jsou tak jediné, přímo připojené na přenosovou soustavu České republiky.

Podle charakteru odběru lze pak každou DS rozdělit na síť, která dodává elektřinu malým a středním odběratelům a na síť, která dodává elektřinu do velkých průmyslových podniků. [3, 8, 27]



Obr. 1.2 – Provozovatelé distribučních soustav²

Každý z provozovatelů DS musí splnit předem dané povinnosti plynoucí z poskytnuté licence na provozování DS. Hlavní povinností je nutnost dodržení všech požadovaných parametrů, včetně bezpečnostních podmínek provozu sítě. [3, 8, 27]

1.1.1 Regulace na straně spotřeby - současnost

Cíl regulace je velmi prostý, udržovat rovnováhu mezi vyrobenou a spotřebovanou elektřinou (bilance činných a jalových výkonů). Je naprosto zřejmé, že přebytek nebo naopak nedostatek elektřiny, může způsobit vážné problémy. Takto způsobené problémy se mohou

² TZB-INFO.CZ. TZB-info: Jak zjistím ke které distribuční soustavě elektřiny patřím a mohu si zvolit jinou? [online]. [cit. 2014-09-18]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/docu/texty/0002/000211o1.gif>

projevit narušením frekvence či napětí v energetické soustavě, přičemž obě tyto veličiny jsou pevně svázány. Této fyzikální podstaty se hojně využívá při samoregulaci. Představa samoregulace je jednoduchá. Pokud poklesne např. frekvence o 1 Hz, dojde ke snížení odběru v elektrizační soustavě o předem stanovený výkon tak, aby se frekvence vrátila zpět na požadovanou úroveň. V případě nárůstu frekvence je proces opačný, ale princip zůstává stejný. [4, 5]

Prostředky, které slouží v současné době k regulaci elektřiny, jsou jednak na straně samotné výroby a jednak na straně spotřeby. Obecně má provozovatel DS v současné době dvě možnosti regulace. První možností je využít přímo nějaké technické prostředky, kterými provede vlastní regulaci (např. odpojení části sítě) a druhou možností je využití různých cenových tarifů dle příslušných časových období během dne tak, aby motivoval odběratele k odběru elektřiny tehdy, když je to pro síť nejvhodnější a jsou největší přebytky elektřiny. Samozřejmě existují i kombinace obou zmíněných možností, tím je třeba systém HDO. [3]

Regulace nemusí probíhat pouze na straně dodavatele elektřiny, tedy na přívodu k danému odběrateli, ale také přímo na straně odběratele. Pro jednoduchost si vezměme třeba typickou domácnost. V současné době je trh zahlcen spotřebiči, které se chlubí svými energetickými nároky, tedy svou nízkou spotřebou. Dříve byla situace o mnoho snazší, jelikož ne v každé domácnosti byla televize, pračka nebo lednička. Dnes nejsou výjimkou domácnosti, které mají dvě i více televizí, pračku, sušičku, myčku a další energeticky náročné spotřebiče. Ačkoli je každý z jednotlivých spotřebičů sám o sobě energeticky „šetrný“, v širším měřítku, vezměme v úvahu třeba celé město nebo kraj, je spotřebičů tolik, že spotřeba elektřiny je mnohem vyšší, než v minulosti, kdy se spotřeba elektřiny až tolik neřešila, resp. nebyl na ní brát takový zřetel, hlavně díky ceně elektřiny (berme v úvahu pouze příkon spotřebiče a ne např. způsob ovlivnění ostatních spotřebičů v soustavě – EMC atd.). Bezesporu je dobře, že jsou na trhu právě tyto spotřebiče, ale v případě celkové spotřeby je situace podstatně horší. Takže se dá říci, že dnes i každý odběratel více či méně reguluje svoji vlastní spotřebu nákupem těchto energeticky šetrných spotřebičů. [3]

Jedním z důvodů regulace je i snaha o to, zamezit rozsáhlému výpadku dodávky elektřiny tzv. „Blackoutu“ z důvodu nedodržení bilance činného a jalového výkonu. Ne vždy způsobí výpadek dodávky elektřiny vážné problémy, ale jak v komerční, tak i v soukromé sféře, jsou stavy a situace, kdy je nutné za každou cenu udržet alespoň minimální dodávku elektřiny. Pro tyto situace existují nejrůznější scénáře jak postupovat a dostat elektřinu do důležitých objektů tak, aby nebyly ohroženy lidské životy nebo aby bylo možné obnovit dodávku elektřiny co nejdříve. I přes tyto scénáře je nutné mít dodatečná zařízení, která

převezmou dodávku v případě úplného výpadku. Typickým příkladem jsou diesel agregáty pro čerpání chladicí kapaliny v jaderných elektrárnách nebo v nemocnicích.

„Blackout“ nelze rozhodně považovat za lokální problém. Pokud takovýto výpadek nastane přímo v přenosové soustavě, může se tato porucha rozšířit i na území dalšího státu nebo dokonce států, jelikož jednotlivé přenosové soustavy jsou propojeny. Takovýto výpadek může vzniknout poměrně snadno, výše byla zmíněna nutnost udržovat rovnováhu mezi vyrobenou a spotřebovanou elektřinou, pokud by tomu tak nebylo, mohl by tento problém způsobit dominový efekt tím, že v případě poruchy se přenosová soustava bude snažit automaticky omezit spotřebu z důvodu svého přetížení, a tak dojde k odpojení nezatížených odlehčených výrobních zdrojů. Právě to by pak mohlo mít za následek opět přebytek elektřiny v soustavě. V takovýchto případech vznikají tzv. ostrovní provozy, které jsou odříznuty od elektrizační soustavy a jsou schopny se zásobit elektřinou samy, bez nutnosti připojení na přenosovou nebo distribuční soustavu. Pokud má daný ostrovní provoz dostatečný regulační výkon, odběratel uvnitř ostrovního provozu výpadek či jinou poruchu ani nezaznamená. Bohužel právě toto řešení je v praxi dosti obtížné, jelikož zátěž není rozdělena rovnoměrně a tak není možné přesně dopředu určit, jak dimenzovat dané zdroje. Pokud by se všechny zdroje měly dimenzovat na tento typ poruchy, nemuselo by se vždy a to nejen z finančního hlediska vyplatit. I toto je jeden z důvodů, proč se hledá řešení z trochu odlišného úhlu pohledu, třeba i řešením pomocí Smart Grids. [26]

Začátkem roku 2014 proběhl cvičný scénář „Blackoutu“ v České republice. Z výsledků tohoto cvičení vyplývá, že např. Praha je schopna celou situaci zvládnout, ale sami provozovatelé distribuční soustavy, PRE distribuce, přiznávají, že Praze chybí záložní zdroj elektřiny a poukazují na skutečnost, že dříve mělo každé velké město svou paroplynovou elektrárnu právě pro vykrytí dodávky elektřiny pro důležitá místa v případě výpadku. Pokud by došlo k výpadku na celém území Prahy, které spravuje PRE distribuce, nezbývalo by než čekat, až se elektřina z přenosové soustavy dostane do míst, která zásobují Prahu. Na tomto příkladu je možné vidět, jak je důležité vytvoření ostrovních oblastí, které by takovýto výpadek zvládly. Ne všechna místa v České republice jsou na tom podobně jako Praha. Město České Budějovice je jedním z míst, kde je systém ostrovního provozu úspěšně provozován, a proto jsou České Budějovice schopny v případě výpadku fungovat v ostrovním režimu. Praha se dokonce v minulosti jednoho menšího „Blackoutu“ dočkala. V červnu 2013 zůstalo na 300 000 obyvatel Prahy bez elektřiny poté, co došlo k výbuchu v chodovské trafostanici. Celou situaci však energetici zvládli poměrně rychle a výpadek trval jen asi hodinu a půl. [36]

Největší „Blackout“ v historii byl zaznamenán v červenci 2012 v Indii, kde se bez elektřiny muselo obejít 670 miliónů lidí po několik hodin (cca 9% celkové populace na Zemi – přibližně všichni obyvatelé Evropy). V Indii za tento obrovský výpadek mohla zastaratá infrastruktura, která nezvládla uspokojovat potřeby rostoucí indické ekonomiky v kombinaci s tamějším klimatem (vysoká teplota). [36]

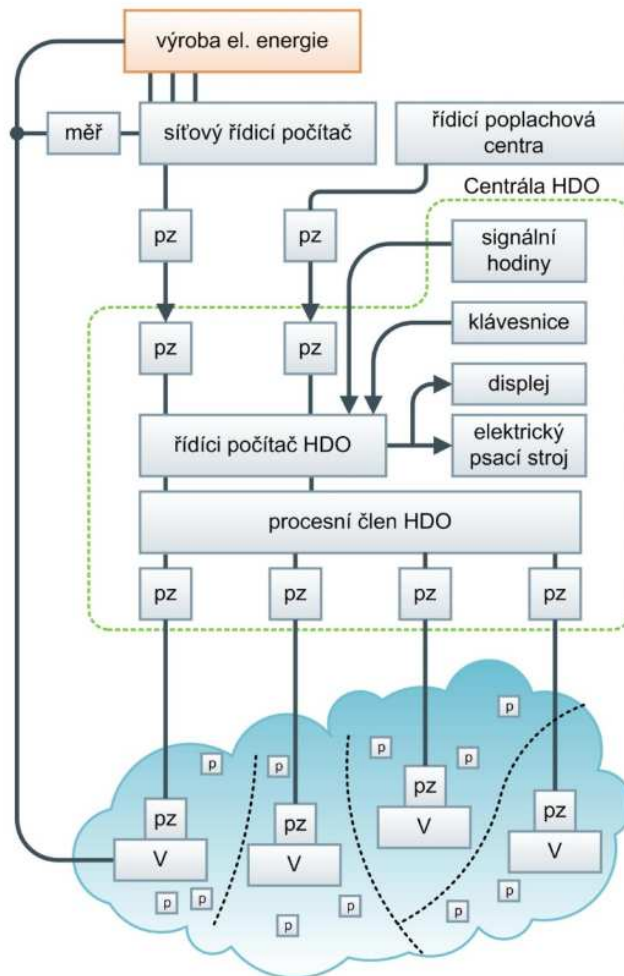
Právě takováto cvičení ukazují zranitelnost a v mnoha případech i nepřipravenost současných energetických sítí, které nejsou schopny zvládat obrovské množství „neregulovatelné“ energie z obnovitelných zdrojů při současném technickém řešení.

1.1.1.1 Hromadné dálkové ovládání

Systém HDO je jedním z nejrozšířenějších používaných a v mnoha ohledech nepřekonatelným způsobem regulace spotřeby elektřiny na území České republiky. Cílem této technologie je přenos předem daného signálu z vysílače HDO přes přenosovou cestu k přijímači HDO tak, aby bylo docíleno sepnutí konkrétního spotřebiče v předem stanovený čas.

Velkou výhodou je to, že signál HDO se dá vyslat skupině zařízení přes již existující vedení poměrně velkou rychlostí a díky tomu, že se signál vysílá několikrát za sebou i s velkou spolehlivostí. Bohužel ačkoli je tento způsob regulace stále funkční a hojně využívaný, s rozšířením rozptýlených zdrojů je snaha o obousměrnou komunikaci, což tento systém bohužel neumožňuje. „*Jádro systému tvoří tzv. centrála HDO. Přes přenosová zařízení (PZ) jsou připojeny přenosové cesty od elektrického dispečinku a řídicích poplachových center, a jednak cesty přenášející řídicí signál k jednotlivým lokálním vysílačům HDO (V), které jsou obvykle umístěny v rozvodnách energetické sítě. Odtud se signál HDO šíří až k jednotlivým přijímačům HDO (P), zapojeným v napěťové úrovni NN. Vysílání povelové série HDO je řízeno signálními hodinami a signály z energetického dispečinku nebo řídicích poplachových center (civilní obrana, armáda, policie, záchranný systém aj.), resp. i z řídicího panelu lokálního vysílače HDO*“³. Na obr. 1.3 je pak znázorněno uspořádání HDO. [34]

³ SVOBODA, Jaroslav. *Systémy hromadného dálkového ovládání* [online]. s.11 [cit. 2014-10-01]. Dostupné z: http://data.cedupoint.cz/oppa_e-learning/2_KME/165a.pdf



Obr. 1.3 – Typické uspořádání moderní sítě HDO [34]

Samotný signál HDO se přikládá k síťovému kmitočtu 50 Hz a je šířen vysílači HDO, které jsou připojeny k sekundární straně transformátorů VVN/VN. Signál HDO je pak tvořen sérií pulzů. Problém se spolehlivým řízením daného zařízení nastává v případě velkého rušení. Tato rušení jsou způsobena nehomogenitami na přenosových cestách, rušením od dalších zdrojů (např. vlastní silnoproudé generátory, další informační vysílače) a samozřejmě nedílný podíl na rušení mají i přírodní jevy – blesky atd. V současné době se používá pro přenos ovládacího kmitočtu HDO pásmo 110 Hz – 2 kHz. V zásadě platí několik omezení související s vyššími harmonickými pro frekvenci 50 Hz. Každý stát má ovládací kmitočty dány normou. V České republice je to podniková norma energetiky PNE 38 2530 a státní norma ČSN 334570 s tím, že nejčastěji jsou užívány kmitočty 216,6 Hz a 316,6 Hz. Tyto kmitočty jsou pak injektovány do napěťové úrovně 110 kV. [34]

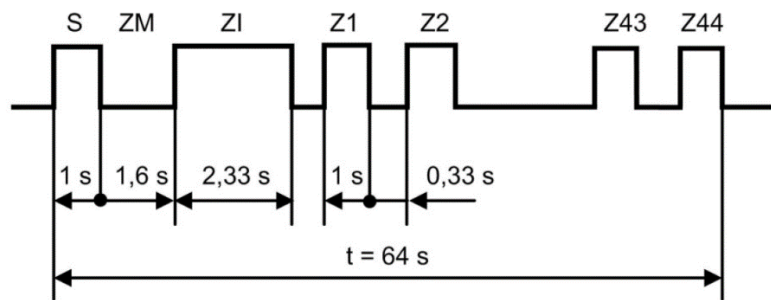
Vysílače HDO jsou dvojího typu. Prvním typem je centrální vysílač HDO, ten je vhodný pro řízení rozsáhlé oblasti a navíc obsahuje i telekomunikační spojení (dispečink,

poplachové centrály, podřízené centrální vysílače HDO). Samotné vysílání signálu HDO je pak řízeno časovým programem. K přenosu HDO signálu silnoproudou sítí je nutné, aby centrální vysílače HDO měly silné výkonové zdroje nízkofrekvenčního signálu (jednotky až stovky kVA) a to z toho důvodu, aby byla signálem HDO pokryta celá ovládaná oblast. Výkon samotného signálu HDO je pak dostatečně velký a často se injektuje do všech tří fází. Dříve se jako zdroj nízkofrekvenčního signálu používaly točivé stroje, tzv. rotační měniče kmitočtu. Tyto stroje obsahovaly sestavu motor – synchronní alternátor. Alternátor byl schopen vygenerovat signál o dané frekvenci, bohužel takto vytvořený signál často kolísal v závislosti na okamžitém stavu samotné sítě. Proto byl tento systém nahrazen statickým měničem kmitočtu. Ten se používá dodnes. V principu se jedná o tyristorový střídač, což přináší velkou výhodu v libovolně nastavitelném a stabilním výstupním signálu, resp. kmitočtu. [34]

Druhým typem jsou pak lokální vysílače HDO. Ty jsou napojeny přímo na sekundární stranu transformátoru v rozvodně. Ovládá se tedy oblast od rozvodny směrem k nižšímu napětí až do úrovně NN. Tyto vysílače si pak vytváří a přeměňují signál HDO do výkonové formy sami. [34]

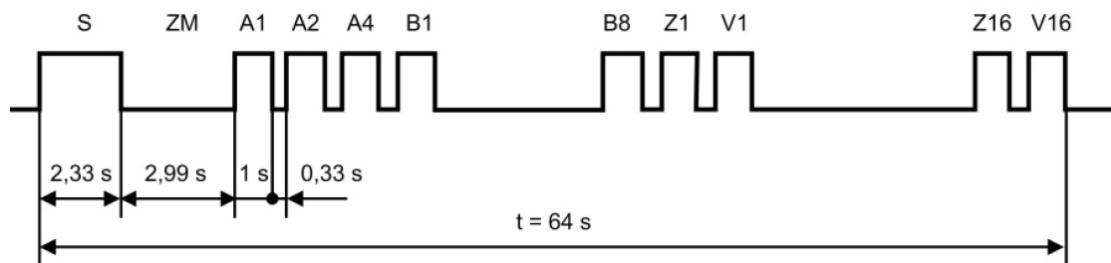
V praxi se využívaly dva odlišné typy samotných povelových kódů pro systém HDO. Prvním typem povelového kódu je tzv. povelový kód HDO s paralelním vyjádřením dvojpovelu, ten se již v České republice nepoužívá. „*Povelový kód o trvání 64 s je vytvářen jako binární rozdělovací kód se sériovým přenosem signálu. Začíná tzv. startovacím impulsem (S), který spouští časovou základnu synchronizace přijímače HDO. Zabezpečovací část je tvořena zabezpečovací mezerou (ZM) a zabezpečovacím impulsem (ZI). Není-li tato část správně vyhodnocena, pak přijímač na další část kódu nereaguje. Povelová část, která obsahuje celkem 44 povelových intervalů (ZI – Z44). Každý povelový interval je umístěn do přesného časového intervalu vzhledem ke startovacímu impulsu a je přiřazen jednotlivému dvojpovelu (tj. stavům „zapnuto“ nebo „vypnuto“), který představuje určitou funkci (např. spínání nebo signalizaci). V případě, že v daném intervalu je vyslán a přijímačem přijat impuls, pak je vyhodnocen jako povel „zapnout“ nebo „nechat zapnuto“. Není-li v tomto intervalu vyslán impuls (stav „mezery“), pak se vyhodnocuje jako povel „vypnout“ nebo „nechat vypnuto“. Každý přijímač pak reaguje jen na určité, předem nastavené, dvojpovely.“⁴, viz. obr. 1.4. [34]*

⁴ SVOBODA, Jaroslav. *Systémy hromadného dálkového ovládní* [online]. s.23 [cit. 2014-10-10]. Dostupné z: http://data.cedupoint.cz/oppa_e-learning/2_KME/165a.pdf



Obr. 1.4 – Povelový kód HDO s paralelním vyjádřením dvojpovelu [34]

Druhým type je pak kód se sériovým vyjádřením dvojpovelu. Právě tento typ se využívá v České republice. „Povelový kód se sériovým vyjádřením dvojpovelu (jinak též „kód s dvouintervalovým dvojpovelem“ či nevhodně „kód impuls – impuls“) opět obsahuje startovací impuls (S) a zabezpečovací mezeru (ZM). Dále však následuje tzv. adresová část, která umožňuje vytvořit podmínky pro zvětšení počtu možných dvojpovelů systému. Adresová část je rozdělena na skupinu A se 4 kódovými prvky a skupinu B s 8 kódovými prvky. Příslušným výběrem a kombinacemi adresní části je možno vytvořit velké množství adres (např. skupina A kombinace 1 ze 4, skupina B kombinace 3 z 8). Zbytek povelového kódu tvoří opět povelová část, která pak obsahuje celkem 32 kódových prvků. Každá dvojice prvků povelové části (např. Z1 a V1) přísluší určitému dvojpovelu (1), kterých je tedy celkem 16. S tímto uspořádáním je pak možno každou skupinu 16 dvojpovelů přiřadit k jedné adrese, která je vytvořena v adresní části. Tímto postupem lze počet různých dvojpovelů v systému HDO rozšířit např. až do řádu stovek.“⁵



Obr. 1.5 – Povelový kód HDO se sériovým vyjádřením dvojpovelu [34]

⁵ SVOBODA, Jaroslav. *Systémy hromadného dálkového ovládní* [online]. s.24 [cit. 2014-10-10]. Dostupné z: http://data.cedupoint.cz/oppa_e-learning/2_KME/165a.pdf

Přijímač HDO se obecně skládá ze tří částí. První část je tvořena vstupním obvodem, do této části přichází signál HDO společně se síťovým napětím 230 V o frekvenci 50 Hz. Vstupní obvod je tvořen rezonančním obvodem, který je naladěn na danou frekvenci HDO. Druhou částí je pak dekódovací obvod, zde se vyhodnocuje signál HDO. Poslední částí je akční člen, např. relé, které svým spínáním řídí funkci HDO. V současné době již téměř v provozech nenajdeme přijímače, které pracují na elektromechanickém a elektromagnetickém principu, místo nich se používají přijímače HDO, které jsou řízeny mikro počítači a obsahují laditelné digitální filtry. [34]

Ačkoli se dá s troškou nadsázky považovat systém HDO za jeden z možných prvků inteligentních sítí, lze celkem logicky předpokládat, že tento systém bude postupně nahrazován některým z modernějších způsobů dálkového ovládání na bázi nějakého PLC systému a to hlavně z důvodu pouze jednosměrné komunikace, který HDO nabízí a také díky nízkému datovému toku, který bude nutné navýšit a modernizovat. [34]

Pokud tedy shrneme výše zmíněné, systém HDO je v současné době nepřekonatelným řešením v sítích maloodběratelů pro přesunutí vybraných elektrospotřebičů, resp. jejich zapnutí až na dobu, kdy není síť tak zatížena (časy spínacích signálů HDO jsou předem dány). Tímto přesunem dojde ke zlepšení průběhu odběrové křivky a to umožní použít současné přenosové cesty bez nutnosti budování nových sítí, to přinese ušetření nemalých financí. Do systému HDO nelze připojit každého, koncový odběratel musí splňovat daná kritéria a musí mít speciální spouštěcí hodiny, které jsou schopny reagovat na spínací impulz HDO. Motivací pro koncové odběratele je samozřejmě i finanční úspora, která plyne z dvojí tarifkací elektřiny. Kromě klasického tarifu dle daného poskytovatele, má zákazník ještě nízký tarif. Elektřinu, dle tohoto nízkého tarifu, pak odběratel využívá za předem dohodnutých podmínek a časů. [34]

1.2 Lokální distribuční soustava

LDS je síť, která dodává elektřinu do velkých územních celků, jakými mohou být komerční zóny, bytové komplexy či právě průmyslové zóny. Tyto soustavy nejsou přímo připojeny na přenosovou soustavu, ale připojují se na vedení od jednoho ze tří provozovatelů DS, o kterých byla zmínka v jedné z předešlých kapitol. Kromě dodávky elektřiny může být pomocí LDS zajištěna i dodávka zemního plynu či tepla. Stejně jako klasickou DS, i LDS může provozovat pouze společnost, která vlastní licenci pro provoz takovéto sítě. Společnost

s požadovanou licencí pak zodpovídá za distribuci elektřiny stejně tak, jako regionální distribuční společnosti. LDS je možné vytvořit všude tam, kde je více odběratelů připojeno na DS přes jeden připojovací bod. [27, 43]

Odběratelé v LDS platí distribuční poplatky stejně tak, jako v případě odběru přímo od jednoho z regionálních distributorů (ČEZ, E.ON, PRE). Cena elektřiny se skládá ze dvou základních složek. První z nich je cena za dopravu elektřiny, tu stanovuje ERÚ. Druhou částí je cena za silovou elektřinu a právě tu si každý obchodník s elektřinou určuje sám. Výhodou LDS je to, že jednotliví účastníci získají zpravidla nižší cenu silové elektřiny než by dostali u regionálního obchodníka s elektřinou, jelikož elektřina je nakoupena před napájecím transformátorem. Kromě výhod pro koncové zákazníky, získává nemalé výhody i investor. Mezi hlavní výhody pro investora patří určitě úspora nákladů na vybudování infrastruktury, úspora spojená s provozem infrastruktury, možnost získání bonusů spojených s distribucí elektřiny (popř. plynu) a samozřejmě rychlejší servis, resp. zásah v případě poruchy. [27, 43]

2 Smart Grids

Co vlastně znamenají slova „Smart Grids“ a co si pod nimi představit? Tato otázka se bude čím dál tím častěji objevovat u laické veřejnosti, u velkých energetických podniků nebo společností, v souvislosti s moderním přístupem k problematice provozu energetických sítí. Doslovný překlad anglických slov „Smart Grids“ znamená chytré sítě. Při velmi zjednodušeném vysvětlení se jedná o technický způsob, kterým lze zajistit možnost „libovolné“ regulace dodávané energie, resp. její distribuci dle aktuální zátěže a to obousměrně, jednak od výrobce ke spotřebiteli, tak jak je tomu u většiny případů nyní, ale také od spotřebitele k výrobcí, což je samozřejmě další logický krok v rozvoji energetické infrastruktury. Tento způsob řízení pak ovlivňují i další faktory. Jedním z nich je to, že v případě použití nějakého „Smart“ prvku, by řešení mělo mít i ekologický přínos. Určitě se nedá říci, že Smart Grids je nějaké konkrétní zařízení. Jde totiž o širší úhel pohledu a ne jen na samotnou možnost regulace. Se SG souvisí i přístroje a softwarové vybavení, které jsou pro provoz takovéto sítě nezbytné. Snaha o nějaký druh regulace inženýrských sítí, resp. veličin v těchto sítích, kterými jsou např. plyn, voda, pára, výkon atd. je poměrně stará. Ovšem až nyní, spolu s příchodem rozptýlených zdrojů, s rozvojem technických možností a existencí různých typů odběratelů a dodavatelů, jakými jsou ne jen energetické společnosti, je snaha o nějakou regulaci ve větším měřítku a s většími možnostmi regulace čím dál tím

častější. Z výše uvedených důvodů lze očekávat, že s rozvojem sítí se s nějakým druhem implementace SG do již existujících sítí budeme setkávat čím dál tím častěji. Ne vždy lze však s jistotou a předem říci, zda zavedení nějakého „Smart“ prvku přinese předpokládané výsledky a za jak dlouho se projeví. Čím více odběratelů bude chtít prvky spojené se SG používat, tím bude fungování celé sítě efektivnější, ekonomičtější a ekologičtější. Prvotním impulzem pro nasazení SG by ale neměla být pouze snaha o vybudování technicky vyspělejší sítě nebo o co nejmodernější síť, protože ne vždy je hned na první pohled jasné, zda lze v dané oblasti tyto „chytré“ prvky nasadit a využívat ve větším množství a zda poměrně drahá investice splní svá očekávání. Vždy by měl být pohled mnohem širší, s přihlédnutím ke všem aspektům a lokálním požadavkům.

Pro názornou představu si vezměme běžnou moderní domácnost. Domácnosti jsou dnes vybaveny nejrůznějšími elektrickými spotřebiči, ale ne všechny spotřebiče se hodí pro přímou regulaci. Poměrně snadno lze řídit třeba ohřívání vody v bojlerech či zapínání elektrického vytápění (v současné době již existuje řízení – HDO), hůře jsou na tom spotřebiče jako pračka, sušička, klimatizace a další. V některých případech by se určitě dal naplánovat start některého takového zařízení na předem stanovený čas, ovšem otázkou je, zda by toho využíval majitel zařízení. Ještě větší problém v regulaci by byl u spotřebičů, jakými jsou třeba sporáky, lednice nebo samotné osvětlení domácností (pouliční osvětlení již nyní využívá regulace, jeho zapínání je řízeno časovými relé nebo jinými automatizovanými přístroji). Těžko si lze představit, že by se sporáky ve všech domácnostech zapínaly ve stejný, předem stanovený čas a na stejně dlouhou dobu. U ledniček, či mrazniček by se tento spínací bod v určitých případech dal nejspíše odhadnout, ovšem otázkou je, zda by vývoj takovéto technologie, kterou by musela obsahovat každá lednička či mraznička, přinesl tížený efekt v porovnání s počátečními investicemi. Pravdou je, že čím více by takovýchto zařízení bylo, tím by byly investice nižší a docílilo by se značné regulační rezervy. Pouze pro ilustraci dané regulační funkce a možností si představme situaci, kdybychom skutečně dokázali využít regulační potenciál běžně v domácnostech dostupných spotřebičů, konkrétně ledničky. Odběr typické ledničky, v době chodu kompresoru, se pohybuje mezi 200 – 500 W, v závislosti na energetické třídě. Takováto lednička spíná v dlouhých intervalech, které mohou trvat i stovky minut a to v závislosti na počtu otevření dvířek, použité izolaci a prostředí, ve kterém se lednička nachází. Obecně není nutné, aby kompresor v lednici sepnul přesně v daný okamžik, jelikož teplota se v případě sepnutí během několika minut tolik nezmění. Pokud bychom tedy dokázali ovládat 100 tis. ledniček s průměrnou spotřebou 350 W, získáme tím 35 MW k regulaci. Ačkoli tato hodnota není závratná, v celostátním měřítku spotřeby, v lokálním

případě uvažujeme např. LDS, se jedná o poměrně slušný regulační základ. [1]

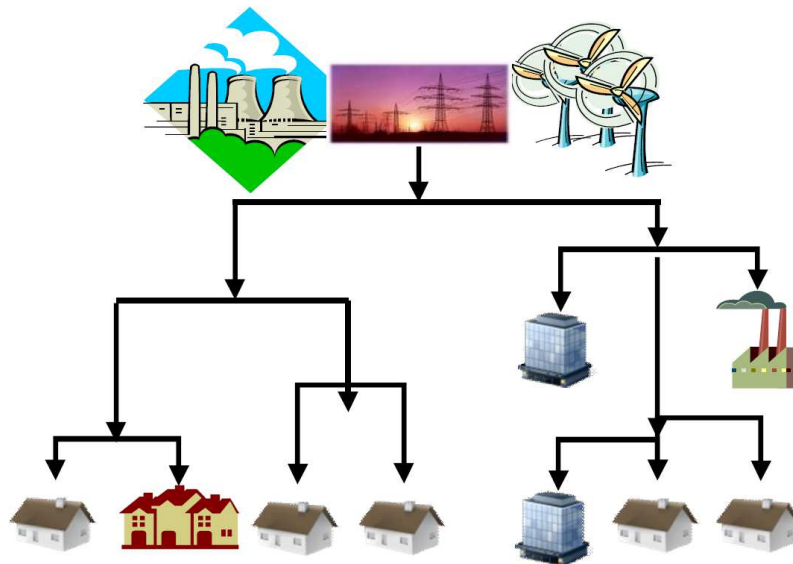
U velkého průmyslového komplexu nebo velkých kancelářských bloků, by byla situace obdobná. Snadno lze řídit zapínání a vypínání klimatizace nebo osvětlení částí prostor a objektů, kde nejsou přítomni zaměstnanci. Složitější už by to bylo při nasazení v nějaké průmyslové části, ale i zde by se daly naplánovat pracovní směny tak, aby vykrývaly např. přebytky elektřiny. Ať už je tedy řeč o domácnostech, průmyslových lokalitách či dalších objektech, vždy je velice důležité nejprve provést odbornou studii co dané „Smart“ řešení bude znamenat, jak má fungovat, co přinese a co vše by mělo být řízeno nebo bylo možné řídit. [3]

Jak již bylo v úvodu kapitoly zmíněno, SG se netýkají pouze elektřiny, ale právě tímto typem energie se tato práce zabývá. V předešlé kapitole byl popsán současný stav DS v České republice a jaký systém pro řízení se používá, resp. který je nejrozšířenější. Je naprosto jasné, že bez přispění společností, které mají licence na provozování DS, nelze vůbec o nějakém inteligentním řízení vůbec přemýšlet. Svou roli v této problematice hraje samozřejmě i stát. Naštěstí si tyto společnosti i vláda nutnost nějaké regulace dobře uvědomují a investují do pilotních projektů, kde se různé technologie spojené se SG testují a právě tyto pokusy přinášejí možnost si vyzkoušet všechny alternativy, které SG nabízí.

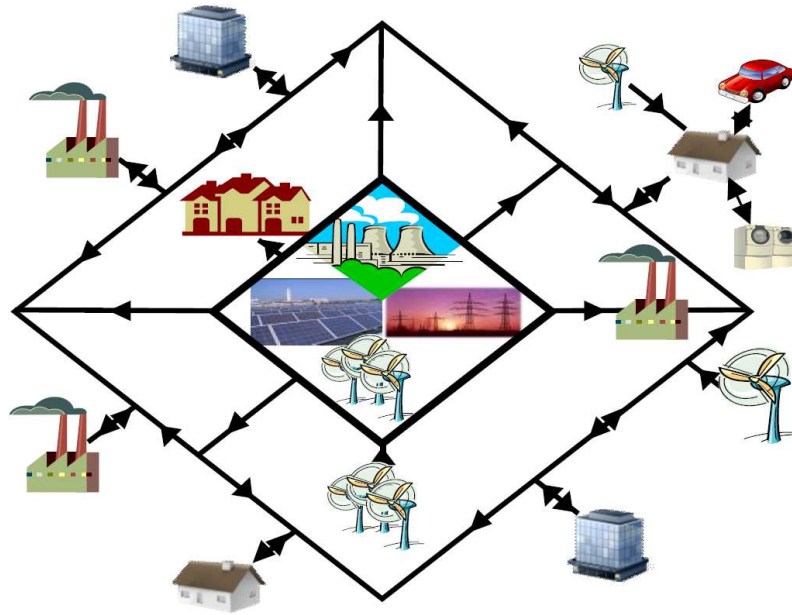
2.1 Důvody pro implementaci a základní filozofie Smart Grids

V současných LDS se nachází řada odběratelů různého typu, kteří liší velikostí odběru. Může se jednat o velké průmyslové areály, ale i o administrativní budovy či samotné domácnosti. To vše přináší velký výkonový potenciál pro řízení zátěže a s tím související vyhlazení denní odběrové křivky. Díky různorodému typu odběratelů nejsou výjimkou ani vlastní výroby elektřiny, což samozřejmě stěžuje schopnost efektivní regulace. Nelze vždy jednoznačně říci, že současné distribuční či přenosové sítě jsou zastaralé. Jde spíše o to, že se objevují nové technologie, pro které tyto sítě nebyly koncipovány. Důležitým faktorem pro snahu o implementaci SG je i finanční faktor, kdy se odběratelé snaží snižovat své náklady spojené s elektřinou, popř. dalšími energiemi, což se stále se zvyšující cenou a následným úbytkem zásob fosilních paliv nelze. Právě koncept SG umožňuje přímé připojení decentralizovaných výroben (obzvláště pak výroben „čisté“ elektřiny) do sítě. Lze si tedy snadno představit situaci, kdy jsou samotní odběratelé motivováni finančně k vlastní výrobě elektřiny. Nelze však očekávat úplné a okamžité uzavření klasických tepelných elektráren na

fosilní paliva. V dnešní době jsou nejrozšířenějším způsobem zisku čisté elektřiny fotovoltaické a větrné elektrárny. Ty mají bohužel poměrně velkou nestabilitu dodávky elektřiny, což je způsobeno silnou závislostí na konkrétních povětrnostních podmínkách. Každopádně v případě vlastní výroby, by vyrobená elektřina zůstávala „uvnitř“ LDS a pak by nebylo nutné nakupovat takové množství elektřiny mimo LDS. Další věcí, která souvisí s touto myšlenkou je fakt, že v případě rozptýlených zdrojů výroby elektřiny, není nutné budovat nová přenosová vedení z velkých elektráren a tím uměle navyšovat kapacitu sítě. Porovnání základních topologií současných DS a soustav při implementaci SG je možné vidět na obr. 2.1 a 2.2. [20, 30]



Obr. 2.1 – Stávající distribuční soustava [20]



Obr. 2.2 – Distribuční soustava po implementaci SG [20]

V případě implementace SG je nutné použít úplně nové technologické prvky a postupy, které je nutné integrovat do dané sítě (dálkové vypínače, snímací senzory atd.). SG není pouze o „hardwaru“, jedná se i o nové softwarové vybavení, resp. o implementaci řídicího systému, který neustále monitoruje stav sítě. Pokud systém vyhodnotí nějakou abnormalitu, bude se sám snažit nalézt cestu k obnově dodávky elektřiny. V tomto případě lze mluvit o procesu „SELF HEALING“, kdy se síť díky inteligentním prvkům dokáže sama uvést do rovnovážného stavu bez nutnosti zásahu obsluhy. To přináší lepší kontrolu dané sítě a s tím související zlepšení dodávky elektřiny. [20]

Důvodům pro implementaci nahrává i samotné složení nejrůznější elektroniky a to včetně té nejcitlivější, která samozřejmě klade mnohem vyšší nároky na kvalitu elektřiny. Nelze říci, že se citlivá elektronika nemůže připojit na konvenční typy vedení, jde spíše o kombinaci nárůstu rozptýlených zdrojů, jejichž připojování/odpojování a nekonstantní produkce, negativně ovlivňuje kvalitu sítě. [30]

Implementace SG navíc mimo již zmíněného, přispívá k větší přehlednosti dané sítě a také snižuje náklady na samotnou údržbu a provoz, jelikož veškeré technické prostředky v dané síti jsou podřízeny jednomu systému řízení. [30]

Je velmi důležité, ke každé implementaci SG přistupovat jednotlivě, jelikož ne všechny LDS se hodí pro implementaci SG. Jednotlivé LDS mají svá specifika, včetně různých provozních nedostatků a požadavků. Nelze tedy použít nějaké univerzální řešení. To

vše samozřejmě stěžuje samotný proces implementace SG, ačkoli výhody ve většině případů převyšují nevýhody. [30]

Jedním z největších argumentů hovořících proti implementaci SG do LDS je vysoká finanční náročnost při vybudování komplexní „Smart“ sítě. V těchto případech je pak velmi důležitá použitá strategie. Je důležité, aby si i sami odběratelé uvědomili veškeré výhody a nevýhody spojené s implementací SG. V porovnání s běžnými LDS se totiž jedná o úplně jiný koncept a je tedy velmi důležité na něj také tak nahlížet. Jednotliví odběratelé musejí být motivováni k tomu, aby se do systému zapojili. Koncept totiž může znamenat i zásadní změnu výrobní strategie tak, aby šlo jednotlivé odběry časově přizpůsobit potřebám LDS. To může přinést nemalé obtíže a nechut' se do projektu zapojit. Je důležité motivovat jednotlivé odběratele třeba různými cenovými tarify tak, aby i pro samotného odběratele bylo zajímavé naplánovat spotřebu elektřiny na dobu, kdy není LDS tak vytížena a odebrat elektřinu až v době přebytku za výhodnější ceny. Odběrateli samozřejmě nemůže být odepřen odběr v době, kdy to není pro LDS tak výhodné, ale v případě odběru ve výhodnější čas může provozovatel LDS udělit odběrateli nějaký typ bonusu tak, aby odběratel, který svou řízenou spotřebou napomáhá síti regulovat výkonovou odchylku, byl nějakým způsobem odměněn a tím pádem se pro něj stalo toto řízení vlastní spotřeby také výhodné. Je tedy důležité nastavit i cenovou politiku tak, aby respektovala aktuální nabídku a s tím související poptávku. [30]

Implementací SG do LDS by se mělo také dosáhnout mnohem větší spolehlivosti a bezpečnosti. To souvisí s uplatněním vyšších funkcí tak, aby došlo k eliminaci nežádoucích zpětných vlivů. [30]

Jsou to zejména funkce:

- ROP – regulátor ostrovního provozu
- ASRU – automatická sekundární regulace napětí
- estimace – kvalifikovaný odhad elektrických veličin
- predikce zatížení a výroby
- predikce poruch a údržby
- rekonfigurace – změna zapojení soustavy
- redispečink – změna nasazení zdrojů a výpočet náhradního napájení.

[30]

V případě uvažovaného nasazení SG do LDS je nutné brát v potaz i vývoj a instalaci inteligentních systémů, které budou příznivě přispívat k optimální regulaci spotřeby elektřiny. Ačkoli i v současné době se již takovéto „chytré“ systémy používají, je třeba jejich hlubší implementace do celého konceptu SG v rámci větších regionů a územních celků. [30]

Z předchozího vyplývá, že ačkoli je proces implementace nesnadný, je možný. Vzhledem k náročnosti tohoto procesu se jeví implementace SG do průmyslové sféry jako potenciálně výhodnější a to díky velkému odběru soustředěnému do jednoho odběrného místa. U osvětlení hal, výrobních linek či kanceláří, lze osvětlení řídit podle pracovní doby zaměstnanců nebo lze využít pohybové senzory. Pokud budeme uvažovat optimalizaci spotřeby u klimatizačních jednotek (nemusí se jednat pouze o klimatizační jednotky v kancelářích, ale třeba o velké klimatizační systémy ve výrobních halách), lze využít teplotních senzorů, které budou snímat teploty jak mimo budovu, tak i v ní a dle získaných dat pak šetrněji využívat možnosti klimatizačních jednotek. [30]

Ať už bude koncept SG použit v průmyslové či komerční sféře, je důležité, aby nasazení SG něco přineslo. Mezi hlavní cíle implementace lze považovat snížení nákladů na elektřinu pro konečné odběratele, zvýšení kvality dodávané elektřiny, snížení negativních zpětných vlivů na LDS a udržení rovnováhy mezi vyrobenou a spotřebovanou elektřinou v LDS až na takové úrovni, aby byla LDS soběstačná a nebylo nutné dotovat LDS elektřinou z nadřazené soustavy. [30]

Procesu zavádění systému SG nahrává i fakt, že současným elektrickým zařízením i samotným sítím, která byla montována v 50. letech, končí životnost a proto při správném načasování by se náklady na samotnou implementaci SG mohly podstatně snížit. Nyní se přenosová a distribuční vedení provozují na hranici svých kapacit a při nasazení inteligentních metod, dojde k mnohem lepšímu rozložení přenášeného výkonu a tím i ke snížení zatížení přenosových a distribučních vedení. [30]

V současné době spotřeba elektřiny roste. Spolu s tím roste i potřeba zajistit stabilní a kvalitní dodávku elektřiny. Bohužel zdroje elektřiny mají své limity a současné bezpečnostní prvky jen málokdy dokáží spolehlivě reagovat tak, aby došlo ke správnému přerozdělování elektřiny. Ačkoli i dnes samozřejmě existují postupy, jakým způsobem dopravit elektřinu do krizových míst tak, aby se dostala včas do nejdůležitějších systémů, na kterých závisí lidské životy, ne vždy se dají použít. Obecně lze konstatovat, že právě na takovéto problémy jsou SG mnohem lépe připraveny. [18]

Spolu s rostoucí poptávkou po „Smart“ technologiích, se stále častěji objevují i svérázné myšlenky (rozhodně se nejedná se o nerealistické možnosti) na ještě provázanější

evropskou energetickou sítí, kdy bude většina elektřiny pocházet právě z obnovitelných zdrojů. Výše jsou zmíněny důvody, díky kterým se současná podoba sítí nehodí pro provozování většího počtu energeticky nepříliš přívětivých, ale ekologicky vhodných obnovitelných zdrojů elektřiny a právě z toho důvodu je SG jedním z řešení, jak docílit dostatečného množství stabilní elektřiny pro všechny. Díky různé geografické poloze evropských států je jasné, že ne pro každý stát jsou vhodné všechny obnovitelné zdroje elektřiny. Samozřejmě, že lze provozovat např. FVE ve velké Británii, ale mnohem větší účinnost bude mít srovnatelná FVE na severu Afriky. V současné době, zatím pouze na papíře, existuje návrh supersítě obnovitelných zdrojů nazvaný Desertec, obr. 2.3. [29, 41]

Jak již bylo zmíněno, současná podoba sítí není vhodná pro připojování velkého množství rozptýlených zdrojů elektřiny. Pokud bychom pominuly fakt, že současné sítě jsou na hranici životnosti, nelze opomenout stále se zvětšující poptávku po elektřině a ani to, že současným centrálním zdrojů elektřiny jednou skončí životnost. Podle předpokládaného vývoje energetického sektoru dojde do roku 2040 k ukončení provozu jaderné elektrárny Dukovany a zatím nic nenasvědčuje tomu, že by bylo v plánu tuto JE nahradit novou (do roku 2016 by mělo padnout rozhodnutí o novém jaderném zdroji). Otázkou tedy je, co nahradí tento poměrně značný výpadek. Zde lze opět uvažovat o technologiích spojených se SG, tedy o zapojení více menších zdrojů obnovitelných energií tak, aby nedošlo k poklesu vyrobené elektřiny. Vzhledem k náročnosti implementace a to ne jen finanční, by bylo vhodné začít s modernizací současných sítí a navyšováním počtu obnovitelných zdrojů postupně tak, aby se vynaložené prostředky rozprostřely do delšího časového horizontu. [19]

Nutnost postupného zavádění SG si uvědomuje i vláda ČR. Ta chce do konce roku 2015 vytvořit legislativní a technické podmínky pro provoz a budování malých zdrojů do 10 kW bez nutnosti vlastnit licenci na výrobu elektřiny. Do roku 2017 mají být definována pravidla využívání decentralizovaných zdrojů ve prospěch řízení bilance energetické soustavy ČR, takže i obnovitelné zdroje elektřiny se budou účastnit vyrovnávání bilance výkonu. Nyní, díky štědrým dotacím, se obnovitelné zdroje elektřiny na bilanci nepodílejí. Do roku 2023 by měly být stanoveny pravidla pro využívání baterií elektromobilů k regulaci výkonu v rámci DS. Do roku 2024 by mělo být asi 30 % odběrných míst osazeno technologií AMM, přičemž v sítích VN by měla být AMM osazena všechna odběrná místa. Do roku 2035 by měl být provoz ES ČR plně automatizovaný. [19]



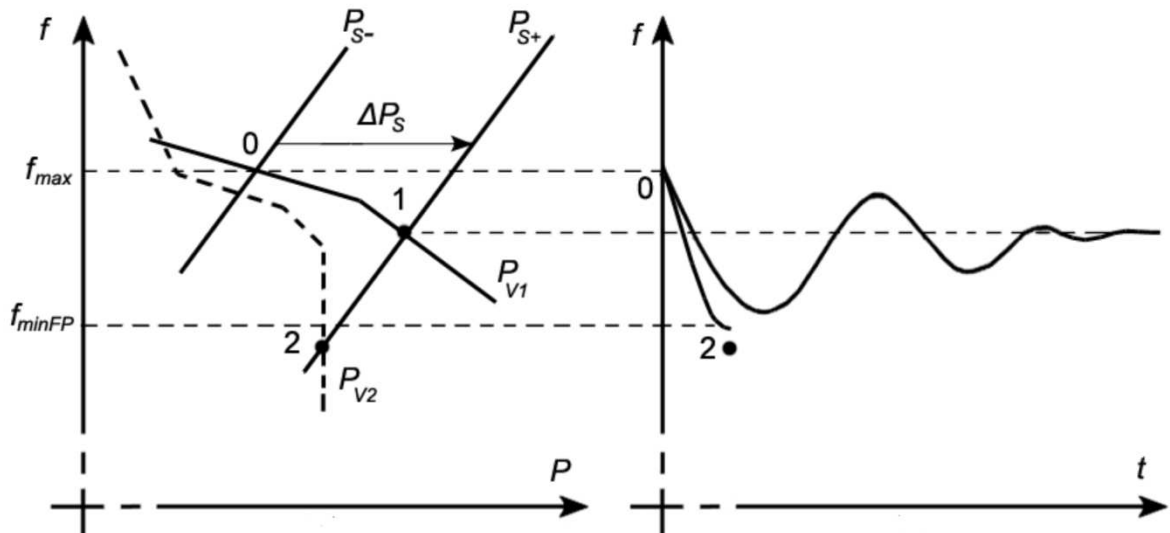
Obr. 2.3 - Projekt super sítě Desertec [19]

2.1.1 Regulátor ostrovního provozu

Jak již bylo zmíněno v úvodní kapitole, vždy je důležité udržovat rovnováhu mezi vyrobenou a spotřebovanou elektřinou. Pokud dojde z nějakého důvodu k nerovnováze, může to pro danou síť znamenat vážný problém a celá situace může skončit i plošným výpadkem elektřiny. [21]

Jedním z důsledků takového výpadku je frekvenční kolaps. Ten nastává v případě, že některé oblasti nedokáží přejít do ostrovního provozu nebo, že nedojde ke včasnému odpojení zasažených částí sítě. Samotný kolaps nastává v případě, kdy daná elektrizační soustava nemá dostatek točivé rezervy, tedy kdy se její pracovní nachází v blízkosti P_{max} . Popis problému je vidět na obr. 2.4. Vycházíme z bodu 0. Prvotním jevem je nárůst zátěže o ΔP_s , tedy přechod z přímký P_s^- na přímký P_s^+ . Pokud v síti existuje dostatečná rezerva, dojde k ustálení – bod 1 na křivce výroby P_{V1} . Pokud dojde k výpadku bloků, pak se křivka výroby P_{V1} změní na P_{V2} a ustálený stav nastane až v bodě 2, který ale leží pod nastavenou minimální frekvencí f_{minFP} , takže ve skutečnosti k žádnému ustálení nedojde. V tu chvíli začnou působit ochrany elektráren a dojde k jejich odpojení od sítě (frekvenční plán je

přílohou č. 3 vyhlášky MPO č.219/2001 Sb. a je dále podrobně popsán v ustanovení v provozní instrukci ČEPS PI 620-6 „Frekvenční plán“). To způsobí již zmíněný výpadek. [21]

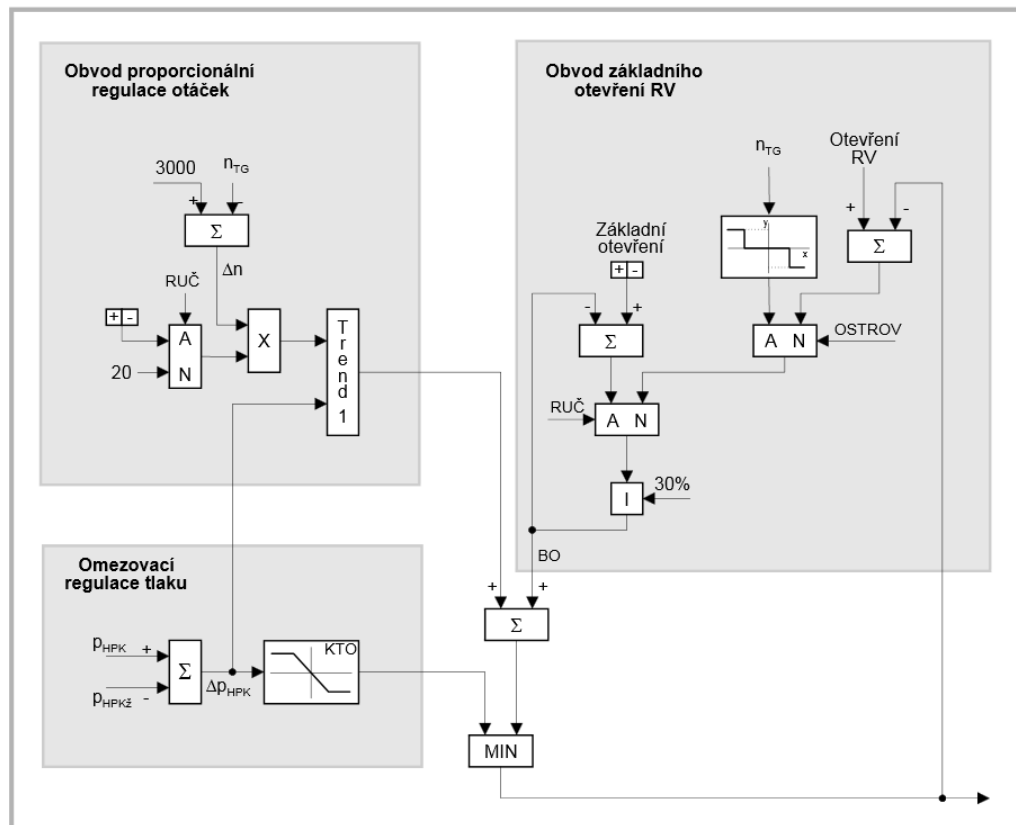


Obr. 2.4 – Frekvenční kolaps [21]

Z tohoto důvodu je jedním z opatření při poklesu kmitočtu použití regulátoru ostrovního provozu – ROP, kterému se také říká regulátor frekvence (Frequency Control). K přepnutí do ROP dochází při poklesu na kmitočet 49,8 Hz. ROP se využívá i při vysokém kmitočtu, přepnutí je provedeno při frekvenci 50,2 Hz. [21]

Blokové schéma regulátoru ostrovního provozu je na obr. 2.5. V obrázku jsou dvojitavové přepínače A – podmínka splněna a N – podmínka nesplněna. ROP je ve většině případech samostatnou částí regulátoru turbíny, která je tvořena právě vyobrazenými třemi bloky. Prvním blokem je obvod základního otevření regulačních ventilů. Zde se mění základní otevření buď ručně nebo automaticky. ROP se pak snaží změnou výkonu vrátit otáčky do vymezeného pásma. Druhým blokem je obvod proporcionální regulace otáček. V této části se daná odchylka násobí konstantou zesílení. Velikost pak může obsluha měnit v ručním režimu. Rychlost dané změny je v případě nízkého tlaku páry v hlavním parním kolektoru (pHPK) omezována v bloku „Trend 1“. Posledním blokem je omezení regulace tlaku. Zde korektor tlaku ostrova (KTO) omezuje výkon turbo-generátoru hlavně při nízkém tlaku páry pHPK. Výstupní signál ROP je pak tvořen superpozicí signálů z daných obvodů. Výhodou je fakt, že digitální řídicí systém je na rozdíl od hydraulického regulátoru schopen

přesně a rychle splnit všechny požadavky. V případě rychlého omezení výkonu turbo-generátoru, dojde ke snížení točivé rezervy v ostrovní soustavě a zvyšuje se tak pravděpodobnost frekvenčního kolapsu. [21]



Obr. 2.5 – Blokové schéma regulátoru ostrovního provozu [21]

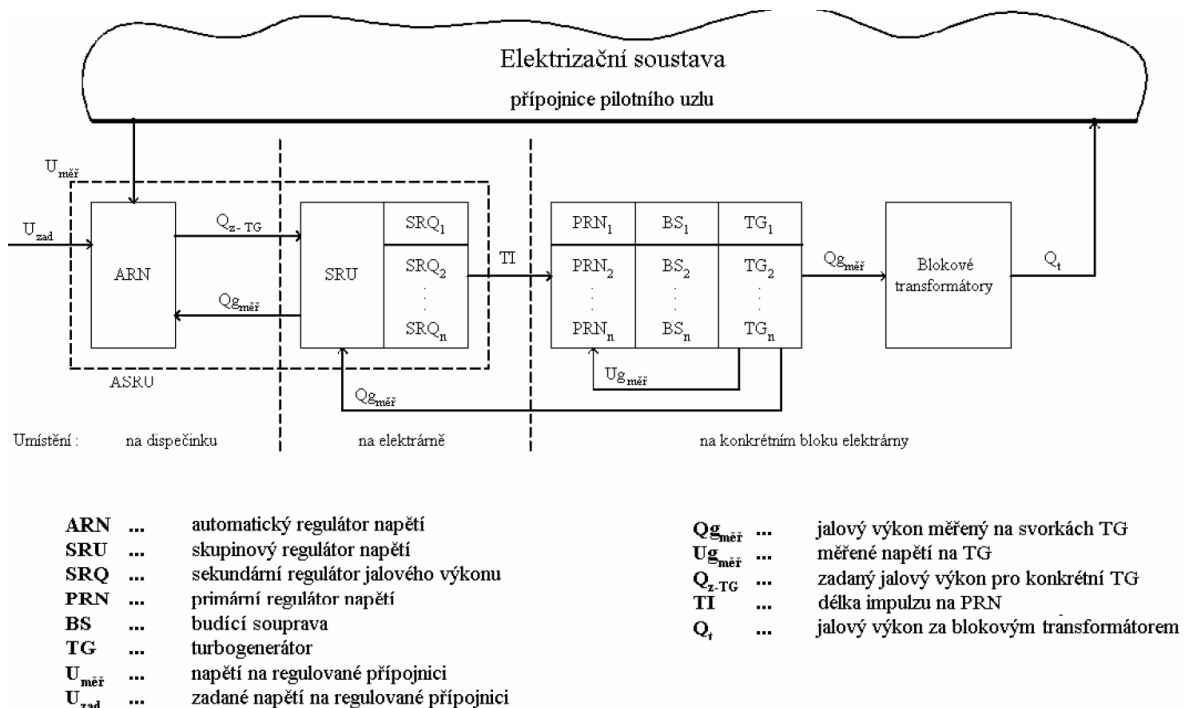
2.1.2 Automatická sekundární regulace napětí

Regulace napětí v sítích se provádí lokálně. Nejedná se tedy o veličinu, která je regulována plošně, jako je třeba frekvence. Dále je třeba si uvědomit, že samotná regulace napětí je rozdělena na tři úrovně a to na primární, sekundární a terciální. Primární a sekundární regulace je prováděna automaticky. Terciální regulace slouží pro obnovení primární a sekundární regulace a tento požadavek dává přímo operátor. Systém automatické sekundární regulace napětí, jak již sám název napovídá, spadá do druhé kategorie. [7, 22]

Primární regulace se provádí přímo přes buzení daného stroje. Primární regulace je schopna reagovat na změny zátěže za přibližně 1 – 2 s. Primární regulaci lze chápat jako lokální regulaci a má přímý vliv na stabilitu systému, jelikož jsme omezeni při primární

regulaci maximálním proudem statoru, rotoru, popř. i samotnou mezí buzení. Primární regulace má tedy nejbliže k již zmíněnému regulátoru kmitočtu. [7, 22]

Sekundární regulace, ASRU, má za úkol udržovat danou velikost napětí na předem vybraných uzlech. Je tedy přímo zodpovědná za přerozdělování vyráběného jalového výkonu. Obecně lze tuto úroveň regulace rozdělit na dva dílčí typy. Prvním typem jsou automatické regulátory napětí. Tyto regulátory reagují přímo na odchylku napětí a přidělují jalový výkon, který následně vyrovná tuto odchylku. Druhým typem je pak regulátor odboček síťového transformátoru. Tento typ regulátorů udržuje napětí přímo na sekundární straně transformátoru. Z výše uvedeného vyplývá, že funkce ASRU (automatická sekundární regulace napětí) se skládá z automatické regulace napětí (ARN), ze skupinové regulace napětí (SRU), ze sekundární regulace jalového výkonu (SRQ) a regulátoru odboček transformátoru. Výše jsou popsány tři základní úrovně regulace. Pokud tedy systém automatické regulace napětí (ARN) vyhodnotí aktuální regulační odchylku, vypočte potřebnou změnu jalového výkonu s přihlédnutím i na potřebnou rezervu pro bezpečný provoz a daný požadavek předá právě konkrétní SRU, která má na starosti uzel, ve kterém je třeba provést regulaci. SRU pak předá požadavek na jednotlivé regulátory jalového výkonu (SRQ), které vygenerují impuls a ten změní velikost jalového výkonu. [7, 22]



Obr. 2.6 – Princip automatické sekundární regulace napětí v pilotním uzlu [22]

Pro úplnost je důležité zmínit i poslední úroveň regulace, tedy terciální regulaci. Jedná se o přímou regulaci toku jalového výkonu a velikosti napětí. Ovšem tuto úroveň regulace je nutné chápat jinak než předešlé dvě, jedná se spíše o službu, která zajišťuje bezpečný a ekonomický provoz elektrizační soustavy. Právě tato úroveň regulace je tedy zodpovědná za udržování dostatečné točivé rezervy jalového výkonu. Tato úroveň pak předává data přímo do sekundární úrovně, tedy automatickým regulátorům napětí. [7, 22]

2.2 Přínosy realizace Smart Grids v lokální distribuční soustavě

V předchozích kapitolách byla popsána skutečnost, že LDS se připojují přímo na DS. Tyto sítě tedy tvoří pomyslný most mezi odběratelem a distribuční, resp. přenosovou sítí. Provozovatel dané LDS musí splňovat veškeré bezpečnostní a technické požadavky, jako kterýkoli z regionálních provozovatelů distribučních sítí. Sítě vybavené SG by pak měly být schopny bezpečně přenést elektřinu ke konečnému odběrateli stejně tak, jako je tomu u současných LDS. Kromě toho by díky své technické úrovni a přítomnosti vlastních zdrojů elektřiny, měly být schopny pracovat v ostrovním provozu. S tím souvisí i optimalizace výkonových toků (řízení přenosu činného a jalového výkonu) tak, aby LDS nemusela nakupovat „drahou“ elektřinu od dalšího dodavatele, ale aby nabízela možnost zapojení se místních odběratelů na krytí vlastní spotřeby elektřiny díky vlastním výrobnám elektřiny z obnovitelných zdrojů. Do SG lze zabudovat i elektromobily a ty dále rozvíjet. Tato možnost by měla kladný dopad na životní prostředí. Baterie v elektromobilech by šlo následně využívat k vykrytí neočekávaných špičkových odběrů elektřiny nebo naopak v případě přebytku elektřiny k uskladňování elektřiny. Dále by mělo dojít k navýšení kvality dodávané elektřiny, jelikož jednotlivé prvky v SG by měly minimalizovat negativní vlivy, jakými jsou kolísání napětí, podpětí, přepětí, vyšší harmonické, flickr a další. To bude v reálu znamenat možnost připojení i citlivé elektroniky do takovéto sítě. Díky prvkům ve SG by měla být i výrazně rychlejší identifikace poruch v síti. Protože většina „chytrých“ prvků pracuje v automatickém režimu, dojde také ke snížení provozních nákladů na obsluhu LDS. [30, 40]

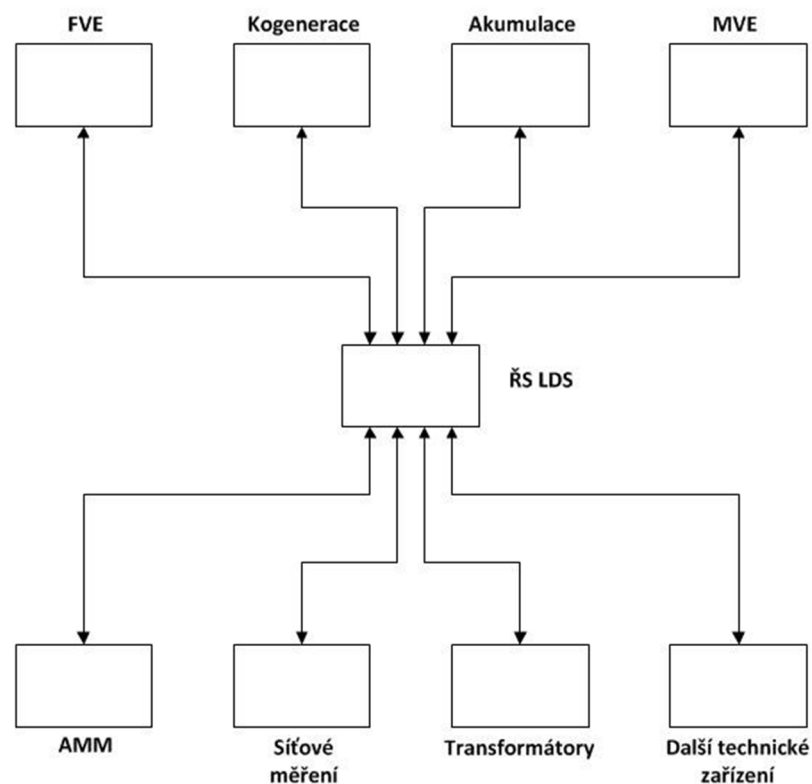
Jak již bylo zmíněno v jedné z předchozích kapitol, je samozřejmé, že jednotliví odběratelé budou očekávat výhody plynoucí v zapojení do SG v rámci LDS. Bezesporu lze očekávat snížení nákladů na pokrytí dodávky elektřiny, jelikož není nutné budovat nová přenosová vedení, ovšem za předpokladu, že bude optimalizováno využívání stávajících. Dále

by měl odběratel získat jistotu energetické bezpečnosti, samotný koncept SG je konceptem, který kromě dalších výhod, zvyšuje schopnost zajištění dodávky elektřiny i v případě poruch či jiných energetických krizí. [30, 40]

Vzhledem k provázanosti jednotlivých soustav, nárůstu přenášeného výkonu a propojování se soustavami mimo hranice našeho státu, nabízí systém SG vyšší bezpečnost a spolehlivost než konvenční přístup a chápání elektrizační soustavy.

2.3 Obecný návrh technického řešení

Každá SG je svým způsobem unikátní a je tedy velmi důležité brát v úvahu všechny aspekty, které se této problematiky týkají. Vždy je nutné zpracovat před samotnou realizací studii proveditelnosti, která bude obsahovat detailně zpracovaný návrh celého projektu. Tato studie by pak měla obsahovat detailní informace o rozloze, velikosti instalovaného výkonu, vnořené výrobě elektřiny, velikosti odebíraného výkonu, charakteru odběru a o aktuální technické vybavenosti sítě. I když je každý koncept SG svým způsobem jedinečný, existují společné myšlenky či body, které se dají do základního modelu SG implementovat. Takové základní schéma je na obr. 2.7. [30]



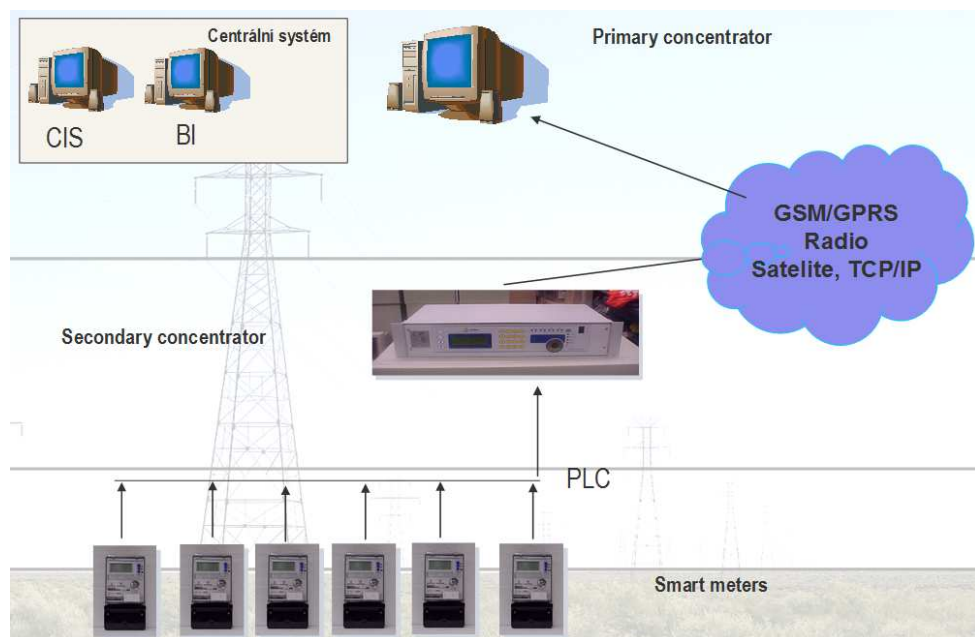
Obr. 2.7 – Blokové schéma obecného technického řešení [30]

Každý koncept SG je tvořen jádrem systému, řídicím systémem – ŘS LDS. Právě v tomto bloku je soustředěno vše, co se týká řízení a obsluhy SG, resp. řízení jednotlivých dílčích částí. Dále si lze na obr. 2.7 povšimnout i obousměrné komunikace, ta je znázorněna obousměrnými šipkami. Právě tato myšlenka je jednou ze základních v konceptu SG. Jedná se o to, že samotné řízení má možnost jednak ovlivňovat připojené prvky, ale i samotné připojené prvky mají zpětnou odezvu do systému, který vše vyhodnocuje a zpracovává. Z obr. 2.7 je patrné, že řídicí systém je srdcem konceptu a tomu tedy musí odpovídat i jeho programové a technické vybavení tak, aby bylo možné zajistit vysokou spolehlivost celého „Smart“ systému. [30]

Jak již bylo dříve zmíněno, výhodou systému SG je mnohem větší vhodnost a připravenost pro připojování a odpojování většího počtu decentralizovaných zdrojů elektřiny. Na obr. 2.7 je možné dále vidět i fotovoltaickou elektrárnu – FVE. Mimo tento čistý, obnovitelný zdroj elektřiny si lze v obecném technickém řešení představit i připojení dalších typů zdrojů. V tomto příkladu je uvažována kogenerace, tedy společná výroba elektřiny a tepla. Ve větších průmyslových podnicích bývají poměrně běžně závodní elektrárny a s tím spojené výroby tepla. Dalším obnovitelným zdrojem elektřiny může být malá vodní elektrárna – MVE. Kromě výše zmíněných zdrojů je poměrně vhodné uvažovat i o nějakém dodatečném uskladnění elektřiny v případě přebytku tak, aby se tato nastřádaná elektřina dala použít v době, kdy bude spotřeba větší než výroba. Uskladnění přebytku je na obrázku znázorněno blokem „Akumulace“. Tato naakumulovaná energie se pak hodí pro vykrytí špičkových odběrů. Obecný koncept SG má tedy v tomto případě možnost využívat vlastní vyrobenou elektřinu z FVE, z vlastní teplárny, MVE a z baterií. Spojením těchto dílčích malých výroben dojde k vytvoření tzv. virtuální elektrárny, která je definována právě množinou malých výrobních jednotek řízených prostřednictvím SG. Samozřejmostí je, že není nutné, aby trvale vyráběly elektřinu všechny zdroje zároveň, ale vzrůstá tak účinnost celé virtuální elektrárny. Dále je nutné vytvořit plán výroby elektřiny v dané síti dle zátěže. Přebytečnou vyrobenou elektřinu lze také prodat zpět do sítě. Aby se dalo mluvit o systému SG a bylo možné plně využívat jeho výhod, je nutné, aby všechny výroby zapojené do tohoto konceptu splňovaly požadavky jako je zpětná odezva z technologie výroby a její přenos do řídicího systému (měření a signalizace), dále pak možnost změny činného a jalového výkonu v závislosti na požadavcích sítě. Kromě těchto základních požadavků musí jednotlivé výroby splňovat i určitý technický standard. Ačkoli tento obecný koncept obsahuje vlastní výroby elektřiny a systém je schopen sám o sobě pracovat v ostrovním režimu, je i tak nutné tuto obecnou LDS připojit k nějaké nadřazené síti pro případ většího

odběru než je LDS schopna sama vyprodukovat či nutnosti odvézt vyrobenou elektřinu jinam do sítě. Znázornění tohoto propojení je zobrazeno blokem „Transformátory“. [30]

Mimo výroben elektřiny je ve SG důležitá i zpětná informace o současné spotřebě. Tuto informaci poskytují inteligentní elektroměry – AMM, tzn. „všichni“ odběratelé elektřiny, kteří jsou připojeni v dané LDS musí být vybaveni AMM. Výhodou těchto inteligentních elektroměrů je možnost komunikace v reálném čase a tedy možnost měření aktuální spotřeby elektřiny – viz. obr. 2.8. Díky informacím z AMM je pak mnohem snazší určit diagram zatížení a lépe tak plánovat výrobu elektřiny, včetně velikosti regulační energie. Tento typ elektroměrů umožňuje mimo jiné i přímé zapínání nebo vypínání daného odběrného místa a s tím související možnost odložení zapnutí spotřebiče. Při aplikování AMM je vždy důležité určit, které informace se budou přenášet a které bude mít k dispozici odběratel. Není totiž problém získávat z AMM téměř jakákoli data, spíše jde o to, zda jsou tato data skutečně nutná a zda zbytečně nezahlcují samotného odběratele či řídicí systém. [30, 38]



Obr. 2.8 – AMM architektura řešení [38]

Smart Grids pracuje ve většině svého času v automatickém režimu, ale pro svou bezproblémovou funkci potřebuje velké množství vstupních dat, které vyhodnocuje v reálném čase. Je tedy nutné mít ve SG kromě AMM i další měřicí přístroje, které budou zajišťovat přísun aktuálních informací do ŘS LDS. Tyto přístroje reprezentuje blok „Síťová

měření“. [30, 38]

Poslední blok na obrázku je nazván „Další technická zařízení“. Pod tímto blokem si lze představit různé kompenzátory a filtry, které jsou pro správnou funkci SG stejně důležité, jako je tomu u běžných sítí, protože i ve SG platí nutnost dodržení předem daných parametrů elektřiny (tolerance napětí, účinník, flicker atd.). [30]

Při finálním konceptu realizace se nesmí zapomínat ani na zvolenou formu realizace. Obecně existují dva přístupy, jednorázová a postupná forma realizace. První forma realizace je pro celkový koncept výhodnější, jelikož se jedná o kompletní dodávku veškerého technického a programového vybavení v jeden okamžik. Bohužel tento přístup je finančně velmi náročný, jelikož musí obsáhnout vše, co s konkrétním projektem souvisí. Druhá forma je z finančního hlediska výhodnější. Projekt je řešen v několika etapách, a tudíž není nutné vynaložit všechny finanční prostředky hned na začátku. [30]

2.4 Distribuční soustava a Smart Grids - současnost

Společnost ČEZ, jako jeden z držitelů licence pro provoz DS, již v roce 2010 spustila první testování technologie SG ve Vrchlabí. „V rámci projektu *Smart Region Skupina ČEZ nasazuje nejmodernější technologie do distribuční sítě, testuje provoz inteligentních elektroměrů včetně interaktivního zapojení zákazníků, využívá široce IT technologií k řízení sítě, zapojuje lokální výrobní zdroje (kogenerační jednotky) a testuje elektromobilitu.*“⁶ Samotné testování je pak naplánováno na období 2010 – 2015. Tento region si společnost ČEZ ne zvolila náhodně, právě v tomto regionu existuje velké množství rozptýlených zdrojů. Zákazníci v této oblasti mají možnost sledovat svou aktuální spotřebu a tím se i přímo podílet na optimalizaci řízení své spotřeby. [37, 39]

I další z provozovatelů DS, společnost E.ON, se již zabývá problematikou SG a to hlavně na území Německa. Právě v Německu jsou hojně nasazovány napěťově regulovatelné distribuční transformátory – VRTD. Společnost E.ON, resp. její vývojové oddělení, se podílelo na vývoji tohoto typu transformátorů. Ke konci roku 2014 by těchto transformátorů mělo být v provozu okolo 180. Právě tyto „chytré“ transformátory se zde používají pro redukci kolísání napětí v síti v důsledku nárůstu rozptýlených obnovitelných zdrojů elektřiny,

⁶Info k SR Vrchlabí: Výzkum a vývoj. SKUPINA ČEZ. [online]. [cit. 2014-10-20]. Dostupné z: <http://www.cez.cz/cs/vyzkum-a-vzdelavani/vyzkum-a-vyvoj/subjekty-v-oblasti-vyzkumu-a-vyvoje/eu-verejne-zdroje-financovani/smart-grids/info-k-sr-vrchlabi.html>

kteřé působí negativně na přenos elektřiny i na samotnou kvalitu přenosu. Tento typ transformátorů je samozřejmě řízen v reálném čase, a proto dokáže zvýšit schopnost distribučních systémů zvládnout vyšší počet připojených obnovitelných zdrojů elektřiny. Odhaduje se, že pouze nasazením VRTD by mohlo dojít do roku 2030 k ušetření 1,4 bilionu EUR jen na nákladech za rozšíření stávajících sítí. [6]

Kromě výše zmíněných společností, které mají na starosti přímou distribuci elektřiny přes distribuční soustavu České republiky, existují i další společnosti, které již SG používají. Za zmínku určitě stojí společnost LUMEN. Tato společnost patří mezi největší provozovatele LDS v České republice a mezi největší výrobce solární energie. Právě z důvodu velké soběstačnosti začala tato společnost jako první s budováním ostrovních systémů, tedy systémů, které jsou soběstačné a jejich provoz je plně hrazen z místních zdrojů. Tyto ostrovní systémy pak dokáží fungovat nezávisle na dodávkách elektřiny z velkých elektráren. Celý systém SG vytvořený touto společností, zastřešuje softwarově společnost WS Trend, která do této LDS nasadila svoje softwarové řešení – SG řízení na objektové databázi InterSystems, CACHE®. Tento systém pak umožňuje on-line monitoring stavu sítě v reálném čase. V této síti se sledují následující parametry služby:

- sledování kapacitního vytížení sítě a jejího napětí
- sledování kvality distribuované elektřiny
- sledování hodnot technického čtvrt hodinového maxima u relevantních koncových zákazníků
- sledování čtvrt hodinových špičkových hodnot u relevantních špičkových zákazníků
- sledování průběžné spotřeby u všech koncových zákazníků
- detekce všech nestandardních a nežádoucích stavů sítě (výpadky, přepětí, černé odběry, narušení chráněných zón jako jsou trafostanice, detekce kouře, vody apod.)
- automatické generování a rozesílání zpráv, výkazů a dalších hlášení a reportů investorovi, jeho zákazníkům (koncovým uživatelům) a operátorovi trhu s elektřinou formou sms a emailu
- generování podkladů pro fakturaci

[24]

Z výše uvedeného je patrné, že celý systém musí dokázat pracovat s poměrně značným

objemem dat. Mimo samotný příjem těchto dat, musí být systém schopen tato data také ukládat a analyzovat v reálném čase. Navíc systém musí mít tato data okamžitě přístupná. Samozřejmostí je i obousměrná komunikace. Dále se pak v této LDS plně řídí zdroje elektřiny a i elektrické spotřebiče. [24]

Testování celého systému proběhlo již v roce 2010 a tehdy se jednalo o první takovéto řešení na území České republiky. Do tohoto projektu bylo zapojeno 3000 měřidel a nesledovala se pouze elektřina, ale také plyn a voda. Samotné uvedení tohoto systému do ostrovního provozu proběhlo 1. března 2011 a nyní je v této LDS více než 4000 chytrých elektroměrů, vodoměrů a plynoměrů. V současné době systém umožňuje analyzovat velké množství dat a to ve čtvrt hodinových nebo dokonce i minutových intervalech. Na straně koncového zákazníka se nesleduje pouze jeho aktuální spotřeba, ale lze získávat i detailní informace o jeho čtvrt hodinových maximech nebo špičkových odběrech. Právě ze všech těchto nasbíraných dat je pak možné monitorovat výrobu a distribuci a to nejen elektřiny. Z dílčích informací o aktuální spotřebě je pak možné pružně reagovat na aktuální potřeby a dle toho upravovat výrobu elektřiny. Tento používaný systém umožňuje kromě monitorování a řízení vlastní spotřeby také hlídání aktuálního zatížení sítě. Systém hlídá i kvalitu přenášené elektřiny. Jak již bylo zmíněno, tento systém je schopen přizpůsobovat výrobu daného typu energie momentální spotřebě. Systém splňuje i další důležitý předpoklad SG a to obousměrnou komunikaci. V případě poruchy je systém schopen místně odpojit některou z výroben elektřiny tak, aby nevznikl v síti přebytek elektřiny či jiného typu energií. Další výhodou obousměrné komunikace je možnost zapnout daná průmyslová zařízení, která dokáží přebytek v síti odebrat, což ušetří náklady ne jen samotnému dodavateli elektřiny, ale také majiteli daného zařízení, jelikož právě takto spotřebovaná „přebytečná“ energie je pak prodávána za výhodnějších podmínek. Výhody nasazení toho systému jsou tedy patrné z výše uvedeného textu, navíc je tím zajištěna i možnost dlouhodobých statistických údajů. [24]

Na začátku této kapitoly byla zmínka o testování chytrých elektroměrů, tzv. AMM, společností ČEZ. Ačkoli společnost ČEZ není samozřejmě jediným subjektem, který tato zařízení testuje a testovala, skupina ČEZ patří mezi první, která s těmito experimenty začala. Skupina ČEZ spustila již v roce 2007 pilotní projekt AMM právě z důvodu ověření základních technologických a ekonomických předpokladů. V roce 2011 pak došlo k navýšení počtu instalovaných chytrých elektroměrů a to na 30 tisíc. Ačkoli tato společnost nabídla zákazníkům zapojených do tohoto projektu i dvojí tarifkaci, nedošlo k výrazné změně přístupu jednotlivých odběratelů. Právě toto nasvědčuje tomu, že v případě domácností, nenabízí systém SG takový potenciál, jako v případě nějakého průmyslového celku, jelikož

u domácností, je systém závislý na mnohem jiných okolnostech, než v případě průmyslového podniku. Jen těžko si lze představit, že domácnosti si budou dopředu plánovat, kdy si zapnout např. sporák. [18, 37]

Možnosti, které nabízí SG si plně uvědomují téměř všechny země světa. SG je v mnoha případech chápán jako efektivní způsob modernizace energetiky, který umožňuje integraci rozptýlených zdrojů elektřiny, zejména pak obnovitelným zdrojům „čisté“ elektřiny. Ze zemí, které trápí velké znečištění díky CO₂, stojí za zmínku např. Čína. V souvislosti se SG prohlásila čínská vláda, že do roku 2020 sníží emise CO₂ na 40 – 45 % oproti roku 2008. Díky rozloze i nerovnoměrné geografické výrobě a spotřebě je SG v Číně ideálním řešením. V Japonsku je systému SG věnována velká pozornost hlavně po velkých zemětřeseních v roce 2011, ale i Japonsko chce snížit emise CO₂ na 75 % v porovnání s rokem 1990. [30]

3 Lokální distribuční soustava ArcelorMittal Ostrava

3.1 Současné řešení dodávky elektrické energie

„ArcelorMittal je největší producent oceli na světě s více než 315 000 zaměstnanci a výrobními závody v 60 zemích světa. V roce 2009 společnost vyrobila 71,1 mil. tun oceli, což bylo cca 6% celosvětové výroby oceli. Společnost byla založena v roce 2006 a vznikla sloučením firem Arcelor a Mittal Steel. V roce 2009 byla společnost na 28. místě na světě v žebříčku firem FortuneGlobal 500. Společnost má hlavní sídlo ve městě Lucemburk v Lucembursku, v původním sídle společnosti Arcelor.“⁷

ArcelorMittal Ostrava a.s. je česká hutní společnost sídlící v areálu Nové Hutě v Ostravě. Tato společnost je součástí holdingu ArcelorMittal. Samotná společnost je rozčleněna do několika závodů, od slévárny, přes ocelárnu, až po energetiku. Právě část energetiky zásobuje jednotlivé dílčí závody a nabízí také dodávku elektřiny externím odběratelům přes svoji LDS. Celkový instalovaný výkon elektrárny je 254 MW a palivem do kotlů je černé uhlí, koksárenský, vysokopecní a zemní plyn. Ačkoli společnost splňuje přísné emisní limity, vzhledem k velmi znečištěné lokalitě okolí Ostravy, je i v případě plnění limitů

⁷ Příspěvatelé Wikipedie, *ArcelorMittal* [online]. Wikipedie: Otevřená encyklopedie, c2014, Datum poslední revize 24. 08. 2014, 21:12 UTC. [Cit. 16. 10. 2014] Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=ArcelorMittal&oldid=11767811>

jakékoli další znečišťování velice nepříjemné. Díky své velikosti závodu energetika, došlo začátkem roku 2010 k založení dceřiné společnosti ArcelorMittal Energy Ostrava, která se stará o provoz a údržbu celé LDS této společnosti. [15, 25]

Jak už bylo dříve zmíněno, samotná LDS se nemůže připojit přímo na přenosovou soustavu, proto je i tato LDS připojeno k přenosové soustavě nejprve přes síť jednoho z provozovatelů DS. V tomto případě se LDS připojuje na soustavu VVN distribuční soustavy společnosti ČEZ Distribuce a.s. přes sedm rozvodů. Celkový instalovaný výkon elektrárny je pak dimenzován tak, aby pokryl celou poptávku včetně externích odběratelů. Provoz LDS je řízen centrálně z elektro-dispečinku a kvalita elektřiny je pak kontrolována autonomním měřícím a monitorovacím systémem v uzlech VN a VVN. K současné LDS je možné samozřejmě připojit i další zařízení pro výrobu elektřiny. Každé nově připojené zařízení musí splňovat požadavky, které požaduje provozovatel LDS, tedy v tomto případě společnost ArcelorMittal. Tato LDS umožňuje při nouzových situacích odpojení části LDS a provozovat tak síť v ostrovním provozu. [15, 25]

3.2 Smart Grids v ArcelorMittal Ostrava

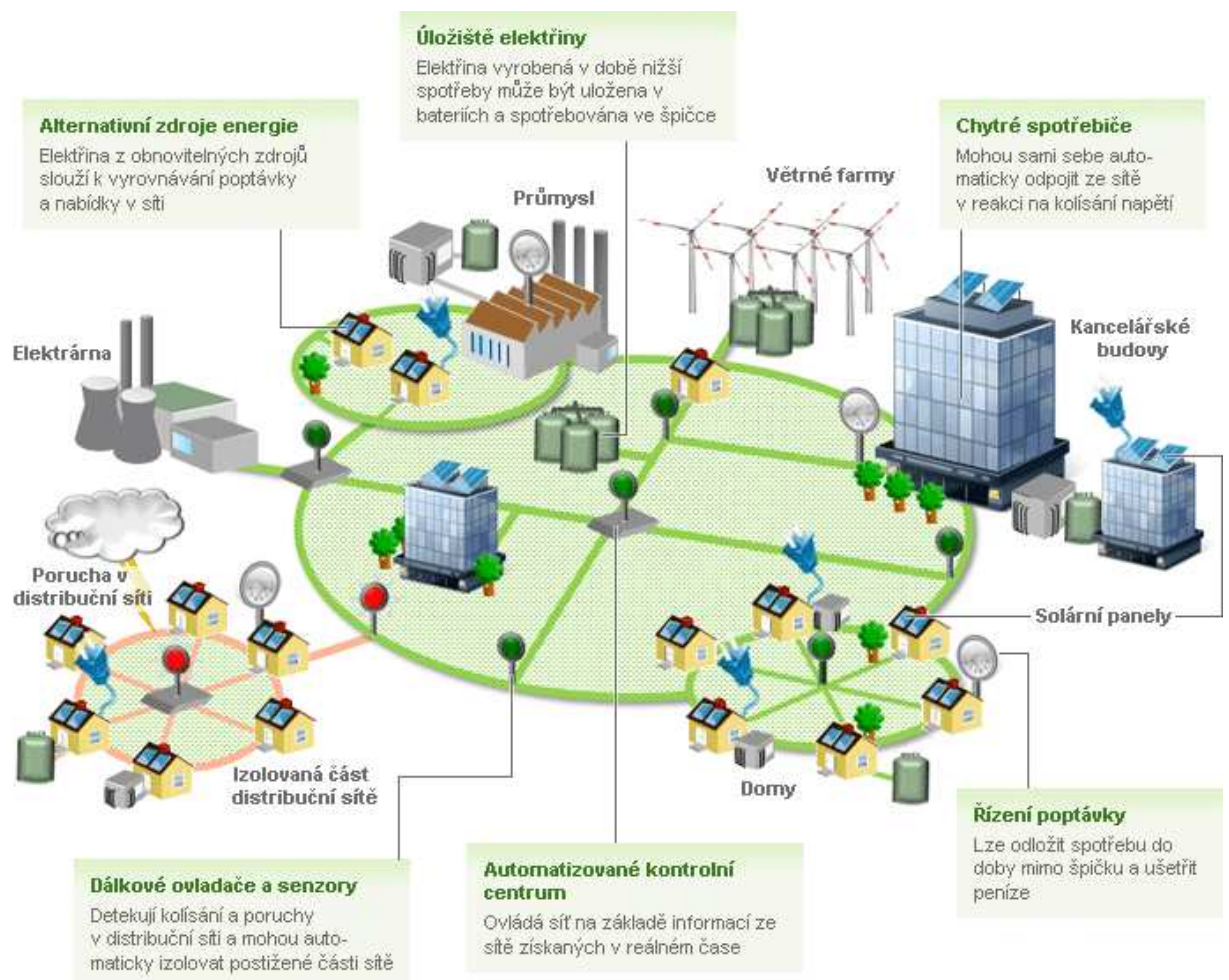
3.2.1 Cíle implementace Smart Grids

Před samotným technickým řešením SG je velmi důležité si určit cíle, které by měla SG splnit. Naprosto klíčovým cílem je to, aby síť dokázala spolehlivě udržovat stabilitu rozvodné sítě, tzn. zlepšit schopnost LDS reagovat na všechny možné situace a to jak provozní, tak havarijní, které se mohou v této LDS vyskytnout. Dalším cílem by mělo být dokázat vyrobit a dodat cenově dostupnou elektřinu tak, aby její množství pokrylo poptávku. S tím souvisí zlepšení energetické účinnosti celé LDS, tzn. po implementaci SG by měla být síť schopna optimalizovat energetické toky, které se přenášejí a umožnit koncovým uživatelům aktivní zapojení do SG. To znamená, umožnit jim aktivně ovlivňovat svoji spotřebu. Také je velmi důležité zodpovědně prověřit stav současných rozvodů a navrhnout, které rozvody bude nutné vyměnit či jinak modernizovat. Neméně důležitým cílem je i snížení škodlivých emisí, které vznikají při výrobě elektřiny z tepelných elektráren, kde je použito jako primární palivo černé uhlí. V předešlé kapitole byla zmínka o vstupních surovinách, která se v současné době v LDS ArcelorMittal Ostrava používají, jako palivo pro teplotní kotle. Koncept SG by měl ve svém výsledku omezit používání těchto surovin, které

enormně zatěžují životní prostředí a daný výpadek kompenzovat z obnovitelných zdrojů.

3.2.2 Technické řešení - koncepce

Cílem je vytvoření virtuální elektrárny, která dokáže uspokojit potřeby průmyslového celku a i potřeby odběratelů mimo průmyslovou lokalitu. Celkový instalovaný výkon současné tepelné elektrárny Ostrava-Kunčice je 254 MW a palivem do kotlů je zejména černé uhlí. Vzhledem k absenci výroben „čisté“ elektřiny, bude nutné tyto zdroje nově vybudovat tak, aby spolu se stávající tepelnou elektrárnou vytvořily virtuální elektrárnu. Koncepce SG v LDS ArcelorMittal je naznačen na obr. 3.1.



Obr. 3.1 - Implementace SG [17]

3.2.2.1 Fotovoltaická elektrárna

V současné době je možné použít tři základní typy fotovoltaických panelů a to buď mono krystalické, polykrystalické nebo amorfní. Oba dva první typy mají svá specifika. Monokrystalické panely mají lepší účinnost při přímém naklopení na sluneční svit, polykrystalické solární panely jsou naproti tomu schopny zpracovat s lepší účinností sluneční svit, který dopadá pod „neideálním“ úhlem. Snahou bude využívat FVE po celý rok, kdy bude jejich umístění stabilní. Dle statistik není celková roční produkce v případě takovéto montáže ovlivněna zvoleným typem panelů. Posledním typem jsou amorfní fotovoltaické panely. Ty jsou v porovnání s druhými dvěma levnější, ale jejich účinnost je podstatně menší, takže pro výkon, který dosáhneme při použití monokrystalických či polykrystalických fotovoltaických panelů, by bylo potřeba více amorfních panelů. [12]

V areálu LDS ArcelorMittal Ostrava bude nutné vybudovat fotovoltaickou elektrárnu o celkovém instalovaném výkonu 20 MW. Množství vyrobené elektřiny samozřejmě závisí na intenzitě slunečního záření. V případě slunečného dne může výkon dosáhnout cca 1 kW/m², pokud bude obloha zatažena, může výkon poklesnout až na 100 W/m². V průměru lze počítat s tím, že 8 – 10 m² solárních panelů dokáže vyprodukovat 1 kW. Pokud tedy uvažujeme celkový instalovaný výkon FVE 20 MW, bude nutné umístit solární panely na plochu cca 18 ha. Výpočet naznačuje rovnice 3.1. Vzhledem k velikosti plánovaného instalovaného výkonu bude nutné vhodně zvolit i výstupní napětí fotovoltaických panelů. Na obr. 3.3 je možné vidět za vlastním solárním panelem regulátor, ten v sobě obsahuje dvě zařízení. Prvním je stabilizátor napětí a druhým je automatická nabíječka akumulátorů. Tento regulátor hlídá velikost napětí z panelů tak, aby docházelo k optimálnímu dobíjení akumulátorů a tím se nesnižovala jejich životnost. Kromě takového typu regulátoru, lze využít i MPPT měnič (Maximum Power Point Tracking). Ten v sobě ukrývá vysokofrekvenční DC-DC měnič, který změní vstupní stejnosměrné napětí na vysokofrekvenční střídavé napětí a následně opět změní toto střídavé napětí na stejnosměrné napětí jiné nominální hodnoty, než původní vstupní napětí. Výhodou tedy je, že MPPT měnič dokáže na svém výstupu nabídnout napětí vyšší než je standard u solárních regulátorů, tedy 12 VDC, 24 VDC, 48 VDC i 150 VDC. Tento fakt samozřejmě přispívá k tomu, že dojde k rapidnímu snížení proudu, tedy ke snížení ztrát při přenosu. [12, 28]

Během výroby elektřiny neprodukuje FVE žádné látky, které by znečišťovaly životní prostředí. Jedná se také o bezúdržbový systém, takže provozní náklady jsou velmi nízké. Náklady na výstavbu FVE nejsou malé, ale lze uvažovat o podstatném snížení nákladů

v případě využití daňových slev a státem garantované podpory. Samotná výroba elektřiny je velmi závislá, jak již bylo zmíněno v úvodu této kapitoly, na intenzitě slunečního svitu. Další velkou nevýhodou je fakt, že současné fotovoltaické panely ztrácejí na své účinnosti. Pokles výkonu je přibližně 1 % za rok provozu. [28]

Rovnice 3.1 - Výpočet potřebné plochy pro výkon 20 MW

1 kW 9 m²

20 MW x [m²] _____

$$x = \frac{9 * 20 * 10^6}{1 * 10^3} = 180000 \text{ m}^2 = 18 \text{ ha} \quad 3.1$$

Ačkoli se zdá požadovaná plocha 18 ha poměrně velká, solární panely nemusí být soustředěny na jednom místě. Vzhledem k poměrně velkému množství budov v areálu ArcelorMittal je výhodné využít střechy budov pro montáž solárních panelů. Pokud by plocha při využití pouze střech nebyla dostatečná, lze využít některý z pozemků, které se nachází nedaleko areálu. Dále by pro montáž solárních panelů byly využity velké parkovací plochy. Každé větší parkoviště, např. parkoviště před obchodními domy, by bylo z části zastřešeno a tyto nově vzniklé střechy pak osazeny solárními panely viz. obr. 3.2.



Obr. 3.2 - Solární panely na parkovištích⁸

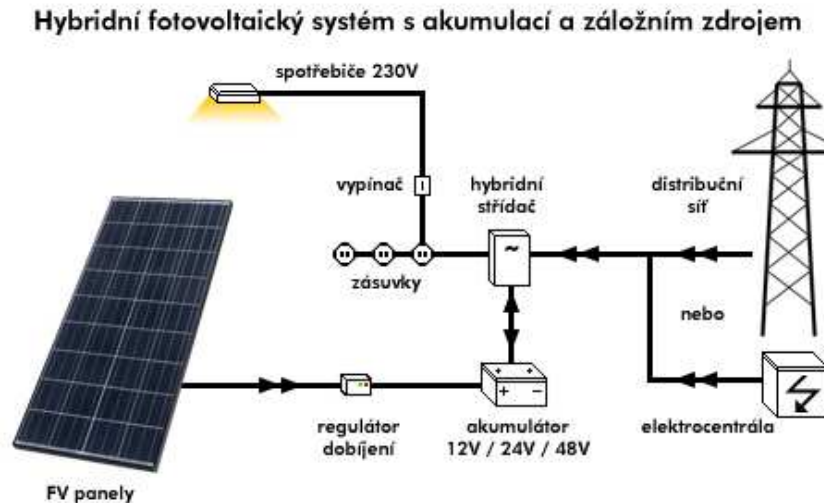
⁸ 8 new solar plants cover parkings. *Got Powered* [online]. 30.srpen 2014 [cit. 2015-03-03]. Dostupné z: <http://gotpowered.com/wp-content/uploads/2014/10/solar.jpg>

Před realizací je nutné si rozmyslet, jakým způsobem bude FVE pracovat. V podstatě existují dva základní koncepty, dle nichž lze FVE provozovat. Prvním konceptem je tzv. koncept hybridní elektrárny. Schéma zapojení hybridní elektrárny je na obr. 3.3. Tento systém má za úkol eliminovat odběr elektřiny ze sítě, tzn. solární panely by nedodávaly elektřinu přímo do sítě, ale nejdříve do akumulátorů, z nichž by se elektřina přes střídač dostávala dál do LDS. Výhodou takového systému je to, že odpadá nutnost žádosti o povolení výstavby FVE. Na obr. 3.3 je zobrazeno jednofázové provedení, ale není problém tento systém provozovat jako tří fázový. [14]

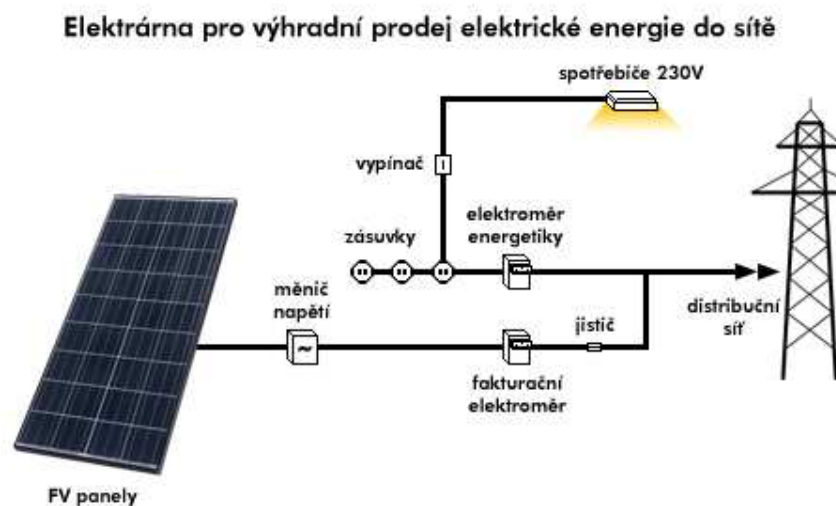
Druhým způsobem provozu je využití konceptu pro prodej elektřiny, blokově naznačeno na obr. 3.4. Jak je z obrázku i ze samotného názvu patrné, elektřina vyrobená ve FVE se prodává do sítě. Tento koncept je vhodný v případě využití dotací na „zelenou elektřinu“, jelikož výkupní cena takto získané elektřiny je „vyšší“ než prodejní cena. [14]

Oba zmiňované koncepty mají své výhody a nevýhody, myšlenka je taková, že FVE bude schopna pracovat i v ostrovním režimu tak, aby celá LDS dokázala být soběstačná. Jako vhodnější se jeví koncept hybridní elektrárny.

Kromě této FVE by bylo umožněno koncovým odběratelům připojení vlastních FVE tak, aby se i oni mohli podílet na pokrytí dodávek elektřiny. Myšlenka připojení takovýcho FVE by mohla být buď stejná, tzn. fotovoltaické panely by elektřinu dodávaly do akumulátorů nebo v jistém smyslu pro koncového odběratele výhodnější a to elektřinu, kterou vyrobí jeho FVE, např. na střeše jeho rodinného domu, prodat v případě přebytku do sítě. V budoucnu si lze poměrně lehce představit, že dílčí odběratelé využijí této možnosti ke snížení svých nákladů na elektřinu, ale v této fázi technického návrhu nelze počítat s nějakým konkrétním číslem či dokonce uvažovat o konkrétním výkonu, který díky tomu bude k dispozici.



Obr. 3.3 - Hybridní FVE [14]

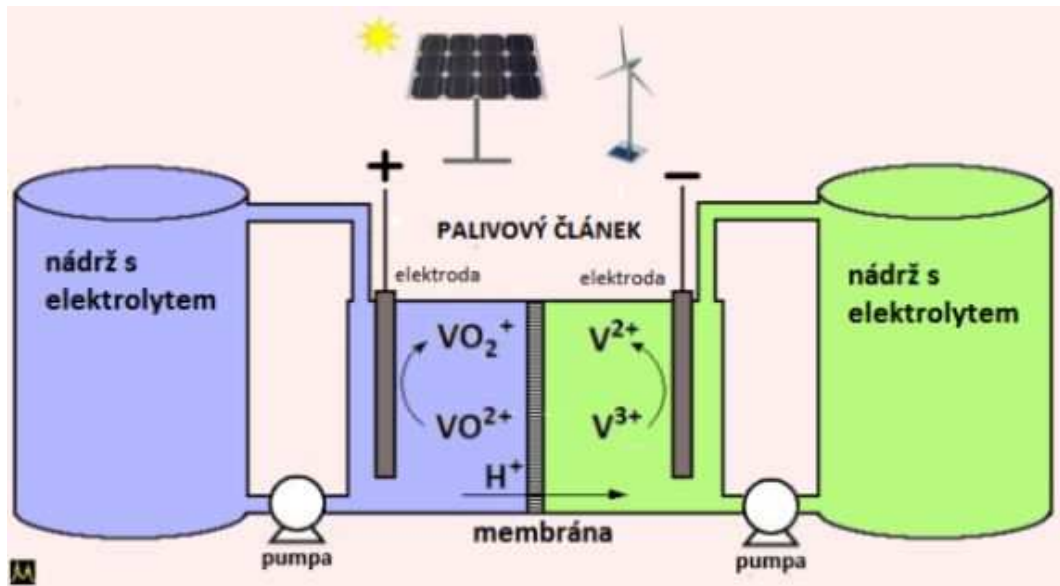


Obr. 3.4 - FVE pro prodej elektřiny [14]

Za zmínku stojí ještě výběr vhodného akumulátoru k uchování přebytečné elektřiny. Existuje celá řada akumulátorů, ale ne všechny se hodí pro uskladnění elektřiny z fotovoltaických panelů. V současné době jsou nejvyužívanějšími typy akumulátorů pro FVE olověné akumulátory, ale stále častěji se objevují i další typy. LiFePo₄ akumulátor (Lithium-železo-fosfát) se používá ve větší míře v elektromobilech. Jeho životnost je v porovnání s olověným akumulátorem dvojnásobná, ale je dražší než olověný akumulátor. NiCd akumulátor (Nikl-kadmium) má poměrně dlouhou životnost (30 let i více), ale tyto akumulátory jsou také výrazně dražší než olověný akumulátor. Zajímavým typem

akumulátoru je akumulátor, který akumuluje elektřinu do vodíku (Energy Cell). Tento typ akumulátoru má výhodu v tom, že elektřinu lze uskladnit na dlouhou dobu bez ztráty kapacity. Ovšem revolucí v uskladnění elektřiny je vanad redoxní akumulátor, viz. obr. 3.4. Tento akumulátor lze považovat za revoluční už z toho důvodu, že oproti klasickým akumulátorům, kde je elektřina soustředěná uvnitř článku, je elektřina u tohoto typu akumulátoru uložena chemicky v elektrolytech. Jak je možné na obr. 3.5 vidět, tento akumulátor je složen ze dvou nádrží, ve kterých je elektrolyt lišící se svou polaritou. „Elektrolyty jsou průběžně čerpány z oddělených nádrží a proudí přes články, zatímco elektrický proud přichází nebo se vrací zpět do nádrží s elektrolytem. Články obsahují iontoměničovou membránu (PEM) o tloušťce 0,25 mm, na které dochází u jednoho z elektrolytů k elektrochemické oxidaci a druhý elektrolyt je zde elektrochemicky redukován. Membrána zároveň zabraňuje promíchání těchto dvou elektrolytů. Články jsou zapojeny do série a jsou umístěny v zásobnících. Rozhodující chemické reakce probíhají na uhlíkových FELT elektrodách. Vzniklé reakce nemění fyzikálně ani chemicky vlastnosti elektrod, a proto je umožněn velký počet nabíjecích a vybíjecích cyklů bez významného snížení kapacity akumulátoru (některé zdroje uvádí přes 10 000 cyklů). Napětí akumulátoru je v rozmezí 1,2–1,6 V a čistá účinnost tohoto systému může dosahovat až 85 %. Stejně jako u ostatních akumulátorů s tokem iontů, jsou na sobě hodnoty elektrického a energetického výkonu VRB nezávislé. Během nabíjení a vybíjení dochází v elektrolytu ke změnám oxidace vanadu ... Protože se elektrolyty vrací do stejného stavu jako na konci každého nabíjení/vybíjení, je možno je používat neomezeně. Záleží však na jejich čistotě. Navýšení energetické hodnoty článku je možné zvýšením koncentrace vanadových solí v elektrolytech. U zvyšování koncentrace je důležité kontrolovat přesycení a teplotu, protože tyto dva aspekty razantně ovlivňují degradaci elektrolytu a s tím spojenou účinnost celého systému. Vanadové redoxní baterie je možné zařadit do kategorie potenciálních technologií pro uskladnění energie z obnovitelných zdrojů elektrické energie. Absence nebezpečných kovů činí tento systém jedním z nejvíce ekologických systémů založených na technologii elektrochemických akumulátorů.“⁹ [12, 23]

⁹ PLÉHA, David. Vanadové redoxní baterie. In: [online]. [cit. 2015-02-07]. Dostupné z: <http://www.chempoint.cz/vanadove-redoxni-baterie>



Obr. 3.5 – Vanad redoxní akumulátor¹⁰

Další možnost pro skladování elektřiny bude za pomoci stlačeného vzduchu, obr. 3.6. Systém je vyvinut firmou SustainX. Tento izotermický systém – ICAES provádí stlačování vzduchu za teploty, která se nemění. Při tomto stlačování vzduchu se část energie přeměňuje na teplo, takže prostor se stlačeným vzduchem je chlazen vodou. Díky tomu dojde k záchraně velké části energie, která vznikla zahřátím stlačeného vzduchu ve formě teplé vody, která se dá dále zpracovat. Pokud chceme energii opět získat, dojde k uvolnění vzduchu z nádob a vzduch pak samovolně expanduje přes turbíny a vyrábí tak elektřinu. [35]

¹⁰ GROHMANN, Jan. Baterie pro ukládání přebytku energie z rozvodné sítě. [online]. [cit. 2015-02-07]. Dostupné z: <http://www.ekobydleni.eu/energie/baterie-pro-ukladani-prebytku-energie-z-rozvodne-site>



Obr. 3.6 - Systém ukládání elektřiny [35]

3.2.2.2 Malá vodní elektrárna

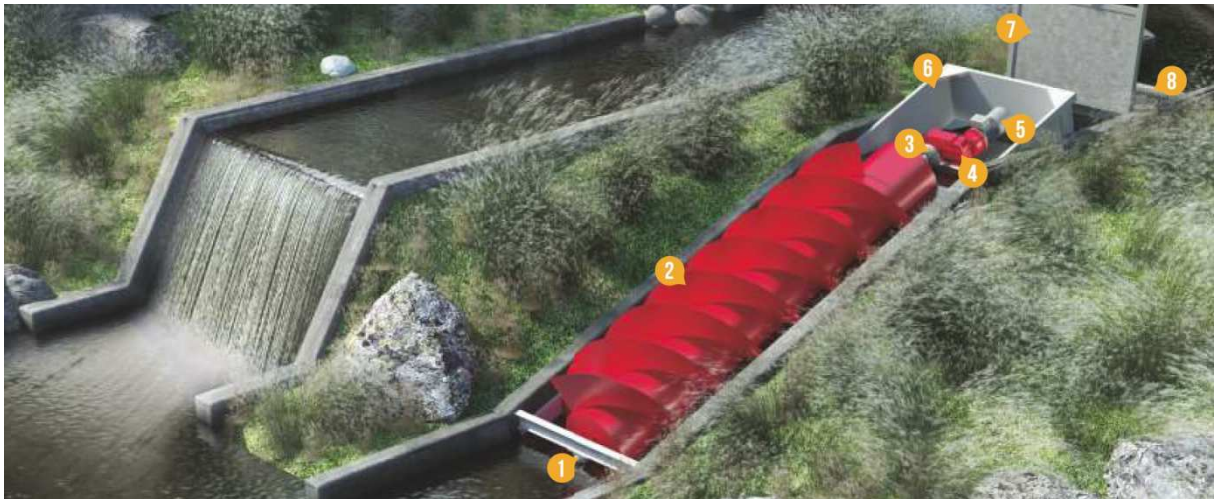
V blízkosti průmyslového areálu ArcelorMittal Ostrava je několik vodních toků, které slouží jako zásobárna vody pro tento průmyslový podnik. Jsou to vodní toky: Ostravice (ta je v těsné blízkosti areálu), Lučina a o něco dále řeka Odra. Pro stavbu MVE by byla zvolena řeka Ostravice hlavně díky dostatečnému průtoku (průměrný průtok je $15,4 \text{ m}^3/\text{s}$) a blízké poloze k samotnému areálu ArcelorMittal. [42]

Plánovaná MVE pro LDS ArcelorMittal by pracovala na principu Archimédovy šroubové turbíny. Právě tento koncept bude mít minimální vliv na životní prostředí. Archimédova šroubová turbína pracuje na poměrně jednoduché myšlence a to takové, že hmotnost vody působí na listy šroubu a tím je roztáčí. Právě síla vody je přes listy šroubu přenášena do převodovky a pak dále do generátoru. Velkou výhodou je to, že není třeba velkého spádu (šroubová turbína je schopna pracovat se spádem od méně než 1 m až do 10 m) a ani velkého průtoku (do $18 \text{ m}^3/\text{s}$ pro jednu turbínu). Turbína je schopna pracovat v širokém rozsahu průtoku vody a to od 14 % až do 120 % navrhovaného průtoku. Díky svému principu a širokým listům umožňuje také migraci ryb, mikroorganismů, říčních sedimentů a navíc pozitivně ovlivňuje okysličení vodního toku. [16]

MVE bude osazena jednou turbínou o výkonu 0,6 MW s uvažovaným průtokem $14 \text{ m}^3/\text{s}$. Jednotlivé části MVE jsou zobrazeny na obr 3.7. Celkový pohled na zasazenou MVE do přírody je na obr. 3.8. [16, 42]

Životnost takovéto MVE se pohybuje mezi 50–100 lety, srovnání použitého typu turbíny s ostatními typy turbín, je uvedeno v příloze obr. 6.6 a obr. 6.7.

Elektrina vyrobená MVE by byla v případě přebytku, stejně jako je tomu u FVE, uskladněna v akumulátorech.



Obr. 3.7 - Popis MVE [16]

Hlavní části:

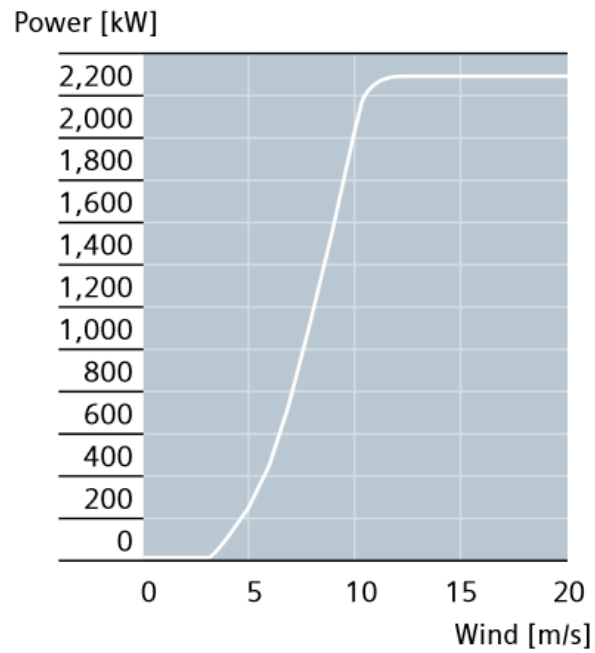
1. SPODNÍ ULOŽENÍ
 2. ARCHIMÉDOVA ŠROUBOVÁ TURBÍNA
 3. HORNÍ ULOŽENÍ
 4. PŘEVODOVKA
 5. GENERÁTOR
 6. KORYTO
 7. STAVIDLO
 8. HRUBÉ ČESLE
- [16]



Obr. 3.8 - MVE kompletní [16]

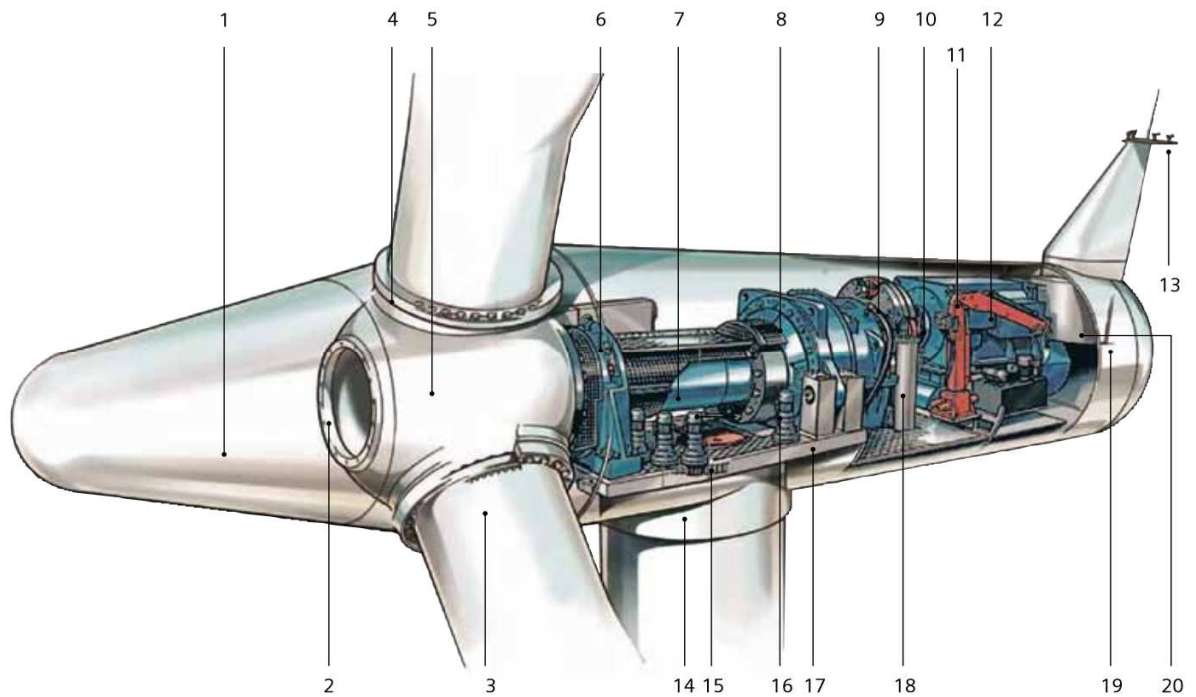
3.2.2.3 Větrná elektrárna

Z větrné mapy zobrazené v příloze na obr. 6.8 je patrné, že v okolí Ostravy je dostatečný větrný potenciál. Oblast lze považovat za oblast s mírnými větrnými podmínkami a je tedy vhodná pro výstavbu větrné elektrárny o výkonu 23 MW. Pro výstavbu větrné elektrárny bude použita větrná turbína od firmy Siemens SWT-2.3-101. Tato turbína nepotřebuje pro svůj rozběh tak silný vítr a je speciálně navržena tak, aby optimalizovala energetický výkon v oblastech s mírným větrem. Jedna tato turbína je schopna poskytnout výkon 2,3 MW, tzn. bude nutné použít 10 těchto turbín. Výkonová křivka této turbíny v závislosti na síle větru je zobrazena na obr. 3.9. [33]



Obr. 3.9 – Výkonová křivka [33]

Z obr. 3.9 je patrné, že jmenovitého výkonu dosahuje turbína při rychlosti větru 12–13 m/s a výkon začíná dodávat od rychlosti větru 3–4 m/s. Popis jednotlivých částí je na obr. 3.10. [33]



Obr. 3.10 – Větrná turbína [33]

Hlavní části větrné turbíny:

- | | | | |
|-----|----------------------------|-----|----------------------------------|
| 1. | Vrtulový kužel | 11. | Generátor |
| 2. | Držák kuželu | 12. | Servisní jeřáb |
| 3. | List rotoru | 13. | Čidla rychlosti a směru větru |
| 4. | Mechanismus natáčení listů | 14. | Gondola |
| 5. | Uložení listů | 15. | Mechanismus natáčení gondoly |
| 6. | Hlavní ložisko | 16. | Ozubené kolo mechanismu natáčení |
| 7. | Hřídel | 17. | Deska gondoly |
| 8. | Převodovka | 18. | Olejový filtr |
| 9. | Brzda rotoru | 19. | Vrchlík |
| 10. | Spřáhlo | 20. | Ventilátor |

[33]

3.2.2.4 Elektromobily

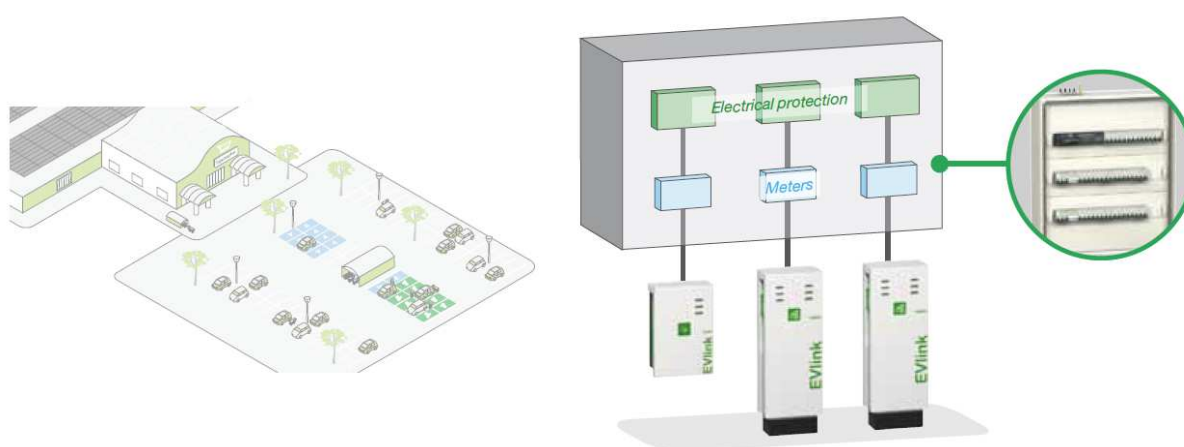
Ačkoli v současné době nejsou elektromobily příliš rozšířené, v budoucnu lze očekávat, že jejich počet poroste a to i v soukromé sféře. Díky zapojení elektromobilů do SG získá daná síť další možnost, jak vykrývat nenadále nestability energetické sítě. Pokud bude docházet k masivnějšímu nasazování elektromobilů lze očekávat, že dojde ke snížení výrobních nákladů elektromobilů, zejména pak baterií a to díky vyšší poptávce. Nárůst elektromobilů lze očekávat i z důvodu stále se zpřísňujících limitů CO₂. Ačkoli vše napovídá tomu, že elektromobily se budou objevovat stále častěji, v současné době rozvoji nepomáhá hlavně omezená nabídka, nízký počet dobíjecích stanic, velká pořizovací cena oproti tradičním vozidlům a také malý dojezd vozidel používající jako svůj jediný zdroj baterií. Pod pojmem elektromobilita si lze představit i další dopravní prostředky jakými jsou např. elektro-kola a elektro-motocykly. Všechny tyto dopravní prostředky lze využít uvnitř SG. [31]

Princip využití není nijak složitý. Elektromobil se bude nabíjet ze sítě a pokud bude nutné rychle vyrovnat nějakou energetickou špičku či dojde k nějaké další rychlé poruše, kdy bude nutné dodat do sítě další elektřinu, síť využije elektřinu z baterií ve svůj prospěch. Proto v rámci celé LDS ArcelorMittal budou vybudovány dobíjecí stanice vybavené standardní nabíječkou (dobíjení elektrického auta trvá 4 – 5 hodin) a také rychlo-nabíječkou (dobíjení elektrického auta trvá 1,5 – 2 hodiny). V samotném areálu ArcelorMittal Ostrava pak budou k dispozici elektro-motocykly a elektro-automobily. Kromě snížení CO₂ dojde k ušetření nákladů za pohonné hmoty (ze statistik vyplývá, že provoz elektromobilů vyjde 3x – 4x levněji než provoz vozidel na standardní pohon), dojezd elektro-automobilů v rámci regionu je dostačující (100 – 150 km). Odběratelům uvnitř LDS bude umožněno, v případě souhlasu s využitím elektřiny z jejich elektromobilů, dobíjení jejich vozidel za zvýhodněné tarify a to buď přes běžnou 230 V zásuvku (díky malému výkonu dobíjení elektrického auta 10 – 12 hodin) nebo přes tzv. „Wall-box“, neboli domácí dobíjecí stanici (dobíjení elektrického auta trvá maximálně 5 hodin). [2, 9]

Koncept dobíjení elektromobilů bude od firmy Schneider Electric – EVlink. Řešení pro maloodběratele (domácnosti) je na obr. 3.11, řešení pro parkoviště v rámci LDS je na obr. 3.12 a řešení pro průmyslový areál ArcelorMittal je na obr. 3.13. [32]



Obr. 3.11 - EVlink pro domácnost [32]

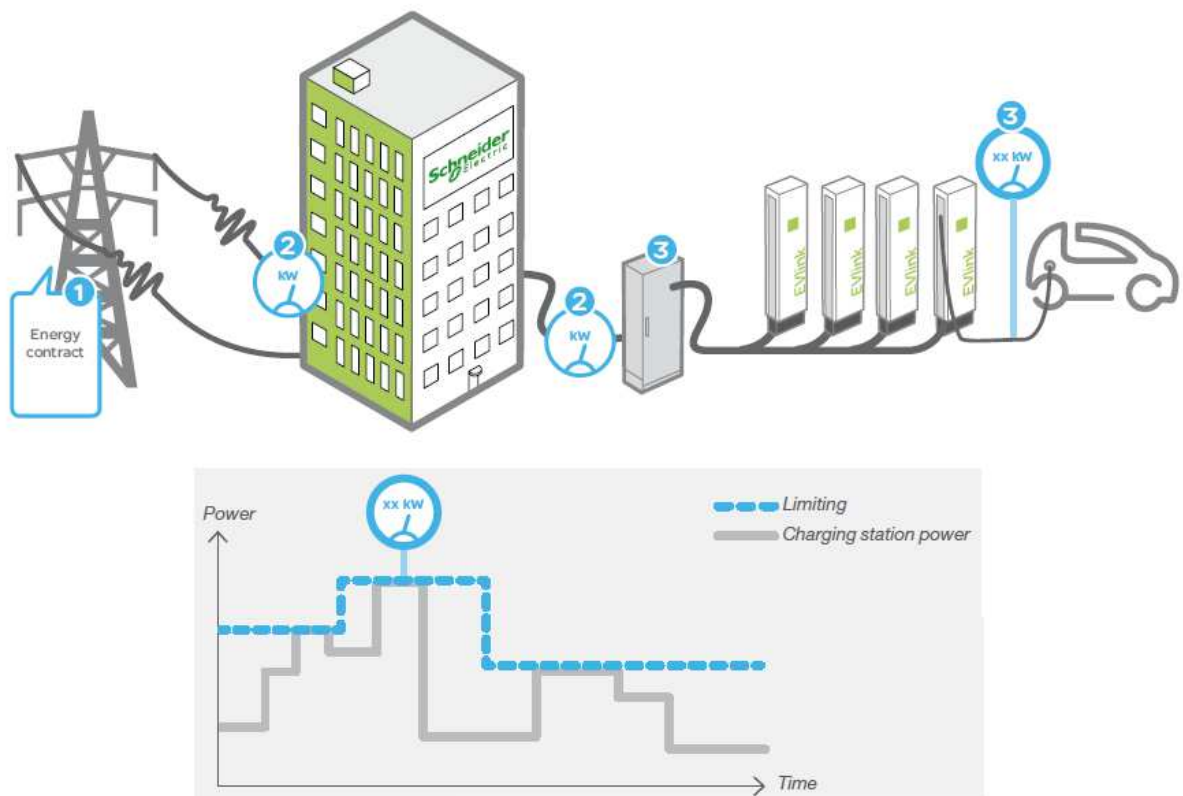


Obr. 3.12 - EVlink pro parkoviště [32]



Obr. 3.13 - EVlink pro areál ArcelorMittal Ostrava [32]

Kromě nabídky dobíjecích stanic, bude použito i řízení energie v dobíjecích stanic od firmy Schneider Electric. Na obr. 3.14 je možné vidět, že v případě přebytku elektřiny v síti dojde k navýšení elektřiny do dobíjecích stanic a naopak při nedostatku, dojde ke snížení množství elektřiny, která bude k dispozici pro dobíjecí stanice. [32]



Obr. 3.14 - Dynamické řízení dobíjení [32]

Díky obecnému zvyšujícímu se zájmu o elektromobilitu dojde jistě v budoucnu ke snížení cen elektromobilů, zvětšení nabídky elektromobilů, zvýšení dojezdové vzdálenosti (do roku 2020 běžně okolo 200 km) a zvětšení počtu dobíjecích stanic. [31]

3.2.2.5 Piezoelektrické dlaždice

Tyto dlaždice pracují na principu piezoelektrického jevu, tedy pokud po nich člověk přejde, dojde k jejich stlačení a tím k vygenerování elektřiny (přeměna kinetické energie lidského kroku na elektřinu). Takto vyrobenou elektřinu lze poslat k uskladnění do baterií nebo použít přímo v síti. Tyto Piezoelektrické dlaždice nabízí např. firma Pavegen Systems a tyto dlaždice by byly nainstalovány do částí LDS ArcelorMittal, kde je vysoká koncentrace pohybujících se lidí. Ukázka dlaždice je na obr. 3.15. Dlaždice jsou ze 100 % recyklovatelných materiálů a jsou odolné proti povětrnostním vlivům. [10]



Obr. 3.15 - Piezoelektrická dlaždice [10]

3.2.2.6 Pouliční osvětlení

V současné době je pouliční osvětlení v LDS ArcelorMittal řešeno běžným způsobem, ovšem díky implementaci SG se nabízí další možnost, jak získat a šetrněji hospodařit s již vyrobenou elektřinou. Společnost Urban Green Energy nabízí unikátní veřejné osvětlení, které bude nainstalováno v celé LDS. Kromě dnes již poměrně běžných LED lamp jsou na tyči připevněny horizontální a vertikální větrné turbíny a solární panely. Lampa díky tomu může vyprodukovat až 380 W. Tuto elektřinu lze pak uskladnit v bateriích buď pro následné okamžité použití v síti nebo pro použití v nočních hodinách. Na obr. 3.16 je vidět příklad ulice s těmito lampami. [13]



Obr. 3.16 - Pouliční osvětlení [13]

Dále pak na tyto lampy budou nainstalovány pohybové senzory tak, aby v případě zjištění pohybujícího se předmětu zvýšily intenzitu svitu a pokud se v dosahu senzoru nic nepohybuje, dojde naopak ke snížení intenzity osvětlení. Lampy osazené pohybovými senzory budou navzájem bezdrátově propojené, takže dokáží sledovat pohybující se předmět. [11]

3.2.2.7 Tepelná elektrárna a budoucnost

Ačkoli při implementaci SG do LDS byla snaha získat co nejvíce elektřiny z obnovitelných zdrojů, při současných možnostech nelze očekávat, že dojde k plné náhradě současně využívaných tepelných elektráren na uhlí. Do SG budou tedy zařazeny i tepelné elektrárny v LDS ArcelorMittal včetně kogenerace.

V budoucnu lze očekávat masivnější nárůst zdrojů čisté elektřiny a právě tehdy lze začít uvažovat o odstavení současných tepelných elektráren, popř. jejich modernizaci a přestavění na tepelné elektrárny využívající třeba biomasu.

3.2.2.8 Zapojení obyvatel

Díky rostoucí podpoře obnovitelných zdrojů ze strany vlády a plánům na výrazné zjednodušení legislativy (do konce roku 2015) s budováním malých zdrojů do 10 kW bez nutnosti vlastnění licence, lze očekávat výrazný nárůst požadavků malých odběratelů na podporu ze strany provozovatelů DS, resp. LDS. Malí odběratelé, kteří budou mít zájem se aktivně podílet na provozu SG a to ať už zapojením svých „malých obnovitelných zdrojů“ do LDS nebo dají souhlas k montáži technologie AMM, získají okamžitý přehled o své spotřebě elektřiny, dále pak rychlou podporu ze strany provozovatele a samozřejmě možnost odebírat výrazně levnější elektřinu v době přebytku. Podle počtu zapojených odběratelů, bude možné následně stanovit další cíle pro „Smart“ ovládání vytipovaných přístrojů, např. odložený start praček/sušiček na dobu mimo energetickou špičku – to sebou samozřejmě přinese nutnost implementace dalších technických inovací. [19]

3.2.2.9 Řízení sítě

Centrála, která bude řídit celou LDS bude mít k dispozici velké množství dat z měření na uzlových cestách v síti i přímo od jednotlivých odběratelů z AMM. Celý systém by měl fungovat v automatickém režimu s možností vstupu obsluhy, která by měla mít větší prioritu než samotný automatizovaný systém, resp. nastavení systému tak, aby v případě nečekaných událostí mohla být LDS řízena optimálně dle pokynů obsluhy. Získaná data z celé LDS bude centrála zpracovávat v reálném čase tak, aby bylo možné na případné odchylky reagovat

okamžitě. Centrála bude mít možnost izolovat jednotlivé části LDS od ostatních pokud vyhodnotí, že daná část vykazuje poruchu.

Z výše uvedeného je jasné, že na výpočetní techniku budou kladeny velmi vysoké nároky, proto bude nutné tento systém zálohovat, aby nedošlo k nenadálému výpadku. Nelze si tedy představovat, že vše bude řídit jeden počítač, ale na řízení se bude podílet několik počítačů, z nichž každý bude schopen nahradit jiný a budou se navzájem jistit.

Dalším velmi důležitým prvkem bude zabezpečení sítě. Zabezpečena nebude muset být pouze řídicí centrála, bude nutné zabezpečit i další zařízení a senzory (např. AMM) tak, aby nemohla být data z těchto zařízení zneužita k neoprávněnému odpojení sítě nebo její části.

4 Závěr

Zavádění technologií související se SG není rozhodně otázkou vzdálené budoucnosti. Díky technickému pokroku, nárůstu rozptýlených zdrojů elektřiny a současné podobě stávajících rozvodů, z nichž byla většina stavěna v 50. letech a nyní je řada z nich na mezi své životnosti, je na čase změnit současný pohled na energetickou soustavu jako na jeden velký celek, v jehož středu je jeden masivní zdroj pro okolí a soustředit se na rozprostření energetických zdrojů tak, aby bylo možné je provozovat v ostrovních režimech a případný kolaps byl redukován pouze na jednu oblast z mnoha. Právě současné rozvržení energetické soustavy může způsobit v případě závažné poruchy (nemusí jít pouze o poruchu energetické povahy, ale porucha může být způsobena i nějakým teroristickým činem) pád celé soustavy. Díky provázanosti soustav se takovýto „blackout“ může šířit přes několik států a tím výrazně ovlivnit miliony lidí. Z výše popsaných myšlenek je jasné, že pokud budou technologie SG zaváděny pouze nahodile, nelze očekávat tížený efekt. Je třeba, aby se do systému zapojilo co nejvíce oblastí, popř. více států. Trend rozptýlených zdrojů elektřiny, zejména pak nárůst nízko emisních ekologických zdrojů, mluví proti současnému konceptu. Současné rozvody totiž nejsou stavěny pro takovýto typ zdrojů, resp. jen těžko se srovnávají se šířením elektřiny z těchto zdrojů (připojování/odpojování) a o nějakém efektivním řízení toků nelze skoro vůbec mluvit. Pro představu, v roce 2000 byl podíl produkce elektřiny z uhlých zdrojů v České republice větší než 70 %, v současné době je tento podíl pod 50 %, ačkoli produkce elektřiny se nesnížila. Tento fakt napovídá rostoucímu zastoupení nízko emisních zdrojů a nutnosti změnit současný systém provozu a řízení elektrických soustav. [1, 40]

Se SG souvisí i další obtížně řešitelný problém s ukládáním elektřiny, jelikož pokud chceme efektivně využívat nízko emisní zdroje, je třeba je využívat na maximum a to i v případě, že v síti není dostatečná poptávka a přebytek elektřiny v síti by způsobil stejné problémy, jako její nedostatek. V současné době jsou téměř jediným efektivním způsobem ukládání elektřiny přečerpávací elektrárny, ale v budoucnu bude nutné najít jiný, efektivnější způsob. Lze očekávat, že s postupným rozšiřováním SG poroste i množství prostředků vynaložených na výzkum technologií související s ukládáním a následné spotřebě nastřádané elektřiny. [41]

Hlavním cílem implementace SG do stávající LDS ArcelorMittal je efektivnější využití elektřiny s možností regulace jak výroby, tak spotřeby. Tím by mělo být docíleno mnohem kvalitnější a stabilnější dodávky elektřiny, jelikož síť bude schopna sama reagovat na hrozící přetížení přesunutím či odkloněním toku elektřiny na jinou větev. Navíc část

vyrobené elektřiny by měla být z obnovitelných zdrojů, tzn. výroba takovéto elektřiny by neměla negativně působit na životní prostředí. Zdroje elektřiny budou v případě přebytku dodávat elektřinu do baterií, z nichž bude elektřina použita v době špičkových odběrů či v případě nutnosti regulace sítě. Odběratelé elektřiny získají reálný a aktuální obrázek vlastní spotřeby, navíc se budou moci sami podílet na výrobě elektřiny z vlastních zdrojů a jejich přebytky dodávat zpět do sítě. Dále si budou moci sami zvolit, zda využijí odběr elektřiny v levnějším tarifním pásmu, např. pro malé odběratele, domácnosti, kdy zapnou spotřebič, u kterého nebude nutný okamžitý náběh. V případě průmyslového závodu dojde k postupné optimalizaci výroby tak, aby docházelo ke špičkovým odběrům v době, kdy tento odběr nebude enormně zatěžovat síť. V případě dodržování smluvených podmínek všech odběratelů, budou vypláceny dodatečné bonusy, které ale nezatíží dodavatele elektřiny, jelikož bude možné lépe využít potenciál každého ze zdrojů.

Díky absenci obnovitelných zdrojů elektřiny bude nutné tyto zdroje vybudovat. V plánu je vybudování FVE o instalovaném výkonu 20 MW, kdy solární panely budou umístěny na budovách průmyslového podniku, na velkých parkovištích a na střeších komerčních budov. Celková plocha osazená solárními panely bude 18 ha. Dále bude vybudována MVE pracující na principu Archimedova šroubu s instalovaným výkonem 0,6 MW. Na předem vytipovaných místech s hustou koncentrací pohybu, budou do chodníků instalovány piezoelektrické dlaždice, které dokáží při jejich stlačení vlivem přechodu osob vyrábět elektřinu. Další investicí bude inovace veřejného osvětlení v LDS, to bude kromě LED žárovek obsahovat i horizontální a vertikální větrné turbíny se solárními panely tak, aby bylo možné vyrobenou elektřinu uchovávat v bateriích. Na lampách budou dále umístěny pohybové senzory tak, aby bylo možné v případě nepohyblivého se objektu osvětlení snížit. V rámci LDS budou parkoviště osazena dobíjecími stanicemi tak, aby je bylo možné použít pro připojení elektromobilů k dobíjení či jako záložní zdroj elektřiny. Dobíjecí stanice budou následně nabídnuty i malým odběratelům, domácnostem. V samotném průmyslovém areálu je počítáno s výstavbou několika dobíjecích stanic pro elektro-kola, elektro-motocykly a elektro-automobily. Jako zdroje elektřiny budou využity i současné tepelné elektrárny včetně kogenerace s tím, že při nárůstu obnovitelných zdrojů v rámci regionu bude docházet k omezení výroby elektřiny z klasických tepelných elektráren. Do budoucna je počítáno i s nárůstem zdrojů elektřiny od samotných maloodběratelů, jelikož do konce roku 2015 by mělo dojít ke značnému zjednodušení legislativy pro zdroje elektřiny do 10 kW, takže lze předpokládat, že maloodběratelé si budou chtít část své potřeby krýt ze svých zdrojů. Veškerá nepotřebovaná elektřina bude uskladněna v několika vanad redoxních akumulátorech a za

pomoci stlačeného vzduchu.

S implementací SG v LDS ArcelorMittal bude nutné zvýšit také zabezpečení sítě i jednotlivých měřitel u odběratelů v této LDS tak, aby nebylo možné tyto informace zneužít proti odběrateli. Dále bude nutné odběratele informovat o plánovaných investicích, harmonogramu prací a objasnit podstatu dané věci (výhody, nevýhody) tak, aby projekt získal společenskou podporu.

Celá implementace SG by měla přinést výhody jak odběratelům elektřiny, tak výrobcům elektřiny. Je však třeba si uvědomit, že implementace SG navzdory svým bezesporným výhodám, přináší i řadu nevýhod. Mezi hlavní nevýhody patří v současné době poměrně nejasné zabezpečení těchto chytrých sítí, ale s rostoucím rozvojem SG poroste i počet útoků na ně a bude tedy nutné vytvořit nějaký jednotný postup v zabezpečení těchto sítí. Implementace SG je bohužel spojena s poměrně značnými investicemi, jelikož nejdříve bude nutné decentralizovat současnou síť. Tyto investice se bohužel bez podpory státu neobejdou a jen těžko se budou prosazovat, pokud stát nepůjde příkladem a neukáže, že i s čistou energií lze zachovat současnou životní úroveň a výrazně tak ulehčit životnímu prostředí. Další neméně závažnou nevýhodou je množství zpracovávaných a vyhodnocovaných dat, které v případě menších sítí nemusejí znamenat problém, ale při představě řízení např. celé ČR, bude nutné rozdělit řízení do dílčích celků tak, aby nebylo nutné zpracovávat všechna data, teda i ta, která nejsou pro samotnou funkci soustavy důležitá a jejich důležitost se projevuje až na regionální úrovni.

5 Seznam literatury a informačních zdrojů

- [1] BAXANT, Petr. *AKTIVNÍ REGULACE SPOTŘEBY JAKO PROSTŘEDEK PRO ŘÍZENÍ SÍTĚ: Sekce č.3/č.referátu2*. Konference ČK CIRED 2009. Tábor 10. a 11.11.2009.
- [2] Dobíjecí stanice a dobíjení: FAQ. ČEZ, a. s. *Elektromobilita* [online]. 2015. vyd. [cit. 2015-02-10]. Dostupné z: <http://www.elektromobilita.cz/cs/faq.html>
- [3] DOC. ING. EMIL DVORSKÝ, CSc. *Měření a regulace - MR - přednášky: MRpr02_2012.ppt* [online]. [cit. 2014-10-05]. Dostupné z: <http://home.zcu.cz/~dvorsky/>
- [4] Doc. Ing. EMIL DVORSKÝ, CSc. *Měření a regulace - MR - přednášky: MRpr03_2013.ppt* [online]. [cit. 2014-09-10]. Dostupné z: <http://home.zcu.cz/~dvorsky/>
- [5] Doc. Ing. EMIL DVORSKÝ, CSc. *Měření a regulace - MR - přednášky: MRpr04_2012.ppt* [online]. [cit. 2014-09-10]. Dostupné z: <http://home.zcu.cz/~dvorsky/>
- [6] E.ON. *E.ON: Pressrelease* [online]. 2014-27-05 [cit. 2014-11-06]. Dostupné z: <http://www.eon.com/en/media/news/press-releases/2014/5/27/eon-to-install-180-new-voltage-regulated-distribution-transforms-by-the-end-of-2014.html>
- [7] *ELEKTRO: Regulace napětí a jalového výkonu – současnost a trendy* [online]. TYPOS, tiskařské závody a. s., 11/2002 [cit. 2014-11-27]. Dostupné z: http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=25212
- [8] Elektroenergetika - Dodávka energie: mojeEnergie. DONE, s.r.o. [online]. [cit. 2014-10-05]. Dostupné z: <http://www.mojeenergie.cz/cz/elektroenergetika-dodavka-energie>
- [9] Elektromobil – dobíjení a dotace. ADFINANCE S.R.O. *Elektrina.cz: Články* [online]. 26. května 2014. [cit. 2015-02-10]. Dostupné z: <http://www.elektrina.cz/elektromobil-dobijeni-a-dotace>
- [10] GROHMANN, Jan. Dlažba, která vyrábí elektrickou energii. In: *Ekobydleni.eu: energie* [online]. 25. 10. 2011 [cit. 2015-02-10]. Dostupné z: <http://www.ekobydleni.eu/energie/dlazba-ktera-vyrabi-elektrickou-energi>
- [11] GROHMANN, Jan. Inteligentní osvětlení ulic spotřebuje o 80 % méně elektrické energie. In: *Ekobydleni.eu: energie* [online]. 21. 7. 2011 [cit. 2015-02-10]. Dostupné z: <http://www.ekobydleni.eu/zivotni-prostredi/inteligentni-osvetleni-ulic-potrebuje-o-80-mene-elektricke-energie>
- [12] HNILICA, Pavel. *Fotovoltaické panely* [online]. [cit. 2015-02-07]. Dostupné z: <http://www.solarnimoduly.cz/>
- [13] HORČÍK, Jan. Pouliční lampy vyrábějící elektřinu. In: *Ekobydleni.eu: energie* [online]. 16. 7. 2009 [cit. 2015-02-10]. Dostupné z: <http://www.ekobydleni.eu/energie/poulicni-lampy-vyrabejici-elektrinu>

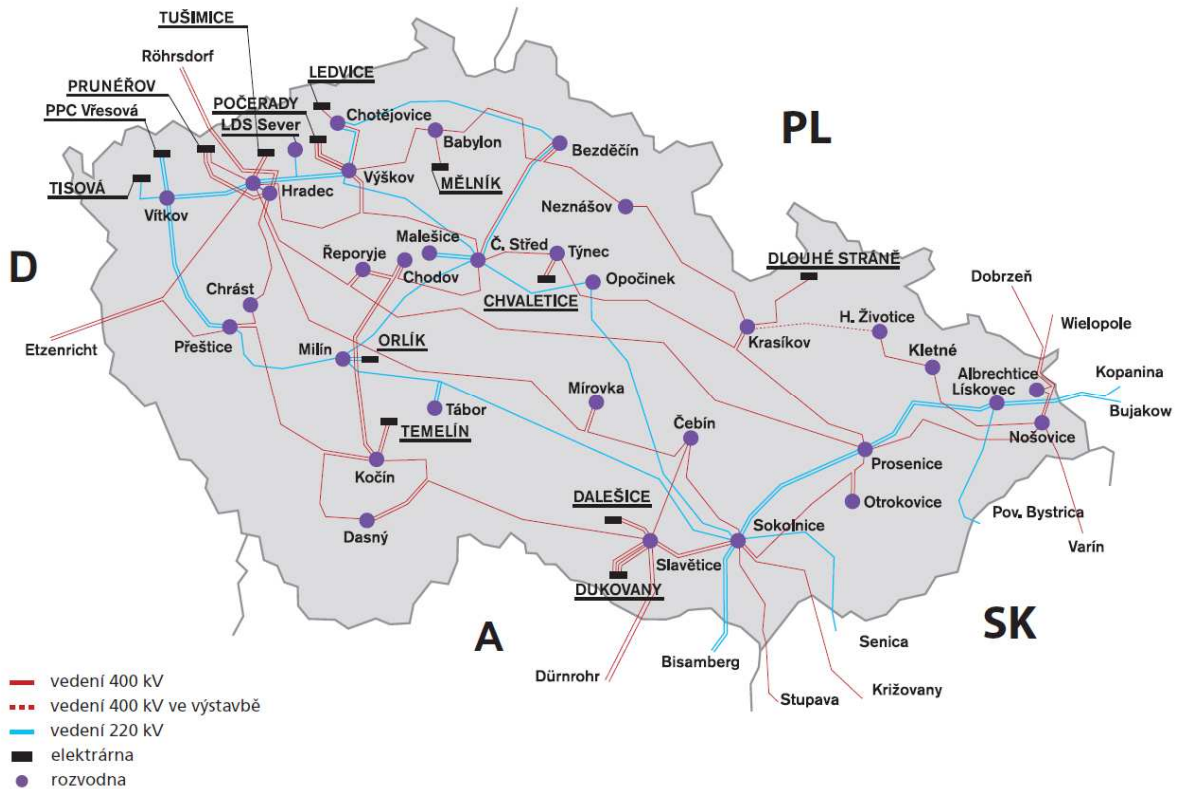
- [14] Hybridní (grid-free, ostrovní) systémy. SOLARENVI A.S. *Solarenavi* [online]. [cit. 2015-01-16]. Dostupné z: <http://www.solarenavi.cz/slunecni-elektrarny/typy-instalaci/hybridni-grid-free-ostrovní-elektrarny/>
- [15] *Charakteristika ArcelorMittal Energy Ostrava s.r.o.* [online]. 02/2013 [cit. 2015-01-11]. Dostupné z: http://www.allforpower.cz/UserFiles/files/2011/AMEO_odsireni.pdf
- [16] KOVOSVIT MAS, a.s. *Produktový katalog: MAS HYDRO* [online]. 2014 [cit. 2015-01-26]. Dostupné z: http://www.mas-hydro.cz/galerie/tinymce/mashydro_letak_archsroubturb_CZ_web2_040914.pdf
- [17] Lidé volí svůj způsob využití energií. *Futuremotion.cz* [online]. [cit. 2015-03-07]. Dostupné z: <http://futuremotion.cz/cs/futuremotion/volba-vyuziti.html>
- [18] MORAVEC, Milan. *BARIÉRY PŘECHODNÉHO OBDOBÍ K PROVOZOVÁNÍ AKTIVNÍCH DISTRIBUČNÍCH SÍTÍ: Nové požadavky na řízení provozu elektrizační soustavy*. Cyklus 2008, seminář č.7.
- [19] Národní akční plán pro chytré sítě: NAP SG. [online]. 6.3.2015 [cit. 2015-03-07]. Dostupné z: <http://download.mpo.cz/get/52353/59583/619892/priloha001.pdf>
- [20] PETRÁK, Karel a Petr LISÝ. *SMART GRIDS: Sekce č.3/č.referátu 1*. Konference ČK CIRED 2009. Tábor 10. a 11.11.2009.
- [21] PETRUŽELA, Ivan. *Ostrovní provoz BlackOut: X15PES - 13. Ostrovní provoz* [online]. 2006 LS [cit. 2014-11-15]. Dostupné z: http://home.pilsfree.net/fantom/FEL/MR/FEL_CVUT/lekce13_06.pdf
- [22] PETRUŽELA, Ivan. *Regulace frekvence a napětí: X15PES - 5. Regulace frekvence a napětí* [online]. 2006 LS [cit. 2014-11-27]. Dostupné z: http://home.pilsfree.net/fantom/FEL/MR/FEL_CVUT/lekce05_06.pdf
- [23] PLÉHA, David. Vanadové redoxní baterie. [online]. [cit. 2015-02-07]. Dostupné z: <http://www.chempoint.cz/vanadove-redoxni-baterie>
- [24] První projekt Smart Grid v České republice. [online]. [cit. 2014-11-07]. Dostupné z: http://intersystems.cz/iarchive/articles/2012/PS_WS_Trends_InterSystems.pdf
- [25] Příspěvatelé Wikipedie, *ArcelorMittal Ostrava* [online], Wikipedie: Otevřená encyklopedie, c2014, Datum poslední revize 14. 11. 2014, 04:24 UTC, [citováno 11. 01. 2015] Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=ArcelorMittal_Ostrava&oldid=11864604
- [26] Příspěvatelé Wikipedie, *Blackout (výpadek dodávky elektřiny)* [online], Wikipedie: Otevřená encyklopedie, c2014, Datum poslední revize 24. 10. 2014, 10:17 UTC, [cit. 28. 10. 2014] Dostupné z: [http://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Blackout_\(výpadek_dodávky_elektřiny\)&oldid=11942412](http://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Blackout_(výpadek_dodávky_elektřiny)&oldid=11942412)

- [27] Příspěvatelé Wikipedie, *Elektrizační soustava* [online], Wikipedie: Otevřená encyklopedie, c2011, Datum poslední revize 30. 10. 2011, 14:17 UTC, [cit. 2014-09-08]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Elektriza%C4%8Dn%C3%AD_soustava&oldid=7560816
- [28] Příspěvatelé Wikipedie, *Sluneční elektrárna* [online], Wikipedie: Otevřená encyklopedie, c2014, Datum poslední revize 12. 08. 2014, 13:50 UTC, [citováno 11. 01. 2015] Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Slune%C4%8Dn%C3%AD_elektr%C3%A1rna&oldid=11735121
- [29] Příspěvatelé Wikipedie, *Desertec* [online], Wikipedie: Otevřená encyklopedie, c2015, Datum poslední revize 27. 02. 2015, 20:48 UTC, [cit.2015-03-03] <http://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Desertec&oldid=12303924>
- [30] RICHARD, Habrych a Gabriela JAROLÍMKOVÁ. Implementace Smart Grid v Lokálních distribučních soustavách průmyslových podniků. In: HAMZOVÁ, Kateřina. *Energetika: Odborný měsíčník pro elektrárnictví, teplárenství a použití energie*. Praha: Český svaz zaměstnavatelů v energetice, 2013/1. ISSN 0375-8842.
- [31] ROLANDBERGER. *Vývoj elektromobility v České republice: Shrnutí výsledků studie* [online]. Praha, listopad 2014 [cit. 2015-02-10]. Dostupné z: http://www.rolandberger.cz/media/pdf/Roland_Berger_eMobility_study2014_20141105.pdf
- [32] SCHNEIDER ELECTRIC INDUSTRIES SAS. *COM-POWER-VE-CA3-EN: EVlink Electric vehicle charging solutions* [katalog]. [cit. 2015-02-10]. 6.11.2014. Dostupné z: <http://www.schneider-electric.com/products/cz/cs/1800-evlink-reseni-nabijeni-pro-elektromobily/80408-evlink-wallbox/62395-evlink-wallbox/>
- [33] SIEMENS AG. *SIEMENS AG - WindPowerDivision: Energy Sector* [online]. Německo, 2012 [cit. 2015-02-07]. Dostupné z: http://www.energy.siemens.com/nl/pool/hq/power-generation/wind-power/SWT-2%203-101_brochure_EN_022012.pdf
- [34] SVOBODA, Jaroslav. *Systémy hromadného dálkového ovládní* [online]. s.23 [cit. 2014-10-10]. Dostupné z: http://data.cedupoint.cz/oppa_e-learning/2_KME/165a.pdf
- [35] VACHTL, Pavel. Skladování energie pomocí stlačeného vzduchu. [online]. 2. října 2013 v 17:00 [cit. 2015-03-17]. Dostupné z: http://www.rozhlas.cz/leonardo/technologie/_zprava/skladovani-energie-pomoci-stlaceneho-vzduchu--1263859
- [36] VEJVODOVÁ, Alžběta a Petr OBROVSKÝ. Blackout v Česku: Stoprocentně nebudeme připraveni nikdy. ČESKÁ TELEVIZE. *Ceskatelevize: ČT24* [online]. 27. 2. 2014 10:00. [cit. 2014-10-28]. Dostupné z: <http://www.ceskatelevize.cz/ct24/ekonomika/264504-blackout-v-cesku-stoprocentne-nebudeme-pripraveni-nikdy/>

- [37] Velký experiment pro chytrá měřidla: Jak se pracuje v ČEZ. SKUPINA ČEZ. [online]. [cit. 2014-12-17]. Dostupné z: <http://www.kdejinde.cz/cs/jak-se-pracuje-v-cez/dens/43-velky-experiment-pro-chytra-meridla.html>
- [38] VOLDÁN, František. *Nové požadavky na řízení provozu elektrizační soustavy Smart Grids: Inteligentní měřící síť*. Cyklus 2008, seminář č.7.
- [39] Výzkum a vývoj: Smart grids - info k SR Vrchlabí. SKUPINA ČEZ. [online]. [cit. 2014-11-06]. Dostupné z: <http://www.cez.cz/cs/vyzkum-a-vzdelavani/vyzkum-a-vyvoj/subjekty-v-oblasti-vyzkumu-a-vyvoje/eu-verejne-zdroje-financovani/smart-grids/info-k-sr-vrchlabi.html>
- [40] WAGNER, Vladimír. Česká a německá energetika: Musíme si pomáhat. Jak přesně?: Věda & Vesmír. In: *Technet.idnes.cz* [online]. 27. prosince 2013 [cit. 2015-02-26]. Dostupné z: http://technet.idnes.cz/ceska-a-nemecka-energetika-musime-si-pomahat-jak-presne-p1r-veda.aspx?c=A131223_121543_veda_mla
- [41] WAGNER, Vladimír. Vystačili bychom jenom s obnovitelnými zdroji?: Věda & Vesmír. In: *Technet.idnes.cz* [online]. 3. března 2014 [cit. 2015-02-26]. Dostupné z: http://technet.idnes.cz/elektrina-z-vetru-slunce-a-vody-d34-veda.aspx?c=A140303_133616_veda_mla
- [42] *Wikipedie: Otevřená encyklopedie: Ostravice (řeka)* [online]. c2014 [citováno 16. 01. 2015]. Dostupné z [http://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Ostravice_\(%C5%99eka\)&oldid=11827050](http://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Ostravice_(%C5%99eka)&oldid=11827050)
- [43] ZBYNĚK IBLER A KOLEKTIV. *Elektrizační soustava*[online]. [cit. 2014-09-08]. Dostupné z: <http://elektrika.cz/terminolog/eterminologitem.2006-01-08.1334257267>

6 Přílohy

Příloha 1 – Přenosová soustava 400kV a 220kV

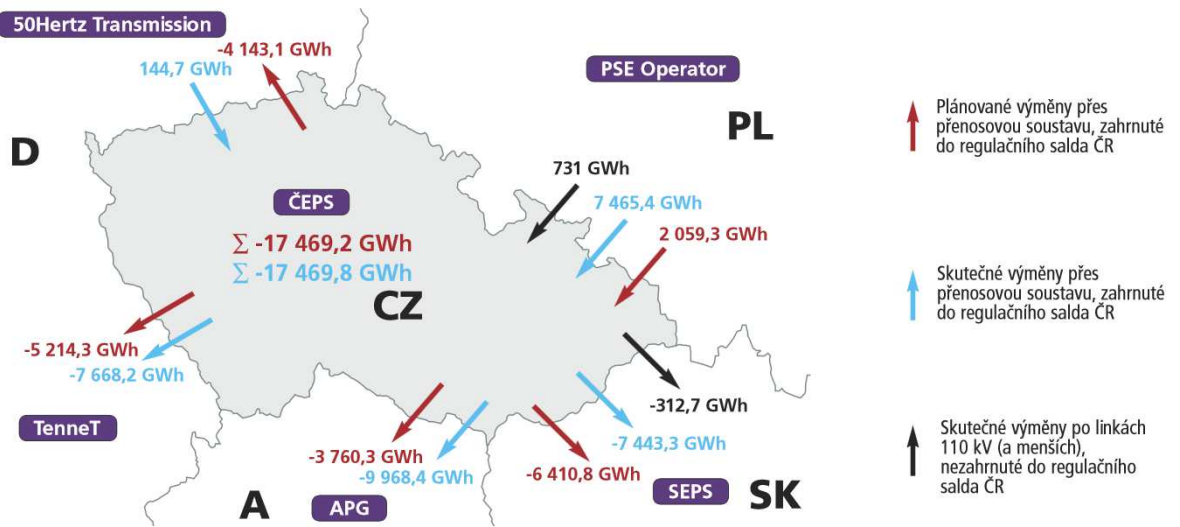


Obr. 6.1 – Přenosová soustava České republiky¹¹

¹¹ ČEPS, a.s. *Publikace ČEPS: Data do kapsy 2013* [obrázek]. [cit. 2014-09-18]. Dostupné z: <https://www.ceps.cz/CZE/Media/Ke-stazeni/Stranky/Publikace-CEPS.aspx>

Příloha 2 – zahraniční spolupráce – toky elektrické energie

Zahraníční spolupráce - roční toky energie (2011)

Obr. 6.2 – Roční toky energie¹²

¹² ČEPS, a.s. *Publikace ČEPS: Profil společnosti ČEPS* [obrázek]. [cit. 2014-09-18]. Dostupné z: https://www.ceps.cz/CZE/Media/Ke-stazeni/Documents/Profil_CEPS_2012_web.pdf

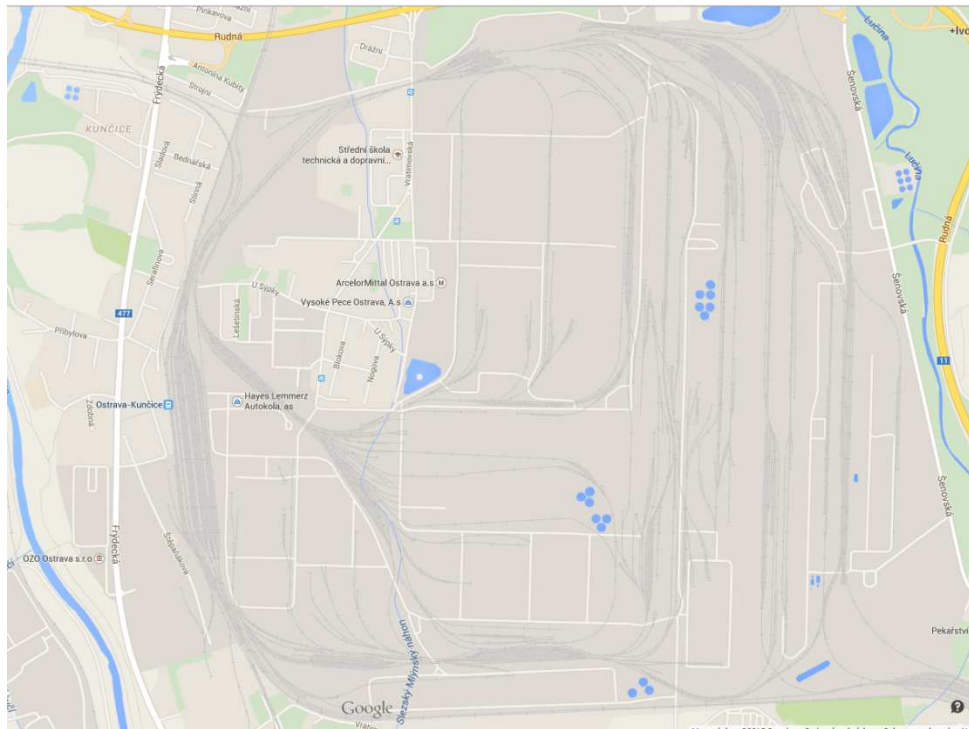
Příloha 3 – Členové ENTSO-E

ISO kód země	Země	TSO
AT	 Rakousko	VKW-Netz
AT	 Rakousko	Verbund - Austrian Power Grid
RO	 Rumunsko	Transelectrica
IT	 Itálie	Terna
DE	 Německo	Tennet TSO
NL	 Nizozemí	TenneT
GB	 Velká Británie	System Operator for Northern Ireland
CH	 Švýcarsko	swissgrid
SE	 Švédsko	Svenska Kraftnät
NO	 Norsko	Statnett
SK	 Slovensko	SEPS
GB	 Velká Británie	Scottish Power Transmission plc
GB	 Velká Británie	Scottish and Southern Energy
FR	 Francie	Réseau de Transport d'Électricité
PT	 Portugalsko	Redes Energéticas Nacionais
ES	 Španělsko	Red Eléctrica de España
PL	 Polsko	PSE-Operator
GB	 Velká Británie	National Grid plc
MK	 Makedonie	MEPSO
HU	 Maďarsko	MAVIR
LT	 Litva	Litgrid
IS	 Island	Landsnet
RS	 Srbsko	JP Elektromreža Srbije
BS	 Bosna a Hercegovina	ISO BiH
HR	 Chorvatsko	Hrvatska elektroprivreda
GR	 Řecko	Hellenic Transmission System Operator
FI	 Finsko	Fingrid
DK	 Dánsko	Energinet.dk
DE	 Německo	EnBW Transportnetze
BE	 Belgie	Elia System Operator
EE	 Estonsko	Elering
SI	 Slovinsko	Elektro-Slovenija
BG	 Bulharsko	Electroenergien Sistem Operator
IE	 Irsko	EirGrid
CZ	 Česká republika	ČEPS
CY	 Kypr	Cyprus Transmission System Operator
ME	 Černá Hora	Crnogorski elektroprenosni sistem AD
LU	 Lucembursko	Creos Luxembourg
LV	 Lotyšsko	Augstsprieguma tīkls
DE	 Německo	Amprion
DE	 Německo	50Hertz Transmission

Tab. 6.1 – Členové ONTSO-E¹³

¹³ Příspěvatelé Wikipedie, *Evropská síť provozovatelů přenosových soustav elektřiny* [online], Wikipedie: Otevřená encyklopedie, c2014, Datum poslední revize 22. 02. 2014, 21:10 UTC, [citováno 21. 10. 2014]

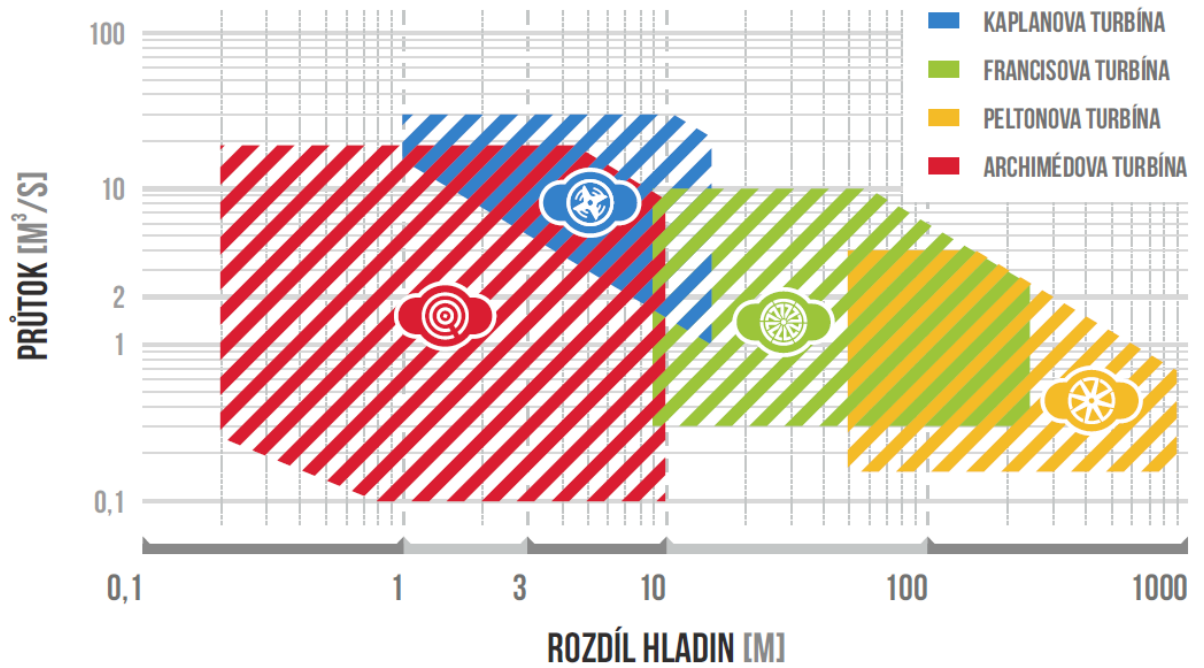
Příloha 4 – průmyslový areál ArcelorMittal Ostrava

Obr. 6.3 - Průmyslový areál 1¹⁴Obr. 6.4 - Průmyslový areál 2¹⁵

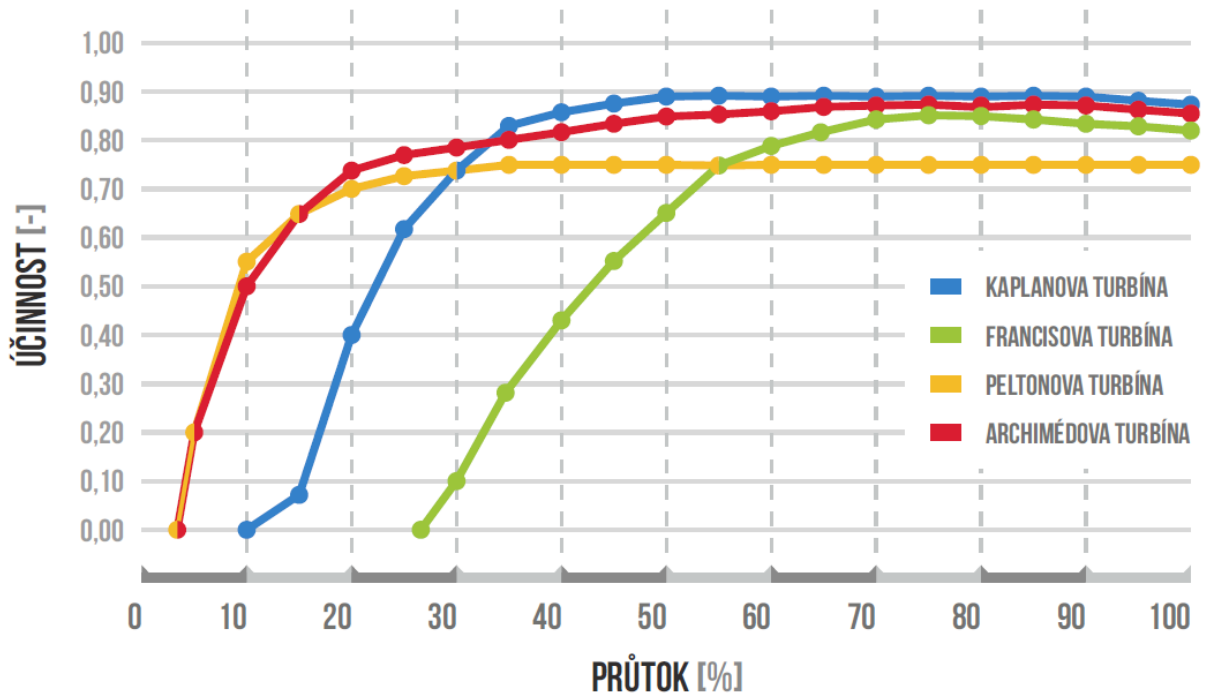
¹⁴ Zdroj: Mapová data ©2015 Google

¹⁵ Zdroj: Snímky ©2015 Google

Příloha 5 – MVE

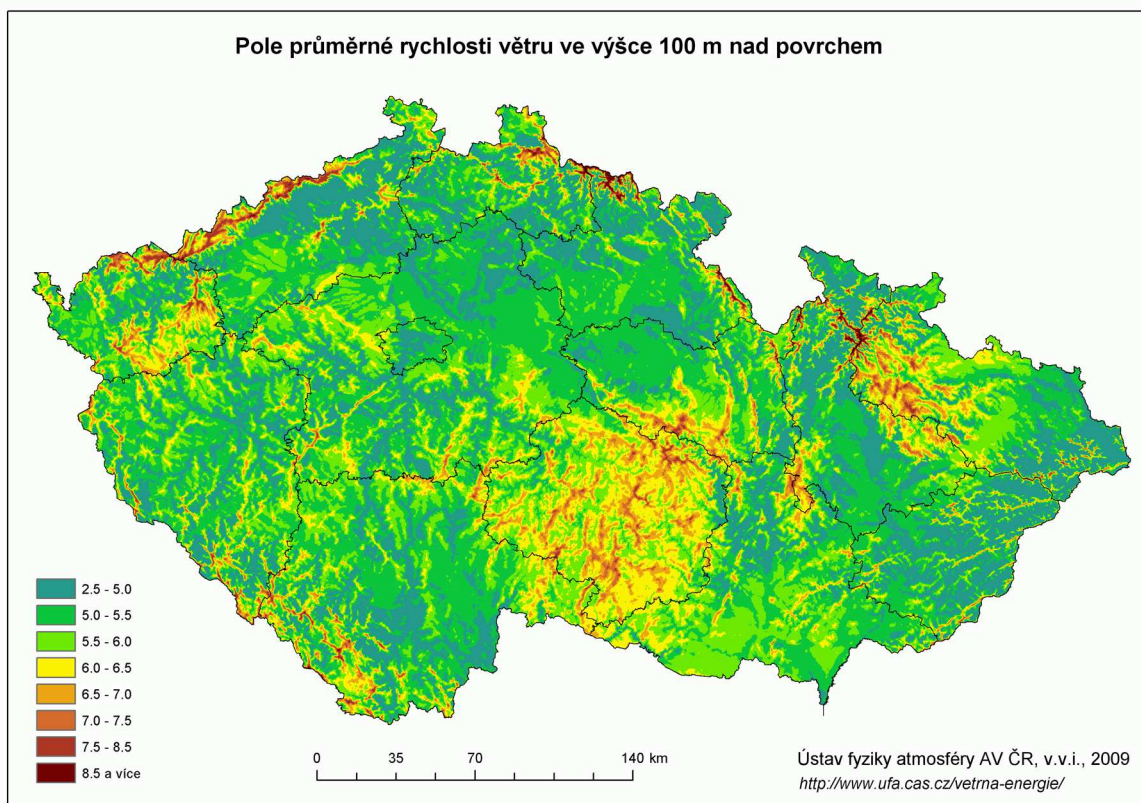


Obr. 6.5 - Pracovní rozsah jednotlivých typů turbín [30]



Obr. 6.6 - Graf účinnosti nejčastěji používaných vodních turbín [30]

Příloha 6 – větrná mapa ČR

Obr. 6.7 – Větrná mapa ČR¹⁶

¹⁶ Větrná energie: Větrná mapa. ÚSTAV FYZIKY ATMOSFÉRY AV ČR, v.v. Větrná mapa [online]. [cit. 2015-02-07]. Dostupné z: http://www.ufa.cas.cz/imgs/DLouka/vetrna_mapa.gif