



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

**Fakulta elektrotechnická
Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd**

Ekonomické zhodnocení modelu konceptu Smart Grids

Economic evaluation of model Smart Grids concept

Diplomová práce

Studijní program: Elektrotechnika, energetika a management

Studijní obor: Ekonomika a řízení energetiky

Vedoucí práce: Ing. Jiří Beranovský MBA, Ph.D.

Bc. Adéla Holasová

Praha 2014

Holasová, Adéla. *Ekonomické zhodnocení modelu konceptu Smart Grids*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, Fakulta elektrotechnická. Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd, 2014. 66 stran. Diplomová práce. Vedoucí práce: Ing. Jiří Beranovský MBA, Ph.D.

České vysoké učení technické v Praze
Fakulta elektrotechnická

Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student: Holasová Adéla

Studijní program: elektrotechnika, energetika a management
Obor: ekonomika a řízení energetiky

Název tématu: Ekonomické zhodnocení modelu konceptu Smart Grids

Pokyny pro vypracování:

- koncept Smart Grids v kontextu současné energetiky
- model konceptu Smart Grids v prostředí České energetiky
- ekonomické vyhodnocení modelu

Seznam odborné literatury:

Podle pokynů vedoucího DP.

Vedoucí diplomové práce: Ing. Jiří Beranovský MBA, Ph.D. - Ekowatt

Platnost zadání: do konce letního semestru akademického roku 2014/2015

Doc.Ing. Jaroslav Knápek, CSc.
vedoucí katedry



Prof.Ing. Pavel Ripka, CSc.
děkan

V Praze dne 8.11.2013

Poděkování

Děkuji svému vedoucímu diplomové práce Ing. Jiřímu Beranovskému za veškerou pomoc při psaní této práce. Za důležité rady z pohledu obsahu, aktivní pomoc při hledání zdrojů potřebných informací. Za vstřícnost, ochotu a podporu. Dále děkuji panu Doc. Ing. Jaromíru Vastlovi, CSc. za neméně důležitou pomoc a poskytnuté rady, panu Petru Spurnému ze společnosti ČEPS a Ing. Josefu Chrástkovi ze společnosti EG Expert za poskytnutí řady odborných konzultací.

V Praze dne

.....

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně a v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů pro vypracování závěrečných prací, a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje.

V Praze dne

.....

Abstrakt

Tato práce se věnuje konceptu Smart Grids. V první části je teoretický popis konceptu, jeho principy, předpoklady, přínosy a úskalí. Následuje porovnání různých pohledů na koncept. Druhá část této práce obsahuje popis zvoleného modelu konceptu Smart Grids a jeho ekonomické vyhodnocení. Jedná se o systém ACM (Automatický Centrální Monitoring), který byl vytvořen pro společnost ČEPS. Aby bylo možné vyhodnocení vytvořit, je potřeba znát náklady a výnosy projektu. V rámci této práce byly vypočítány finanční přínosy projektu pro společnost ČEPS a následně vytvořené vyhodnocení projektu. Přestože je hodnocený model poměrně vzdálen klasickému pohledu na koncept Smart Grids, splňuje veškeré požadavky a odpovídá specifikacím tohoto konceptu.

Abstract

This master thesis deals with the concept Smart Grids. The first part is a theoretical description of the concept, its principles, assumptions, benefits and difficulty. A comparison of different perspectives on the concept. The second part of this paper contains a description of the the model concept Smart Grids and its economic evaluation. It is a system ACM (Automatic Central Monitoring), which was created for CEPS. In order to create an evaluation, it is necessary to know the costs and benefits of the project. In this work were calculated financial benefits of the project for CEPS and subsequently created the project evaluation. Although the model is evaluated quite distant approach on the classic concept of Smart Grids it complies with all requirements and specifications of the concept.

Klíčová slova

Smart Grids, chytré měření, PS – Přenosová soustava, DS - Distribuční soustava, systém ACM, eSADA, AROPO, monitorování.

Key words

Smart Grids, smart metering, PSO - Transmission System Operator, DSO - Distribution System Operator, ACM system, eSADA, AROPO, monitoring.

Obsah

ÚVOD.....	1
1.KONCEPT SMART GRIDS	2
1.1. HISTORICKÝ KONTEXT SVĚTOVÉ ENERGETIKY	5
1.2. LEGISLATIVNÍ RÁMEC KONCEPTU SMART GRIDS.....	5
1.3. SMART GRIDS JAKO ŘEŠENÍ SOUČASNÉ ENERGETICKÉ PROBLEMATIKY	7
1.4. OD TRADIČNÍ SÍTĚ K SMART GRIDS	8
1.5. PŘEDPOKLADY	8
1.5.1. Elektrotechnické technologie.....	8
1.5.2. Informační technologie.....	11
1.5.3. Výroba, přenos a distribuce elektrické energie.....	12
1.5.4. Koncoví odběratelé.....	12
1.6. PILOTNÍ PROJEKTY	13
1.7. DÍLČÍ ZÁVĚR.....	17
2. SMART GRIDS V ČESKÉ REPUBLICE.....	18
2.1. STÁVAJÍCÍ SITUACE V ELEKTROENERGETICE	18
2.1.1. Výroba elektrické energie.....	18
2.1.2. Regulace.....	20
2.1.3. Trh s elektřinou	20
2.1.4. Struktura elektrizační soustavy	22
2.1.5. Systém HDO	22
2.2. ZAVEDENÍ KONCEPTU SMART GRIDS V ČESKÉ REPUBLICE.....	24
2.2.1. SG na úrovni přenosové soustavy	24
2.2.2. SG na úrovni distribučních soustav	25
2.2.3. Zpráva MPO o ekonomickém vyhodnocení zavedení AMM.....	25
2.2.3.1. Závěrečné doporučení.....	26
2.2.3.2. Odůvodnění doporučení.....	27
2.2.3.3. Podmínky pro zajištění ekonomické výhodnosti zavedení AMM.....	28
2.2.4. Jednotná měřicí platforma.....	30
2.2.5. SG na úrovni lokálních distribučních soustav	30
3. MODEL KONCEPTU SMART GRIDS	33
3.1. VYUŽITÍ PRINCIPŮ SMART GRIDS VE SPOLEČNOSTI ČEPS.....	34
3.2. SYSTÉM ACM – AUTOMATICKÝ CENTRÁLNÍ MONITORING	35
3.2.1. Specializovaný software eSADA.....	36
3.2.2. Moduly SW AROPO	36
3.2.3. Monitoring bouřkové aktivity EUCLID.....	37
3.2.4. Index zdraví (provozní stav) zařízení a index důležitost	38

3.3. PŘÍNOSY SYSTÉMU ACM	39
4. EKONOMICKÉ VYHODNOCENÍ MODELU KONCEPTU SMART GRIDS.....	40
4.1. SBĚR INFORMACÍ A DAT	40
4.1.1. Specifikum společnosti ČEPS.....	40
4.2. METODA EKONOMICKÉHO HODNOCENÍ	41
4.3. HODNOCENÉ VARIANTY.....	42
4.3.1. Původní plán – Varianta č. 1	42
4.3.2. Nový plán s uvažovaným systémem ACM – Varianta č. 2.....	43
4.3.3. Scénáře / diskuze	45
4.3.4. Předpoklady hodnocení.....	46
4.4. VSTUPY HODNOCENÍ	47
4.4.1. Diskont, inflace.....	47
4.4.2. Náklady.....	47
4.4.3. Výnosy.....	49
4.4.3.1. Stanovení úspor v letech 2008, 2011 a 2012.....	49
4.4.3.2. Stanovení úspor v roce 2013 v rozvodně Chodov	50
4.4.3.3. Celkové úspory	51
4.5. EKONOMICKÉ VYHODNOCENÍ	52
ZÁVĚR.....	54
ZDROJE.....	59
PŘÍLOHY.....	62

Seznam obrázků a grafů

OBRÁZEK 1: SCHÉMA KONCEPTU SMART GRIDS	4
OBRÁZEK 2: PILOTNÍ PROJEKTY EU	13
OBRÁZEK 3: PROJEKTY NAsAZENÍ A TESTOVÁNÍ SMART GRIDS V ČR.....	16
OBRÁZEK 4: PILOTNÍ PROJEKT VRCHLABÍ.....	16
OBRÁZEK 5: SCHÉMA PŘENOSOVÉ SOUSTAVY	22
OBRÁZEK 6: SCHÉMA MONITOROVACÍHO SYSTÉMU ACM.....	36

Seznam tabulek

TABULKA 1: VÝROBA A INSTALOVANÝ VÝKON V ROCE 2012.....	19
TABULKA 2: ENERGETIKA ČR - ZÁKLADNÍ ÚDAJE.....	19
TABULKA 3: ZÁZNAM AKTIVITY ATMOSFÉRICKÝCH VÝBOJŮ V OKOLÍ VEDENÍ.....	38
TABULKA 4: ZNAČENÍ TYPŮ ÚDRŽBOVÝCH PRACÍ.....	42
TABULKA 7: ZAŘÍZENÍ, KTERÝCH SE TÝKAJÍ ZMĚNY ŘPÚ.....	44
TABULKA 8: TYPY NÁKLADŮ PROJEKTU.....	48
TABULKA 9: VÝPOČET NPV PROJEKTU K ROKU 2004.....	48
TABULKA 10: CASH FLOW DVOU VARIANT V LETECH 2008 – 2014.....	50
TABULKA 11: ÚSPORA VZNIKLÁ SNÍŽENÍM NÁKLADŮ NA ÚDRŽBU	50
TABULKA 12: VYČÍSLENÍ ÚSPORY V ROZVODNĚ CHODOV.....	51
TABULKA 14: PŘEHLED ÚSPOR PRO JEDNOTLIVÉ PROJEKTY (V KČ).....	51
TABULKA 15: NÁKLADY SYSTÉMU ACM.....	52

Úvod

V této práci se zabývám konceptem Smart Grids. Téma jsem si vybrala, protože je velice aktuální a zároveň dosti kontroverzí. Vzbuzuje mnohé debaty a má jak své zatvrzelé zastánce, tak odpůrce.

Cílem této práce je vytvořit ekonomické zhodnocení konceptu modelu Smart Grids. Dílčím cílem je nejprve nalézt a popsat takový model konceptu, který bude následně možné ekonomicky zhodnotit.

V první – teoretické části práce popisuje koncept Smart Grids z různých pohledů. Nejprve je popsán prvotní vznik idey v návaznosti na situaci v energetice. Dále následuje vývoj myšlenky a vznik prvních podkladů (dokumentů), projektů, studií – v této práci se zaměřuji na prostředí Evropské unie. Členské státy formulují svá stanoviska ke konceptu. V závěru teoretické části je podrobněji popsáno vyjádření České republiky ke konceptu. Současně jsou zde nastíněny další možné, prozatím poněkud opomíjené, možnosti, které koncept nabízí.

Praktická část obsahuje popis systému ACM, který byl vytvořen pro společnost ČEPS. Tento systém splňuje základní principy konceptu Smart Grids, proto byl zvolen jako model vhodný k hodnocení.

Ve druhé části je popsána metodika vyčíslení ekonomických efektů systému. Na základě podkladů poskytnutých společností ČEPS jsou vyhodnoceny výnosy (respektive úspory) a porovnány s náklady na investici. Následuje odhad budoucího vývoje a výpočet ekonomické efektivity investici v dlouhodobém výhledu.

Práce obsahuje mimo jiné výčet nezanedbatelných, ovšem ekonomicky nevyhodnotitelných přínosů, které systém přináší. Společnost ČEPS považuje tyto přínosy za ještě významnější, než jsou ty, ke kterým je hodnocení vztaženo.

V závěru jsou shrnuty poznatky, které byly v průběhu psaní této práce objeveny, výsledky hodnocení i doporučení do budoucnosti, která se nabízejí.

1. Koncept Smart Grids

Energetika je velice složitý systém, je dokonce považován za nejsložitější člověkem vytvořený systém. Jeho součástí je výroba elektrické energie, její přenos a distribuce, řízení systému v rámci České republiky, či přeshraniční spolupráce. Ruku v ruce s řídicím systémem funguje také specifický tržní systém. Trh s energiemi není totožný, jako trh s jinými komoditami, elektrickou energii zatím nedokážeme efektivně a v dostatečně velkém množství skladovat. Specifická je také její doprava.

V roce 2005 zahájila svou činnost **Evropská technologická platforma** pro elektrizační síť budoucnosti (ETP SG). Jejím cílem bylo formulovat a propagovat vize o rozvoji evropských elektrických sítí do roku 2020 a dále. ETP SG se zaměřuje na koncept energetického systému budoucnosti Smart Grids.

V dokumentu Strategic Deployment Document for Europe's electricity networks of the future [1] je koncept specifikován následujícím způsobem: „Smart Grids je elektrická síť, která dokáže chytrě propojit aktivity všech zapojených stran - výroby, spotřeby elektrické energie, nebo obojí dohromady - za účelem efektivně zajistit udržitelnou, ekonomickou a bezpečnou dodávku elektrické energie. Smart Grids využívá inovativní produkty a služby společně s inteligentním monitorováním, ovládáním, komunikací a automatizovanými technologiemi za účelem:

- snazšího připojení a provozu výrobců všech velikostí a technologií
- umožnit spotřebitelům podílet se na optimalizaci fungování systému
- poskytnout spotřebitelům lepší informace a možnost volby dodávek
- výrazně snížit dopad celého energetického systému na životní prostředí
- zvýšit úroveň spolehlivosti a bezpečnosti dodávek

Je třeba zvážit nejen technologie, trh a finanční rozvahy, dopad na životní prostředí, právní rámec, informační a komunikační technologie a migrační strategie, ale také společenské požadavky a vládní nařízení.“

Činnost ETP SG představil pan ing. Beran na konferenci Smart Grids [2]: „ETP SG publikovala v roce 2007 Strategický plán výzkumu (SRA), který popisuje hlavní technické i ne-technické výzkumné oblasti v Evropě z pohledu krátkodobého resp. střednědobého horizontu. Tento dokument inicioval následně řadu výzkumných a vývojových programů v národních institucích zemí EU. SRA zahrnovala 5 doporučených oblastí výzkumu:

Výzkumná oblast 1:

Infrastruktura Smart Distribuce (Malí odběratelé a návrh soustavy)

Výzkumné úkoly:

- Distribuční soustavy budoucnosti – nové architektury pro systémový návrh a participaci zákazníků
- Distribuční soustavy budoucnosti – nové koncepty pro studium integrace distribuované výroby v systému plánování

Výzkumná oblast 2:

Smart provoz. Toky energie a adaptace zákazníků (Malí zákazníci a soustavy)

Výzkumné úkoly:

- Elektrosoustavy budoucnosti – systém inženýrského přístupu ke studiu provozování integrace distribuované výroby a „aktivních“ zákazníků
- Strategie inovativního energetického řízení pro rozsáhlou penetraci distribuované výroby, akumulace a reflexe potřeby
- Distribuční soustavy budoucnosti – trhy „řízené“ zákazníky

Výzkumná oblast 3:

Smart Grid aktivita a jejich management (Přenos a Distribuce)

Výzkumné úkoly:

- Udržitelné operace a dispečink na nízké napěťové hladině
- Progresivní predikční techniky pro udržitelné provozy a dodávku energie
- Architektury a nástroje pro provoz, obnovu a defence plány¹
- Progresivní provoz v – bezešvé Smart Grids
- Předstandardizační výzkum

Výkumná oblast 5:

Smart Grids prováděcí výnosy a katalyzátory“

Na Itálie

Vládní nařízení na povinnou instalaci Smart Meters platí již od roku 2006. V roce 2011 by měla chytrá měřidla tvořit 95 % všech instalovaných. Doposud byly vyměněny ve 32 milionech italských domácností (cca 85 % odběratelů).

Energetická společnost Enel připravuje pilotní demonstrační projekt Smart Grids na jihu Itálie s cílem vyzkoušet aktivní řízení decentralizovaných zdrojů a spotřeby na vn úrovni distribuční sítě. Do projektu bude zapojeno cca 8 000 odběratelů a decentralizované zdroje, především FVE a VTE.

¹ Doslovný překlad: Plány obrany

Obrázek 2: Pilotní projekty EU, Zdroj: ČEZ a.s. http://www.futuremotion.cz/Smart_Grids/cs/-index.html



Španělsko

Energetická firma Iberdrola spustila v roce 2010 pilotní projekt v regionu Valencie (region Castellón). Na 100 tisíc domácností je v tomto regionu již vybaveno Smart Meters. Projekt pokračuje s cílem vyzkoušet řízení nn a vn distribučních sítí pomocí víceúrovňového řešení implementace Smart Meteringu.

Energetická společnost Endesa v roce 2009 spustila 4letý pilotní projekt SmartCity v lokalitě Málaga.

Itálie

Vládní nařízení na povinnou instalaci Smart Meters platí již od roku 2006. V roce 2011 by měly chytrá měřidla tvořit 95 % všech instalovaných. Doposud byly vyměněny ve 32 milionech italských domácností (cca 85 % odběratelů).

Energetická společnost Enel připravuje pilotní demonstrační projekt Smart Grids na jihu Itálie s cílem vyzkoušet aktivní řízení decentralizovaných zdrojů a spotřeby na vn úrovni distribuční sítě. Do projektu bude zapojeno cca 8 000 odběratelů a decentralizované zdroje, především FVE a VTE.

Obrázek 2: Pilotní projekty EU, Zdroj: ČEZ a.s. http://www.futuremotion.cz/Smart_Grids/cs/-index.html



Španělsko

Energetická firma Iberdrola spustila v roce 2010 pilotní projekt v regionu Valencie (region Castellón). Na 100 tisíc domácností je v tomto regionu již vybaveno Smart Meters. Projekt pokračuje s cílem vyzkoušet řízení nn a vn distribučních sítí pomocí víceúrovňového řešení implementace Smart Meteringu.

Energetická společnost Endesa v roce 2009 spustila 4letý pilotní projekt SmartCity v lokalitě Málaga.

je zjednodušeně znázorněná myšlenka konceptu. Na všechna odběrná místa budou nainstalovány takzvané **chytré elektroměři** (smart meter), ty budou v pravidelných intervalech odesílat aktuální informace o spotřebě. Měřiče budou zpracovávat spotřebu budovy. Jestliže bude vybavena tzv. chytrými spotřebiči, nebo generátory elektrické energie (fotovoltaické panely, ...) každý z nich bude připojen na měřič zvlášť. Pomocí vhodných komunikačních kanálů se tak informace dostanou do **centrálního řídicího střediska**, kde budou vyhodnoceny a postoupeny na trh s elektrickou energií (resp. burzu). Bude stanovena **aktuální cena za elektrickou energii** v závislosti na potřebě - jestli je v síti přebytek či nedostatek elektrické energie. Informace o aktuální ceně elektrické energie se tak pomocí obousměrné komunikace vrátí zpět ke spotřebiteli a ten tak bude mít možnost volby - **kdy a za kolik spotřebovávat elektrickou energii**. Dále Smart Grids počítá s předpokladem, že vznikne systém zařízení, která budou schopná elektrickou energii akumulovat nebo naopak poskytovat k dispozici v době potřeby. Jedná se například o elektromobily.

Obrázek 1: Schéma konceptu Smart Grids

Zdroj: <http://tushneem.wordpress.com/2009/08/04/4g-evolution-and-Smart Grids>



Součástí konceptu jsou také takzvané chytré domy a spotřebiče, jež bude moci spotřebitel nastavit tak, aby optimalizoval svou spotřebu. Zapnou se ve chvíli, kdy je cena za elektrickou energii nejnižší, v době přebytku v síti. Tento systém bude tak v podstatě do určité míry automaticky regulovat výkyvy v síti (nevyváženost). Koncept si tak slibuje, že bude možné pokračovat v aktuálním trendu - zvyšování míry obnovitelných zdrojů v energetickém mixu země.

1.1. Historický kontext světové energetiky

Světová energetika se v dnešní době potýká s rozsáhlými ekologickými iniciativami. Počátky těchto iniciativ můžeme hledat již v 70. letech minulého století, kdy se začala na mezinárodní úrovni projednávat problematika globálního oteplování. Tento problém se přisuzuje zvyšování koncentrace skleníkových plynů v atmosféře. Na první Světové klimatické konferenci v Ženevě roku 1979 se objevila vědecká diskuze na téma globálního oteplování. [3] Ta podnítila k dalšímu projednávání této otázky a tak v roce 1992 v Riu de Janeiru vznikla Rámcová úmluva OSN o změně klimatu ratifikována ke dni 16. 10. 2009 194 státy. Jedná se o rámcovou úmluvu, která obsahuje základní principy (například „Princip společné, avšak rozdílné odpovědnosti států“) a obecně formulované závazky. Konkrétní cíle a závazky pak obsahuje Kjótský protokol. Úmluva a Kjótský protokol jsou právním podkladem pro snížení emisí skleníkových plynů na úroveň, která by nebyla z hlediska vzájemné interakce s klimatickým systémem Země pro další vývoj planety nebezpečná. [4]

1.2. Legislativní rámec konceptu Smart Grids

Kjótský protokol k Rámcové úmluvě OSN o změně klimatu byl přijat v prosinci roku 1997. Země Úmluvy se v Protokolu zavázaly do konce prvního kontrolního období (2008-2012) snížit emise skleníkových plynů nejméně o **5,2 %** ve srovnání se stavem v roce 1990. V prosinci 2012 byl na Osmnácté konferenci smluvních stran v Doha schválen dodatek, kterým bylo potvrzeno pokračování Protokolu a jeho druhé kontrolní období, které bylo stanoveno na osm let (2013 – 2020). V rámci druhého kontrolního období se část zemí Úmluvy zavázala přijmout nové redukční závazky, které by měly přispět ke snížení emisí skleníkových plynů o nejméně 18 % pod úroveň roku 1990. [5]

Podnětem pro energetiku celoevropského měřítko je **SET Plan** (Strategic Energy Technology Plan), jehož cílem je do roku 2020 splnit závazek EU a snížit emise skleníkových plynů o 20 % oproti úrovni z roku 1990, zvýšit podíl obnovitelných zdrojů energií v celkové spotřebě v EU na 20 % a zvýšit energetickou účinnost v Evropě o 20 %

cestou komerční implementace nových konkurenceschopných energetických technologií. V rámci SET Plan začala v roce 2010 činnost Evropské průmyslové iniciativy pro chytré sítě (EEGI). Tato iniciativa je tvořena distributory a technologickými společnostmi, kteří dávají důraz na rozvoj konceptu Smart Grids. EEGI se zaměřuje na demonstrační projekty po celé Evropě, jejichž cílem je vyzkoušet jednotlivé funkční celky Smart Grids. Skupina ČEZ je jediným zástupcem distributorů této iniciativy v regionu střední Evropy. [6]

Základními legislativními předpisy jsou směrnice 2009/29/ES, kterou se mění směrnice 2003/87/ES o obchodování s povolenkami na emise skleníkových plynů, rozhodnutí 406/2009/ES o rozdělení úsilí k dosažení redukčních cílů emisí skleníkových plynů, směrnice 2009/31/ES o zachytávání a ukládání CO₂ do geologického podloží a směrnice 2009/28/ES o podpoře využívání energie z obnovitelných zdrojů.“ [7]

V České republice byla dne 10. 3. 2004 schválena **Státní energetická koncepce**. Definuje priority a cíle České republiky v energetickém sektoru, a popisuje konkrétní realizační nástroje energetické politiky státu. Součástí je i výhled do roku 2030.² Přestože byla snaha aktualizovat tento dokument, ani aktuální verze návrhu "Aktualizace Státní energetické koncepce" z února 2010, zatím nebyla schválena. Dále vznikl tzv. **Akční plán energetické účinnosti**. Navazuje na směrnice EP a Rady 2006/32/ES o energetické účinnosti u konečného uživatele a o energetických službách.

Na základě zmíněných legislativních předpisů vyvíjí Evropská unie, respektive její členské státy, řadu iniciativ. Energetika prošla významnou proměnou, a EU si tak stanovila několik hlavních cílů v oblasti energetiky: [8]

- Vytvořit skutečný vnitřní trh s energií - konkurenceschopný, integrovaný a propojený trh
- Zaručit zabezpečení dodávek energií
- Snížit emise skleníkových plynů - pomocí energetické účinnosti, obnovitelných zdrojů energie
- Rozvíjet energetické technologie
- Provádět společnou mezinárodní energetickou politiku

Vhledem k dostupným technologiím není snadné zmíněných cílů dosáhnout. Jako jedno z východisek tak vzniká koncept Smart Grids, považovaný za **budoucnost moderní energetiky**.

Další pohled na problematiku současné energetiky nastínil Ing. Ivan Beneš ve studii Vliv změny klimatu na spolehlivost zásobování energií: „Globalizace ekonomiky s sebou mimo jiné přinesla vlnu privatizace a liberalizace, a to i tzv. kritické infrastruktury. Pro soukromého vlastníka či obchodníka s energií se bezpečnost konečného spotřebitele stala externalitou, která není v popředí jeho zájmu. To má za následek, že vlivem liberalizovaného trhu jsou přenosové soustavy nuceny k jinému způsobu provozu, než na jaký byly navrženy. Trh se snaží nadřadit finanční toky nad fyzikální zákony. Kritická infrastruktura je tak všeobecně provozována na hranici svých technických limitů. To spolu se zvýšenou četností extrémních klimatických jevů, ale i případných úmyslných činů, může vést ke vzniku krizových situací. Pokud nejsou včas eliminovány, mohou mít i vážné politické důsledky.“ [9] Koncept Smart Grids by podle něj mělo být východisko i pro tuto problematiku.

1.3. Smart Grids jako řešení současné energetické problematiky

Jak již bylo řečeno v úvodu, Smart Grids koncept takzvaných chytrých sítí, jehož základním úkolem je zredukovat odchylky mezi aktuální výrobou a spotřebou elektrické energie. „Zahrnuje distribuční síť inovovaného pojetí, která dokáže efektivně začlenit působení všech připojených uživatelů, centralizovaných i lokálních výrobních zdrojů energie, odběratelů s možností jejich aktivní role a začlenění nových funkcí distribuční sítě pomocí obousměrné komunikace mezi výrobními zdroji a spotřebiči.“ [10]

Vzhledem k požadavkům stále více využívat obnovitelné zdroje pro výrobu energie se výroba stává stále hůře předvídatelnou. Spotřeba elektrické energie je sice zhruba předvídatelná, je ale nutné neustále regulovat množství dodávané energie. S rozvojem obnovitelných zdrojů je tak regulace stále obtížnější. Proto vznikl projekt Smart Grids, který se snaží ve své podstatě regulovat spotřebu na základě aktuální výroby tím, že motivuje odběratele ke spotřebě různými cenami energie odpovídající tržním principům. Tento trend je možné označit za přelom ve vývoji trhu s elektrickou energií. Na rozdíl od klasického systému je možné sledovat cenu právě odebírané elektrické energie a přizpůsobit tak svou spotřebu. Projekt také počítá s libovolným zapojením malých výrobců elektrické energie, jako jsou domácnosti se slunečními panely, atd. Na trhu s elektrickou energií tak začnou nově fungovat klasické tržní principy, přičemž hlavním předpokladem je, že jsou lidé vedeni tzv. neviditelnou rukou trhu.

Mnozí odpůrci argumentují tím, že je tento systém utopický – náklady na realizaci jsou nesmírně vysoké, je potřeba v podstatě upravit celou přenosovou a distribuční

soustavu a celý projekt je postaven na ochotě spotřebitelů aktivně se zapojit, investovat své prostředky. I přesto je koncept považován za budoucnost energetiky.

1.4. Od tradiční síť k Smart Grids

Myšlenka Smart Grids je poměrně mladá, ale vztahuje se do poměrně vzdálené budoucnosti, počítá s množstvím předpokladů. Ty vychází buď z aktuálního trendu, předpokládaného vývoje, nebo jednoduše předpokládají, že společnost postupně nalezne odpovědi na otázky a požadavky, které zatím neumíme odpovědět nebo vyrobit.

Společnost ABB realizuje vývoj v oblasti moderních technologiích a popisuje Smart Grids následovně: „Rozvodná síť budoucnosti bude rozšířenou verzí současné sítě s větším množstvím monitorovacích a komunikačních systémů, nových propojení, dvousměrným tokem energie a informací a větším podílem lokální výroby energie a energie z obnovitelných zdrojů. Systém bude vysoce automatizován, aby byly zajištěny spolehlivé, energeticky hospodárné dodávky energie pro odběratele energie z průmyslové, obchodní a soukromé sféry.“ [11]

Odborník na Smart Grids Jiří Roubal ze společnosti ABB klasifikuje oblasti výzkumu a vývoje následovně: Měření elektrické energie, Služby zákazníkům, Domácí automatizace, Regulace spotřeby, Distribuovaná výroba, Mikroregiony/mikrosítě, Zásobníky „elektrické“ energie (přímé i nepřímé), Elektromobily, Stabilizace parametrů v elektrických sítích (kompenzace, regulace napětí), Specifické funkce monitorování, řízení a automatizace, Řízení toků v sítích, Virtuální elektrárny (uskupení různorodých zdrojů, které se chová navenek jako jedna elektrárna), Podpůrné a systémové služby, Dálkové přenosy elektrické energie, Stabilita distribučních i přenosových systémů. [12]

1.5. Předpoklady

Evropská technologická platforma, již zmiňovaná v kapitole 1, specifikuje předpoklady k úspěšné implementaci konceptu. Rozděluje problematiku do pěti oblastí: Elektronické technologie, Informační technologie (ICT), Slučitelnost s evropskými elektrickými rozvodnými sítěmi (EEGI compatibility), Právní rámec a tržní struktura, Sociálně-ekonomické stimuly. [13]

1.5.1. Elektrotechnické technologie

Platforma Smart Grids tak vybízí k výzkumu a vývoji následujících technologií:

Za účelem dosažení snazšího ovládní požadované kvality a bezpečnosti dodávky elektrické energie je třeba vybudovat technologie, které zajistí **regulovatelnou spotřebu** elektrické energie. Co nejvíce technologií by mělo být schopno podílet se regulaci v elektrické síti v čase a oblastech dle potřeby.

Dále se jedná o technologie **skladování elektrické energie** a jejich řízení, za účelem zpracování elektrické energie z nestabilních zdrojů.

Vývoj **kabelového vysokonapětového vedení stejnosměrného proudu** k dosažení bezpečného **přepínatelného** přenosu elektrické energie z oblastí bohaté na obnovitelné zdroje do oblastí, kde jich je nedostatek.

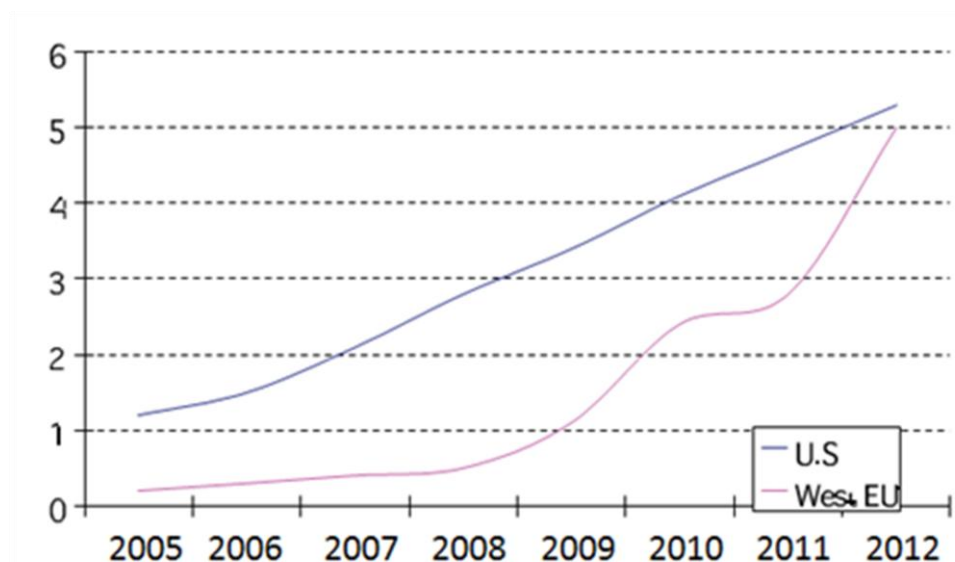
Zdokonalené materiály rozvodných prvků: robustnější, flexibilní, nákladově efektivní materiály, které by měli předejít náhlým poruchám v systému. V případě, že dojde k závadě nějaké části rozvodné sítě, zaktivuje se okamžitý a nejlépe automatizovaný systém nápravy, přičemž budou mít uživatelé poškozeného systému nepřerušovaný přístup k síti a službám. [13]

Elektromobilita

Vývoj elektromobility je jedním z hlavních předpokladů pro úspěšnou implementaci konceptu Smart Grids. Elektromobil zapojený do sítě by měl fungovat mimo jiné jako záložní zdroj, resp. spotřebič, ze kterého bude možné čerpat elektrickou energii nebo ji dobíjet v době potřeby. Je tak považován za akumulátor budoucnosti. Elektromobily však čeká ještě dlouhá cesta, aby bylo možné je takto využívat. Naprostá většina dopravních prostředků je zatím sice poháněna naftou (benzínem), tento trend se ovšem v čase mění. V grafu číslo 1 je vidět, jak se vyvíjí míra prodeje elektromobilů v rámci prodeje

Graf 1: Vývoj míry elektromobilů v prodeji dopravních prostředků;

Zdroj: Situ, Electric Vehicle Development: The Past, Present & Future



dopravních prostředků. [14]

Studie provedená na univerzitě v DuisburgEssen uvádí, že do roku 2020 by měla množství elektromobilů dosáhnout 7 % celkového množství dopravních prostředků a do roku 2030 by tato hodnota měla dosáhnout dokonce 31 %. [15]

„Přestože je velice malé množství nových registrací elektromobilů, mnozí tvrdí, že již není cesty zpět od elektromobilů.“ [16]

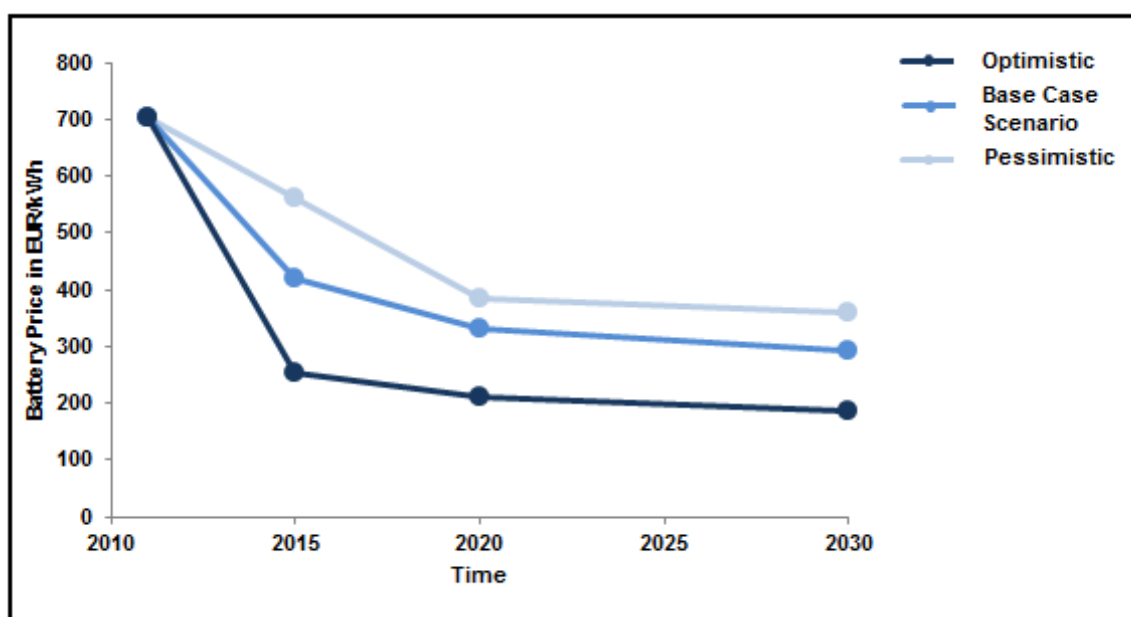
Také státní energetická koncepce České republiky (dále jen SEK) počítá s rozvojem elektromobilů jako prostředek k akumulaci elektrické energie. Jeden z hlavních cílů je „Zabezpečit vysokou spolehlivost a energetickou odolnost prostřednictvím vhodné velikosti struktury rezervních kapacit, zásobníků energií a kapacit přenosových a distribučních sítí...“ Jako dílčí cíl koncepce uvádí: „ Implementovat soubor nástrojů

umožňujících zapojení spotřeby i distribuované výroby elektřiny do decentralizovaného řízení a regulace soustavy (řízení malých domácích a lokálních zdrojů, řízení akumulčních možností elektromobilů, atd.)“ Stejně tak je v SEK elektromobil uveden jako jeden z cílů výzkumu, vývoje a inovace a v oblasti dopravy vzhledem k tomu, že počítá se stále se zvyšující spotřebou energie. [17]

Podle Ajanovičové je hlavní důvod, proč je zatím využití elektromobilů tak nízké, cena. A to zejména cena baterie. Cena jednoho auta se pohybuje v rozmezí 20 000 a 100 000 Eur, z čehož je baterie přibližně 6 000 - 16 000 Eur. [16] Výhledově se ovšem počítá, že se tato cena bude snižovat, viz. graf 2. Uvedená cena je v Eurech za kWh.

Graf 2: Vývoj ceny baterie v elektromobilu.

Zdroj: <http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/automotive/files/projects/report-duisburg->



1.5.2. Informační technologie

V oblasti Informačních technologií vybízí Platforma Smart Grids k výzkumu a vývoji v následujících oblastech:

Snímače, komunikační technologie a rozšířené **výpočetní platformy**, pro lepší monitorování a měření schopné pracovat v reálném čase. To budou klíčové technologie pro **sledování, měření** různých elektrických zařízení a kritických systémových parametrů pro **stanovení** současného stavu v sítích. Zjištěné informace pak budou použity jako vstup pro různé **prediktivní algoritmy**, jejichž výstupy podpoří **rozhodování** k dosažení zmíněných cílů SG. [18]

Vývojem v této oblasti se zabývá například společnost ABB, jež je v čele v poskytování integrovaných řešení při vývoji inteligentních sítí: Pro správnou funkčnost konceptu SG je nezbytné vytvořit nový propracovanější a “inteligentnější” systém sledování, kontroly, řízení a ochrany energetického systému. Spravovat přenosové a distribuční sítě, elektrárny a trhy s energií v reálném čase. Systém, který dokáže sběr, přenos a vyhodnocení dat z tisíců sběrných bodů v energetických sítích a v rozsáhlých geografických oblastech. Umožňující rychlý, bezpečný a spolehlivý přenos datových, hlasových, obrazových a ochranných signálů. [19]

1.5.3. Výroba, přenos a distribuce elektrické energie

Koncept vznikl jako reakce na požadavek tzv. ekologické výroby elektrické energie. Měl by tedy umožnit zvyšování množství elektrické energie vyráběné z **obnovitelných zdrojů** elektrické energie. Respektive by měl částečně řešit problém, který s sebou OZE přinášejí – zvyšování výkyvů ve výrobě. Měl být prostředek k regulaci odchylek. Dále koncept počítá s rozšiřováním **decentralizované výroby** elektrické energie (př. kogenerační jednotky).

Přenosová soustava zajišťuje přenos elektrické energie na úrovni velmi vysokého a vysokého napětí (v ČR je to 400/220/110 kV), pro distribuční soustavu se jedná o napětí velmi vysoké, vysoké a nízké (v ČR je to zejména 110/35/22/6/0,2 kV). Přenosová a distribuční soustava tak zajišťuje dopravu elektrické energie od výrobce ke spotřebiteli a kromě rozvodných sítí spravuje mnoho prvků jako například rozvodny, transformátory, kompenzační uzly (tlumivky), rozvaděče, ochranné prvky, atd. Na rozvod elektrické energie jsou kladny vysoké požadavky a to jak z hlediska kvality, tak zejména zabezpečení, v krajním případě se jedná o eliminaci hrozby Black Outu. Koncept SG by tak měl prostředek, jak tuto funkci zjednodušit. [19]

Úloha provozovatelů přenosových (TSO) a distribučních (DSO) soustav je velice významná. Musí v rámci konceptu zajistit instalaci měřících systémů a přizpůsobit jednotlivé prvky soustavy. Jak vidíme na obrázku 1, soustřeďuje se komunikace do jednoho **řídícího centra**, kde jsou zpracovávány naměřené hodnoty. Konkrétní popis úlohy TSO a DSO v prostředí ČR je věnována kapitola 2.1.4.

1.5.4. Koncoví odběratelé

Koncept počítá s aktivním zapojením odběratelů elektrické energie. Ty můžeme rozdělit na malé a střední nebo velké průmyslové podniky. Na všechna odběrná místa budou nainstalované inteligentní elektroměry. Ty spotřebu měří stejně jako klasické

elektroměry průběžně, avšak data každých 15 minut ukládá do své paměti. Kromě toho umí vyhodnotit a zaznamenat i „kvalitu dodávky“, tedy přepětí, podpětí, odchylky od požadované frekvence apod. Také zaznamenává napadení, například mechanický zásah do elektroměru nebo napadení magnetickým polem. Získaná data se bez zásahu lidské obsluhy přenášejí do datového centra, kde se využívají pro lepší technické řízení sítě, pro kvalitnější obchodní řízení nákupu elektrické energie apod. [20]

Odběrateli bude pak zpět poskytnuta informace o aktuální ceně elektrické energie. Ten pak bude mít možnost zvolit si, v jakém cenovém pásmu spotřebovávat elektrickou energii, aktivně sledovat spotřebu, respektive úsporu. Dalším krokem je, že si odběratel může pořídit takzvaný inteligentní spotřebič, respektive inteligentní domácnost. Ta bude napojená na síť a v přímém spojení s dodavatelem elektrické energie bude zajišťovat současné podmínky, kterým se automaticky přizpůsobí. Některé domy pak mohou využívat mikrokogenerace. Kogenerační jednotky - většinou pístové spalovací motory, vyrábí společně jak elektřina, tak teplo. [21]

1.6. Pilotní projekty

Výzvu Evropské Unie zapojit se do vývoje pilotních projektů Smart Grids vyslyšela řada zemí. Kromě strukturálních fondů nabízí EU pro financování aplikovaného výzkumu a inovací též komunitární programy, z nichž rozpočtově největší jsou rámcové programy EU.

V současnosti je na roky 2007 – 2013 vyhlášen sedmý rámcový program (7. RP). Je to největší komunitární programe a hlavní nástroj na podporu výzkumu a vývoje v EU. Jeho rozpočet na roky 2007 – 2013 se pohybuje okolo 50,5 miliard €.

Itálie

Vládní nařízení na povinnou instalaci Smart Meters platí již od roku 2006. V roce 2011 by měly chytrá měřidla tvořit 95 % všech instalovaných. Doposud byly vyměněny ve 32 milionech italských domácností (cca 85 % odběratelů).

Energetická společnost Enel připravuje pilotní demonstrační projekt Smart Grids na jihu Itálie s cílem vyzkoušet aktivní řízení decentralizovaných zdrojů a spotřeby na vn úrovni distribuční sítě. Do projektu bude zapojeno cca 8 000 odběratelů a decentralizované zdroje, především FVE a VTE.

Obrázek 2: Pilotní projekty EU, Zdroj: ČEZ a.s. [http://www.futuremotion.cz/Smart Grids/cs/-index.html](http://www.futuremotion.cz/Smart%20Grids/cs/-index.html)



Španělsko

Energetická firma Iberdrola spustila v roce 2010 pilotní projekt v regionu Valencie (region Castellón). Na 100 tisíc domácností je v tomto regionu již vybaveno Smart Meters. Projekt pokračuje s cílem vyzkoušet řízení nn a vn distribučních sítí pomocí víceúrovňového řešení implementace Smart Meteringu.

Energetická společnost Endesa v roce 2009 spustila 4letý pilotní projekt SmartCity v lokalitě Málaga.

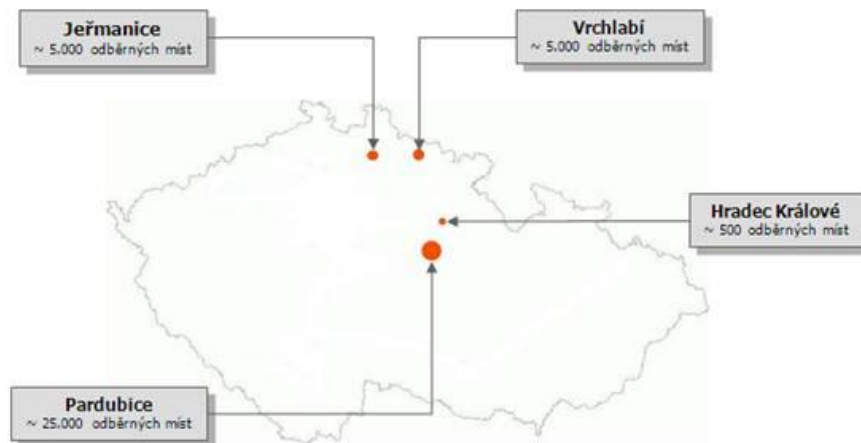
Německo

Konsorcium firem a univerzity v Karlsruhe spustilo v roce 2009 pilotní projekt výstavby chytré sítě v průmyslovém regionu Karlsruhe-Stuttgart na jihu Německa pod názvem MeRegio. Do projektu se zapojí na 1 000 odběratelů z řad domácností, průmyslových podniků, výrobních a skladovacích jednotek. V německém Mannheimu se také realizuje pilotní projekt Smart Grids pod názvem Model City Mannheim (MoMa). Další projekty spouští i velcí provozovatelé distribučních sítí (např. E.ON, RWE). Projekty konceptu Smart Grids jsou obecně v Německu výrazně podporovány a to i na vládní úrovni.

Francie

V březnu 2010 distribuční společnost ERDF spustila ve dvou regionech pilotní projekt Smart Grids, zahrnující na 300 tisíc domácností. Na základě poznatků z tohoto testování pak v letech 2012 až 2017 proběhne instalace Smart Meters v 35 milionech francouzských domácností. ERDF také spouští rozsáhlý projekt s novou architekturou na úrovni nn i vn distribučních sítí na jihu Francie, v příměstské části Nice. Projekt bude zahrnovat integraci lokálních výrobních zdrojů, testování konceptu active demand response, jednotek akumulace el. energie, testování infrastruktury dobíjecích stanic i konceptu chytrých budov, tzv. smart homes. [21]

Česká republika



Obrázek 3: Projekty nasazení a testování Smart Grids v ČR, Zdroj:ČEZ a.s. <http://www.futuremotion.cz/Smart Grids/cs/-index.html>

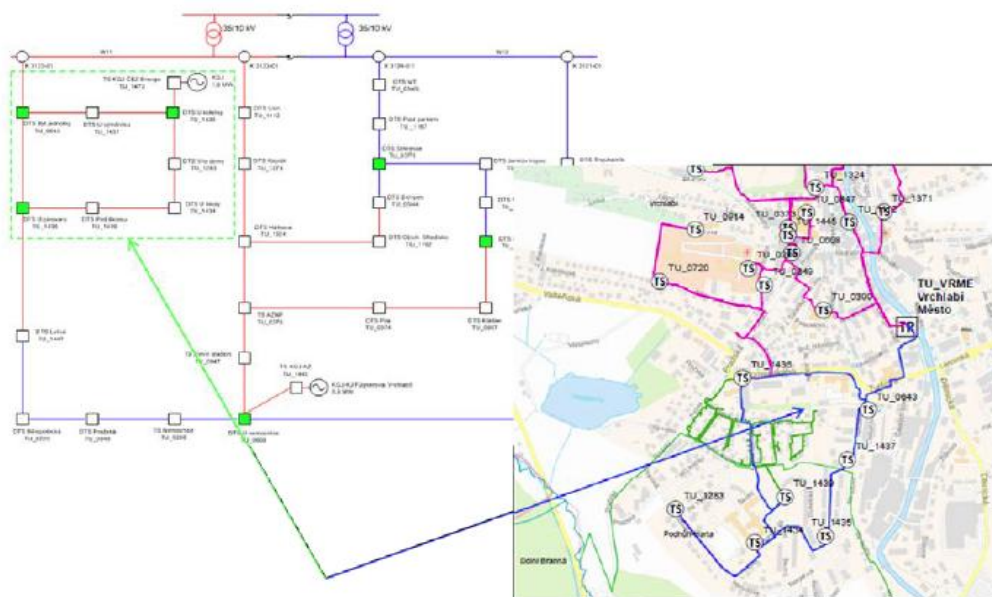
Vrchlabí

Vizí konceptu inteligentních sítí jsou spolehlivé, automatizované a efektivně řízené distribuční sítě. Principem je interaktivní obousměrná komunikace mezi výrobními zdroji, distribuční sítí a zákazníky o aktuálních potřebách výroby a spotřeby energie.

V rámci projektu Smart Region ve Vrchlabí (obrázek 3) 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.

Projekt je z většiny financován z fondů Evropské unie a částečně také z rozpočtu České republiky. [22]

Obrázek 4: Pilotní projekt Vrchlabí, Zdroj: Smart Grids z hlediska chránění na úrovni vn, P. Zdroj: ABB, Hochman Petr. 2013. Prezentace na semináři Smart Grids. Smart Grids z hlediska chránění . Praha : s.n., 2013.



1.7. Dílčí závěr

V první kapitole jsem se snažila co nejvýstižněji popsat princip konceptu Smart Grids, jeho legislativní ukotvení a předpoklady. Dále jsem uvedla příklady jeho zavádění v Evropě i České republice. Jelikož se jedná o velice aktuální téma, i v průběhu psaní této práce se o této problematice neustále jedná jak na národní tak na evropské úrovni. Jsou soustavně formulovány nové názory a snahy vytvořit systém vhodný, racionální, aplikovatelný a technicky i ekonomicky výhodný. V následující kapitole jsou popsány možnosti využití konceptu v prostředí české energetiky.

2. Smart Grids v České republice

Smyslem Smart Grids je zajistit bezpečnost a kvalitu dodávky elektrické energie cílovým spotřebitelům. Není ovšem jisté, že bude pomocí modelu nastíněného v předchozí kapitole tohoto cíle dosaženo a jestli neexistují nějaké jiné (vhodnější) alternativy. Otázkou zůstává, co si lidé představují pod pojmem Smart Grids. V jakém případě se ta která opatření dají označovat, že spadají do daného konceptu? Důvodem toho, že je definice Smart Grids tak nekonkrétní je podle mého názoru to, aby zůstal prostor k nalezení nejvhodnějšího modelu. Co může být efektivní v jedné zemi, může být zcela zbytečné ve druhé a toho si je Evropská unie vědoma. Proto vybízí členské státy, aby vytvořily vyhodnocení využitelnosti Smart Grids a stanovily vlastní postoj k němu podložený faktickými argumenty souvisejících studií.

V následující kapitole se budu zabývat možností zasadit koncept Smart Grids do konkrétního prostředí České energetiky. Pokusím se nastínit několik různých pohledů na problematiku a následně navrhnout a ekonomicky vyhodnotit tu, kterou považuji za přijatelnou.

2.1. Stávající situace v elektroenergetice

2.1.1. Výroba elektrické energie

Česká republika má pestré zastoupení v paletě zdrojů elektrické energie, jedná se o tzv. **energetický mix**. Díky tomu máme zajištěnou dodávku elektrické energie v potřebné míře pro potřebu země a ještě zbývá k jejímu vývozu. V následující tabulce je přehled zdrojů a instalované výkony z roku 2012. [23] Z tabulky lze vyčíst, že výrobu elektrické energie zajišťují zejména uhelné a jaderné elektrárny. Jedná se o zdroje, které mají vysoký instalovaný výkon. Výroba z těchto zdrojů je označována jako centralizovaná výroba. Mezi parními elektrárnami převažují uhelné, které se nachází v oblastech bohatých na uhlí. Jaderné elektrárny se v České republice nacházejí dvě a to v jižních Čechách (Temelín) a na Moravě (Dukovany). Z tohoto důvodu jsou kladeny vysoké nároky na přenosovou soustavu, zejména části, kterými proudí velké množství elektrické energie. Další informace, kterou můžeme z tabulky vyčíst je, že v zemi existuje vysoký podíl podíl obnovitelných zdrojů (pro zjednodušení uvažujeme jen fotovoltaické a větrné elektrárny) na celkovém instalovaném výkonu 11,5%, zatímco podíl na výrobě je jen 3 %. Z toho

vyplývá, že doba využití maxim³ těchto zdrojů je nízká. Z charakteru zdrojů také vyplývá, že je neumíme efektivně řídit a přičiňují se tak k vyšší nevyváženost v síti.

Tabulka 1: Výroba a instalovaný výkon v roce 2012 Zdroj: ENERGOSTAT. 2013. Elektroenergetika ČR / Elektřina. [Online] 2013, <http://energostat.cz/elektrina.html>.

Výroba a instalovaný výkon v roce 2012				
Typ zdroje	Instal. výkon (MW)	Výroba (GWh)	Podíl instal. Výkonu	Podíl výroby
Parní elektrárny	10 644	47 261	51,9%	54,0%
Jaderné elektrárny	4 040	30 324	19,7%	34,6%
Vodní elektrárny	2 216	2 963	10,8%	3,4%
Plynová elektrárna	1 271	4 435	6,2%	5,1%
FTV	2 086	2 173	10,2%	2,5%
Větrné elektrárny	263	417	1,3%	0,5%
Celkem	20 520	87 574		

Z Tabulka 1 vyplývá, že vývoz elektrické energie byl podstatně vyšší, než dovoz. Nákup elektrické energie je realizován na základě tržního principu. Náklady na výrobu elektrické energie jsou tak nižší, než náklady v sousedních zemích, konkrétně se jedná o Německo. Tam je podstatně vyšší podíl výroby z OZE oproti České republice. ⁴

Tabulka 2: Energetika ČR - základní údaje, Zdroj: ENERGOSTAT, 2013

Energetika ČR 2012 - základní údaje	
Ukazatel	2012
Instalovaný výkon (MW)	20 519,50
Výroba brutto (GWh)	87 573,70
Spotřeba brutto (GWh)	70 453,30
Dovoz elektřiny (GWh)	11 587,00
Vývoz elektřiny (GWh)	28 707,10

³ Doba využití maxima je doba, za kterou by se při maximálním výkonu spotřebovalo, resp. vyrobilo stejné množství elektrické energie jako při proměnlivém zatížení během sledovaného období. [24]

⁴ 16,4% na 22,1% v letech 2010 - 2013 (Občanská iniciativa pro ochranu životního prostředí o.s., 2013)

2.1.2. Regulace

Výsledná cena dodávky elektřiny pro všechny kategorie konečných zákazníků je složena z pěti základních složek. První složku ceny tvoří neregulovaná cena komodity, tj. elektrické energie, označované také jako silová elektřina. Její cena je tvořena na tržních principech a v souladu s obchodními strategiemi jednotlivých dodavatelů elektřiny. Ostatní složky ceny zahrnují regulované činnosti přirozeně monopolního charakteru, mezi něž patří doprava elektřiny od výrobního zdroje prostřednictvím přenosové a distribučních soustav ke konečnému zákazníkovi. Dále tam spadají činnosti spojené se zajištěním stabilního energetického systému z technického hlediska (tzv. zajišťování systémových služeb) i obchodního hlediska (především činnost operátora trhu s elektřinou v oblasti zúčtování odchylek). Dále mezi tyto složky patří příspěvek na podporu elektřiny z obnovitelných zdrojů, kombinované výroby elektřiny a tepla a druhotných zdrojů.

Při stanovení poplatků za přenos a distribuci elektřiny se vychází z regulačního výkaznictví příslušného provozovatele soustavy. Povolené výnosy jsou kalkulovány regulačním úřadem a jsou promítány do kumulativní ceny za rezervaci kapacity. Cena za použití sítě zohledňuje náklady na ztráty v přenosové soustavě a v distribučních soustavách; při jejich stanovení jsou uplatňovány normativy ztrát.

V systému regulace jsou v principu přenášeny vynaložené oprávněné nezbytné nutné náklady na zákazníka. Pokud bude rozhodnuto o zavedení AMM⁵, lze očekávat, že regulované subjekty uplatní veškeré oprávněné náklady související se zavedením a provozem AMM do regulovaných složek ceny elektřiny. [25]

2.1.3. Trh s elektřinou

Ministerstvo průmyslu a obchodu nechalo vypracovat zprávu Ekonomické posouzení všech dlouhodobých přínosů a nákladů pro trh a jednotlivé zákazníky při zavedení inteligentních měřicích systémů v elektroenergetice ČR. [25] Zpráva nejprve popisuje aktuální elektroenergetický systém v České republice a následně vyhodnocuje, jaké výhody přináší takzvaný systém inteligentního měření AMM, což je počáteční fáze konceptu Smart Grids.

Jak je ve zprávě uvedeno, za rovnováhu v elektrizační soustavě odpovídá provozovatel **přenosové soustavy**, kterým je v ČR společnost ČEPS, a.s. Za dopravu

⁵ pokročilý (inteligentní) systém měření (Advanced Metering Management)

elektřiny a za měření elektřiny odpovídají provozovatel přenosové a provozovatelé **distribučních soustav**. Provozovatelé distribučních soustav v ČR jsou ČEZ Distribuce, a. s., E.ON Distribuce, a. s. a PREDistribuce, a. s.

Za vyhodnocování odchylek, zajišťování zúčtování a vypořádání odchylek, organizaci krátkodobého trhu s elektřinou a některé další činnosti (např. poskytování fakturačních dat oprávněným subjektům) spojené s fungováním trhu je odpovědný **operátor trhu** – OTE, a.s.

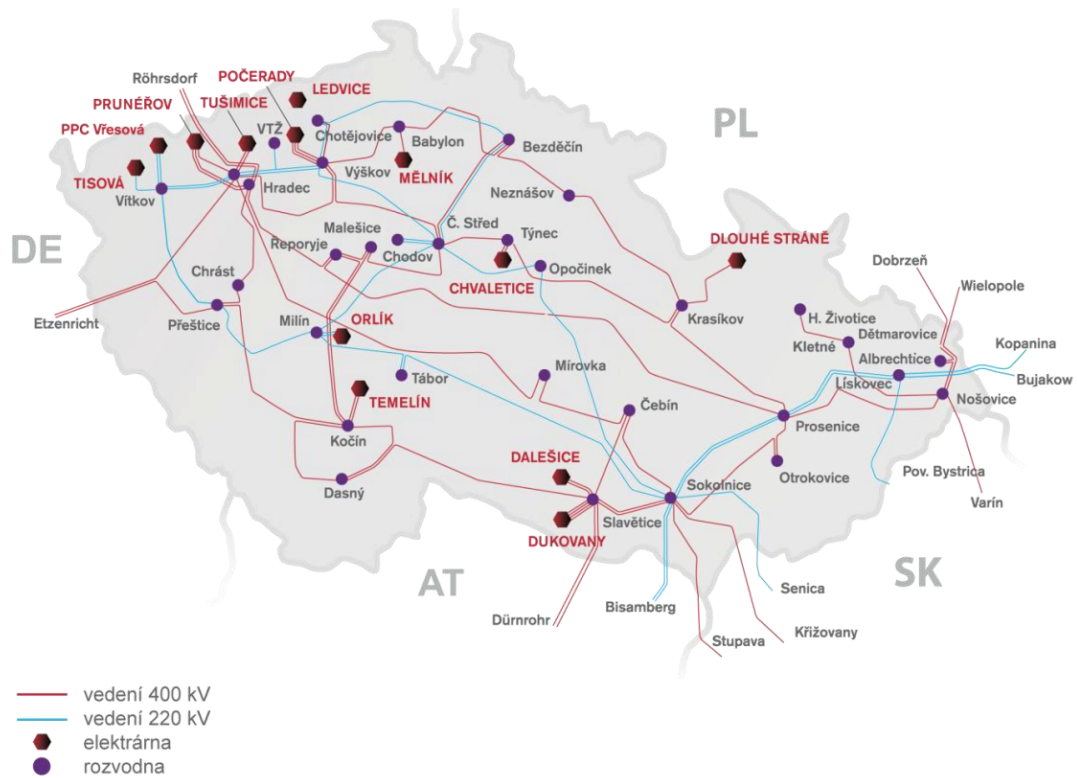
Odchytky mezi skutečnými a sjednanými hodnotami dodávek elektřiny jsou vyhodnocovány každému **subjektu zúčtování** (subjekty zodpovědné za odchylky mezi skutečnými a sjednanými hodnotami dodávek elektřiny) za každou hodinu dne. Provozovatel příslušné soustavy zasílá operátorovi trhu naměřené hodinové hodnoty. U zákazníků na napěťové hladině nn s neprůběhovým měřením je místo naměřeného hodinového profilu použita metoda stanovení odběrového diagramu pomocí typových diagramů dodávky (TDD). Každému typu zákazníků na hladině nn s neprůběhovým měřením je přiřazen odpovídající typ TDD podle charakteru jeho odběru.

Trh s elektřinou v ČR je plně liberalizován. Všichni zákazníci mají právo volby dodavatele a také své právo přiměřeně využívají. Počet změn dodavatele je přibližně 6 – 7 % ročně, přičemž většina je na hladině nn.

V ČR je uplatněn právní a vlastnický unbundling výroby, obchodu, přenosu a distribuce elektřiny ve smyslu směrnice 2009/72/ES. Za instalaci a provoz měřicích zařízení, za měření a předávání výsledků měření operátorovi trhu odpovídá PPS a PDS. Za správu předaných dat odpovídá operátor trhu. Toto uspořádání garantuje dlouhodobou stabilitu řešení při přípravě, zavádění a provozování inteligentního systému měření (AMM) v rámci celého měřicího řetězce a poskytuje nediskriminační přístup všem stávajícím i novým subjektům. Správa celého měřicího a komunikačního řetězce jedním subjektem (PDS) zajišťuje vysokou úroveň zabezpečení dat a díky nižšímu počtu potřebných rozhraní snižuje riziko případného zneužití či ztráty dat.

2.1.4. Struktura elektrizační soustavy

Obrázek 5: Schéma přenosové soustavy, Zdroj: Ekonomické posouzení AMM, MPO zdroj: <http://www.mpo.cz/dokument106754.html>



V elektrizační soustavě ČR existuje kromě již zmíněné přenosových a tří distribučních soustavy ještě více než 300 lokálních distribučních soustav připojených k regionálním distribučním soustavám. K elektrizační soustavě ČR je připojeno na všech napěťových úrovních cca 5,8 milionů zákazníků. Schéma přenosové soustavy je znázorněno na Obrázek 5.

Většina velkých výroben je připojena do přenosové a distribučních soustav na napětí 110 kV. Cca 2 000 MW instalovaného výkonu ve zhruba 12 tis. malých výrobnách je připojeno na úrovni vysokého a nízkého napětí do distribučních soustav. [25]

2.1.5. Systém HDO

V ČR existuje více než 50 let propracovaný systém řízení spotřeby tzv. hromadné dálkové ovládání. HDO je soubor technických prostředků (jako např. vysílače, přijímače, centrální automatiky, přenosové cesty apod.) umožňujících vysílat povely nebo signály za účelem zapínání nebo vypínání spotřebičů, přepínání tarifů. HDO používá pro přenos

silová vedení. Svým rozsahem a využitím je HDO v Evropě unikátní. Jedná se o spolehlivý (spolehlivost vyšší než 99 %) a silný nástroj využívaný k:

- optimálnímu využití sítí,
- přímé regulaci spotřeby,
- přímé regulaci výroby,
- realizaci tarifní politiky.

Základem využívání systému HDO je souhlas zákazníka s tím, že jeho topné spotřebiče budou provozovatelem distribuční soustavy dálkově odblokovány v předem definovaném časovém pásmu, a za to mu je v tomto časovém pásmu počítána spotřeba podle nízkého tarifu, který je cenově výhodnější. U výroben je systém HDO využíván ke stupňovité regulaci výkonu podle stanovených pravidel.

Zákazník s provozovatelem distribuční soustavy uzavírá dohodu, ve které souhlasí s tím, že v době vysokého zatížení sítě (vysoký tarif), případně krizového stavu, je odběr jeho topných spotřebičů blokován. Přínosem pro zákazníka je nižší cena v ostatní denní dobu (nízký tarif).⁶

Prostřednictvím systému HDO již dnes provozovatel distribuční soustavy řídí spotřebu na úrovni 400 - 700 TWh (zhruba 6 - 9 % zatížení) omezuje špičky diagramu zatížení soustavy, snižuje ztráty a navíc řídí výrobu v malých decentrálních zdrojích, což výrazně přispívá k optimalizaci provozu distribučních sítí. Díky HDO je distribuční soustava budována optimalizovaným způsobem za minimálních investičních nákladů. [25]

Tento systém tak v sobě skrývá základní myšlenky Smart Grids. Pomocí vysílače a přijímače signálu HDO je systém v případě krize schopen regulovat spotřebu u připojených uživatelů. Přestože je to jen jedna složka z celého konceptu, v oblasti zabezpečení je tento systém velice praktický a funkční. Nevýhodou je, že k HDO nejsou připojeni všichni účastníci na poli energetiky. Dalším faktem je, že zatím funguje jen v rámci země a tak nezabezpečuje hrozící přeshraniční riziko.

⁶ **ČEZ Distribuce. 2013.** Hromadné dálkové ovládání. [Online] 2013. [Cited: listopad 17, 2013.] <http://www.cezdistribuce.cz/cs/technicky-dispecink/hromadne-dalkove-ovladani.html>.

2.2. Zavedení konceptu Smart Grids v České republice

Přestože je rámcově popsán koncept Smart Grids na úrovni Evropské unie, není jednoduché najít nejlepší způsob jeho integrace v prostředí České republiky. Každý energetický systém je velice specifický z pohledu energetického mixu, rozložení/kapacita/zabezpečení rozvodné soustavy, skladby spotřebitelů, atd.

Protože je to oblast velice málo flexibilní, zavést jakékoli změny je dlouhodobým procesem. Prakticky není možné „ze dne na den“ přetvořit celý systém. Je nutné změny zavádět postupně, v rámci rekonstrukcí a modernizací. Aby bylo ovšem dosaženo cíle, je třeba ho určit a sjednotit. Odborníci z oblasti energetiky se snaží sjednotit přístup české republiky ke konceptu a nalézt platformu, která by měla účinnost napříč celým energetickým systémem. [26]

Ve následující části bude popsána problematika zavádění konceptu SG (myšleno i dílčí části konceptu) v rámci ČR z pohledu tří hlavních oblastí. A to zavádění na úrovni přenosové, distribučních a lokálních distribučních soustav.

2.2.1. SG na úrovni přenosové soustavy

Provoz a řízení přenosové soustavy v České republice zajišťuje společnost ČEPS. Ta v rámci rozvoje, údržby a modernizace rozvodné sítě realizuje projekty jako WAMS, SCOPT, E-sada, TSC, funkcionality TRIS, jejichž úkolem je zajistit síť chytřejší, spolehlivější, kapacitnější a zkvalitňují její provoz, údržbu a dispečerské řízení. [27]

WAMS - Rozdíl fázových úhlů napětí v různých místech přenosové sítě indikuje stav, ve kterém se tato síť nachází a umožňuje dřívější odhalení poruch a nežádoucích stavů, které mohou vést k rozdělení sítě na ostrovní provoz (Islanding) nebo dokonce k výpadkům dodávky elektrické energie (Blackout) [28]

- **E-sada - Obsahuje systémy pro správu a údržbu výrobního zařízení, pro řízení kontinuální výroby a pro podporu fakturace komodit i řízení zakázek projektového typu.**
- TSC - Bezpečnostní spolupráce provozovatelů přenosových soustav
- funkcionality TRIS - sjednoceného dispečerského řídicího systému.

Jelikož v České republice existuje pouze jeden provozovatel přenosové soustavy, je tak poměrně snadné na této úrovni provádět jednotné, efektivní a celoplošné změny. ČEPS investovala do vývoje nového monitorovacího systému a dosáhla tak nejen zvýšení bezpečnosti, ale zároveň i snížení nákladů. (podrobněji v kapitole 3.)

2.2.2. SG na úrovni distribučních soustav

Problematikou Smart Grids na úrovni distribučních soustav se zabývá jak ČEZ distribuce, tak E.ON distribuce i PRE distribuce. V materiálu Aktualizace státní energetické koncepce České republiky z července 2012 je uveden pokyn: Zajistit do r. 2030 v distribučních soustavách obnovu a rozšíření prostředků pro dálkové řízení spotřeby, distribuované výroby a akumulace energie na bázi principů inteligentní sítě a inteligentního měření s cílem optimálního využití a spolehlivosti distribučních soustav. [29]

V periodiku Energetika na to reaguje Richard Habrych a Gabriela Jarolímková vyjádřením: „Jakým konkrétním způsobem má být tohoto cíle dosaženo již koncepce neřeší, je však zřejmé, jakým směrem se má trend provozování distribučních sítí ubírat a že se jedná o velmi diskutované téma Smart Grids.“ [30] Dále uvádějí, že možné rozdělit distribuční soustavy z hlediska charakteru odběru na sítě, které zásobují energií především malé a střední odběratele a na tzv. lokální distribuční soustavy velkých průmyslových podniků. Na základě pilotního projektu AMM⁷ v rámci ČEZ lze podle nich konstatovat, že za současných podmínek v České republice není v sítích maloodběratelů rentabilní plošná investice do Smart Meteringu.

2.2.3. Zpráva MPO⁸ o ekonomickém vyhodnocení zavedení AMM

Jak bylo již zmíněno výše, zpracovalo Ministerstvo průmyslu a obchodu dokument s názvem **Ekonomické posouzení všech dlouhodobých přínosů a nákladů pro trh a jednotlivé zákazníky při zavedení inteligentních měřicích systémů v elektroenergetice ČR**. Dokument se zaměřuje na vedení vysokého a nízkého napětí a popisuje:

- 1) Stávající situaci elektroenergetice, včetně systému HDO, popisu technologického principu jeho fungování, způsobu jeho využívání, geneze nasazení a optimalizace diagramu zatížení
- 2) Očekávaný vývoj spotřeby a zhodnocení potenciálu pro řízení spotřeby
- 3) Uvažované varianty zavedení AMM v elektroenergetice ČR, fáze projektu a harmonogram
- 4) Kvalitativní vyhodnocení přínosů, nákladů a rizik

⁷ pokročilý (inteligentní) systém měření (Advanced Metering Management)

⁸ Ministerstvo průmyslu a obchodu

- 5) Investice a náklady zavedení AMM
- 6) Zkušenosti z pilotních projektů z hlediska technologie i legislativy, přínosy pro obchodníky a zákazníka
- 7) Ekonomické vyhodnocení zavedení, srovnávání variant, vyhodnocení souladu s doporučením Evropské Unie
- 8) Doporučení pro zavedení inteligentního měření v elektroenergetice ČR

Pro řízení spotřeby se v ČR v současné době uplatňuje systém HDO, který umožňuje řízení výkonu na úrovni 400 - 700 MW (zhruba 6 - 9 % zatížení). V oblasti roční energie toto řízení může představovat 4 - 7 TWh. Další možnosti řízení spotřeby, nad rámec dnešního stavu, na úrovni maloodběru budou jen omezené. I pro případ plného využití celého potenciálu přímého a nepřímého řízení se bude jednat jen o minimální navýšení dnešního stavu řízení spotřeby v ČR pomocí systému HDO. Reálné využití nepřímého řízení spotřeby (tj. dobrovolná reakce zákazníka na nové cenové signály) na úrovni maloodběru bude malé a bude determinováno možnostmi cenové motivace zákazníků.

Využití inteligentních systémů a prvků pro podporu řízení bilanční rovnováhy ES ČR je omezené, více perspektivní se ukazuje tzv. přímé řízení spotřeby prováděné v současné době pomocí HDO. Z výše popsaného vyplývá, že charakter uvažovaného nepřímého řízení nevyžaduje přímo využití inteligentního měření. Je nutné zdůraznit, že pouhá instalace systému inteligentního měření požadovaná směrnicí 2009/72/ES musí být doplněna adekvátním rozvojem a modernizací přenosové a distribučních soustav. [29]

2.2.3.1. Závěrečné doporučení

Výsledné vyjádření k ekonomickému vyhodnocení projektu je v závěrečném doporučení:

Na základě tímto ekonomickým posouzením provedeného kvalitativního a ekonomického vyhodnocení záměru zavedení inteligentního měření v ČR a s přihlédnutím k dosavadním výsledkům a zkušenostem z probíhajících pilotních projektů v ČR i instalací v některých zemích EU se v ČR doporučuje následující:

- Nezahajovat plošné zavedení AMM do roku 2018 a pokračovat v provozování a technologickém vývoji cestou pilotních projektů.
- Rozšířit možnosti využití současného systému HDO doplněním o tarify bez přímého řízení spotřebičů, založené pouze na předávání ekonomických signálů zákazníkům.

Současně stimulovat další zákazníky k zapojení do systému HDO a využití rozšířené nabídky tarifů.

- Průběžně sledovat další technologický vývoj v oblasti inteligentních sítí a inteligentního měření zejména z hlediska vývoje parametrů a cen klíčových komponent, důležitých pro rozhodování o zahájení přípravy a zavedení AMM.
- Do r. 2017 stanovit národní komunikační standardy, standardy měřicích zařízení a hlavních prvků systému AMM a nastavit technické a legislativní podmínky pro zajištění kybernetické bezpečnosti systému AMM.
- Vyhodnotit vhodnost a zejména efektivitu zavedení inteligentního měření nejpozději do roku 2017.
- Do roku 2018 zpracovat na základě vyhodnocení pilotních projektů a vyhodnocení dopadu rozšíření využívání systému HDO plán implementace inteligentního měření jako součást projektu inteligentních sítí v ČR.

2.2.3.2. Odůvodnění doporučení

V ČR jsou oproti ostatním zemím, které zvažují zavádění AMM, jiné výchozí podmínky. Je využíván dvoutarifní produkt pro vytápění elektřinou a akumulární ohřev vody, v praxi funguje účinné a spolehlivé řízení spotřeby (vyhlazení špiček) pomocí HDO. Díky fungujícímu systému zálohových plateb se nevyskytuje zásadní problém s řízením s neplatiči, netechnické ztráty jsou na nízké úrovni. Je plně funkční systém operátora trhu. Lze tedy konstatovat, že významnou část přínosů, které vedou jiné státy k zavedení AMM, již jsou v ČR k dispozici a účastníci trhu je aktivně využívají. Systém je díky své robustnosti vysoce odolný proti kybernetickým útokům a vyznačuje se vysokou spolehlivostí.

Technologie výroby a aplikační vybavenosti komponent pro zavedení AMM (měřidla a jejich periferie, telekomunikace) nejsou dosud na úrovni, která dává záruku efektivního, spolehlivého a cenově přijatelného nasazení a poté provozování s vyšší pravděpodobností dosažení očekávaných přínosů. Systém HDO plní většinu funkcionalit očekávaných v jiných zemích EU až po zavedení AMM.

Podmínky pro konkurenci na trhu s elektřinou a současný stav s HDO dovoluje tvorbu a nabídku řady tarifů a cenových variant pro konečné zákazníky a tím i značné rozšíření počtu zákazníků využívajících cenové a tarifní signály v rámci prosté obměny měřidel a s využitím existujícího systému řízení, tedy bez nároků na dodatečné investice. To vše za důsledného plnění podmínek nediskriminačního přístupu k sítím.

Oblast služeb poskytovaných zákazníkům a přizpůsobování jejich skutečným potřebám a požadavkům a vyvinutí motivačních nástrojů pro široké uplatnění možností AMM si vyžádá mnoho času v období projektové a marketingové přípravy.

Případné zavedení AMM v podmínkách ČR v současné době není ekonomicky efektivní, s nepříznivým dopadem jednak do hospodaření provozovatelů soustav a zejména do regulovaných cen pro konečné zákazníky. Většina přínosů očekávaných směrnicí a doporučeními EK⁹ je již realizována existujícím systémem HDO pro řízení spotřeby, zátěže a tarifů s tím, že dalším rozšířením počtu řízených odběrních míst lze snadno a rychle dosáhnout dodatečných efektů s minimálními nároky na investice.

Národní legislativní podmínky a technické normy je třeba pečlivě připravit pro zavedení AMM tak, aby v průběhu přípravy a zavádění nemohlo docházet k nejasnostem nebo nedorozuměním a aby byla zajištěna bezpečnost a ochrana dat.

Podmínky pro zajištění ekonomické výhodnosti zavedení AMM

Z ekonomického hodnocení vyplývá, že pro technicky, technologicky a ekonomicky úspěšné zavedení AMM v ČR je nevyhnutelné, aby bylo dosaženo změny více parametrů a podmínek oproti stavu, který je znám v čase zpracování tohoto ekonomického posouzení.

Jedná se zejména o:

- Podstatné snížení cenové úrovně technických komponent systému AMM, včetně ICT¹⁰ infrastruktury systému AMM, na základě dalšího technologického vývoje při souběžném zvýšení provozní spolehlivosti a snížení požadavků (nákladů) na běžnou údržbu a vlastní spotřebu elektřiny. Prioritně jde o samotná měřicí zařízení a jejich periferie, resp. moduly pro všechny předpokládané funkcionality,
- Snížení prostorové náročnosti (miniaturizace) komponent systému AMM, které musí být instalovány do rozvaděčů a transformačních stanic. Touto cestou lze snížit investiční výdaje na úpravy, a výměny zařízení vyvolané zaváděním AMM
- Výrazné zvýšení bezpečnosti a spolehlivosti, přenosové rychlosti a kapacity komunikačních služeb poskytovaných telekomunikačními operátory při souběžném snížení cen pro poskytování datových služeb
- Vyřešení schopnosti inteligentních měřicích zařízení a jejich periférií plnohodnotně převzít funkcionality současného HDO a tím vyloučení souběžného užívání obou systémů

⁹ Evropská komise

¹⁰ Informační a komunikační technologie

- Dosažení konvergence a integrity záměrů rozvoje systémů Smart Grids a AMM při vynaložení minima technických a finančních prostředků,
- Přezkoumání optima četnosti pravidelných odečtů měřicích zařízení z hlediska všech účastníků trhu s elektřinou jak z hlediska fungování tržních mechanismů, tak z hlediska jejich nákladů,
- Vyřešení odolnosti komunikačního systému AMM proti kybernetickým útokům a rozsáhlým poruchám. [29]

Podle zprávy vydané MPO je koncept Smart Grids tak, jak je zatím vnímán jednoznačně nevhodný. Česká republika je v Evropě unikátní díky dlouholetému využívání systému HDO a staví se proti povinnému centrálnímu zavedení konceptu Smart Grids spolu s Belgií a Litvou. Portugalsko se zatím staví nerozhodně.

Podle mého názoru ovšem existuje v konceptu využitelný potenciál. Myšlenky, které lze využít v prostředí České republiky. Problém je v tom, že má spojení Smart Grids velice široký význam a není jednoznačně řečeno, jak ho chápat. Do jaké míry dodržet parametry, aby se stále ještě jednalo o Smart Grids.

Mnoho odborníků se ke konceptu vyjadřuje jednoznačně odmítavě. Je zde nějaký prostor k využití potenciálů, který koncept má a najít nejvhodnější aplikaci dílčích myšlenek? Nyní je práce odborníků v oblasti energetiky, aby dokázali správně nastavit parametry, vytvořili nový koncept nejlépe využitelný v prostředí české energetiky.

Odborník na tuto problematiku Ing. Iří Roubal¹¹ se v časopise Energetika vyjadřuje následovně: „Smart Grids jsou mnohými považovány za uměle vytvořený koncept, pro který nevytváří současná energetika prostor k jeho uplatnění. Faktem však je, že současný či blízký budoucí vývoj energetiky před nás staví a bude stavět jednu nelehkou úlohu za druhou. Ve všech oblastech energetiky můžeme nalézt celou řadu situací, které nejsou těmi metodami, které má dnešní energetika k dispozici řešitelné bez toho, že by se více či méně zásadním způsobem změnily dosavadní koncepty. Otázkou pak je, jakými metodami je měnit. Jeden po druhém ad-hoc pro každý jeden případ nebo koordinovaně, koncepčně s ohledem na maximální využití vložených nákladů, sinergií či maximální sdílení infrastruktury?“ [31]

¹¹ Ing. Jiří Roubal je vedoucí obchodního oddělení TECHSYS HW a SW, a.s., koordinátor projektů vědy a výzkumu, Česká technologická platforma, má mnoho let zkušeností ve vývoji nových technologií ve společnosti ABB a.s.

Roubal zdůrazňuje, že je možné využít systém měření na celé úrovni energetické soustavy, nejen u cílového zákazníka. Stejně jako to udělala společnost ČEPS vytvořit kvalitní monitorovací, vyhodnocovací a řídicí systém zahrnující jednotlivé prvky soustavy. Zajistit tak nejen vyšší bezpečnost a kvalitu dodávky, ale současně díky přesným datům zvýšit rozvodné kapacity sítí a dosáhnout tak úspor. Jak vyplývá z hodnocení ČEPS, který již inteligentní monitorovací systém zavedl, dosahuje jak vyššího zabezpečení, tak úspor.

2.2.4. Jednotná měřicí platforma

Pozornost by se tak měla přenést na celý systém a ne pouze na cílové zákazníky (resp. dosažení úspor na základě změn rozložení spotřeby). Je podle něj potřeba vytvořit jednotnou platformu, na kterou budou napojeni všichni účastníci trhu s elektrickou energií. Dále je také potřeba, aby účastníci tuto myšlenku přijali za svou a v rámci průběžné modernizace a rekonstrukcí postupně implementovali zařízení, které bude možné jednotně využívat v rámci společné platformy. Týká se to technologických objektů jako zákazník, dodavatel, akumulace ¹², dodavatel specifických (podpůrných) služeb/regulace, připojovací místo, transformátorní stanice, spínací stanice, atd.

Řešení je rozdělené do 3 vrstev:

- 1) Technologická úroveň
- 2) Komunikace
- 3) Monitorování, vyhodnocování, řízení, jištění, právy, diagnostiky, údržby [31]

2.2.5. SG na úrovni lokálních distribučních soustav

Habrich a Jarolímková ve článku Implementace Smart Grids v lokálních distribučních soustavách průmyslových podniků uvádějí, jaké možnosti koncept Smart Grids nabízí při vhodně zvoleném zacílení.

„V příspěvku, který předkládáme, je provedeno zamyšlení nad efektivností realizace a provozování Smart Grids v LDS¹³ velkých průmyslových podniků, neboť se domníváme, že vzhledem k velikostem odběru mohou mít významnější vliv na regulaci výkonové odchylky v soustavě a mohou odběratelům ušetřit významnější finanční prostředky. Otázkou zůstává, do jaké míry budou velkoodběratelé ochotni se do tohoto systému odkládání spotřeby i přes finanční motivaci zapojit, jinými slovy do jaké míry budou ochotni zaměnit svoje zaběhlé způsoby chování.

¹² Jedná se o akumulace spotřeby i dodávky, v této oblasti je prostor k vývoji

¹³ Lokální distribuční systém

Důvody pro implementaci SG v LDS průmyslových podniků:

- Existence řady odběratelů různého typu od velkých hutních odběrů až po malé dílny a administrativní budovy
- Existence vlastní výroby elektřiny a významného potenciálu pro instalaci OZE
- Snaha velkoodběratelů významně snižovat svoje náklady na pořízení elektřiny
- Stoupající nároky na kvalitu napájení v některých LDS, z důvodu připojování odběratelů s citlivou elektronikou (minimalizovat vyšší harmonické, kolísání napětí, nesymetrie zatížení, atd.)
- S nárůstem instalace OZE v LDS riziko častějšího výskytu nevyžádané dodávky do/z DS a s tím související platby
- Existence relativně snadného dosažení jednotného systému řízení výroby, spotřeby a distribuce elektřiny v rámci LDS
- Zastaralost technického vybavení některých lokálních distribučních soustav při plánovaných modernizacích/rekonstrukcích soustav možnost uplatnění principů SG
- Mohou být rozděleny do několika samostatně napájených segmentů, které lze vzájemně více či méně propojovat

Prvním krokem zavedení SG do LDS je pak podle Habricha a Jarolímkové vytvořit jednotný systém řízení, dále je potřeba zajistit motivaci odběratelů k vlastní výrobě elektřiny, vytvořit nový obchodní model, uplatnit vyšší programové funkce k zajištění bezpečnosti, spolehlivosti a hospodárnosti LDS, vývoj a instalace systémů pro snížení celkové spotřeby elektřiny.“ [30]

3. Model konceptu Smart Grids

„Smart Grids je elektrická síť, která spojuje hospodárné chování a jednání všech uživatelů do ní připojených, tak aby se zajistil ekonomicky efektivní, udržitelný energetický systém s vysokou úrovní kvality, spolehlivosti dodávky a bezpečnosti“ [19]

Hlavní cíl Smart Grids je to, aby byla zajištěna **vyšší bezpečnost dodávky elektrické energie**, respektive aby nenastal **Blackout**. A právě Blackoutu se v souvislosti s rozšiřováním obnovitelných zdrojů elektrické energie provozovatelé rozvodných, zejména přenosových soustav obávají nejvíce.

Jestliže tedy budeme považovat jako hlavní smysl Smart Grids zajistit vyšší bezpečnost, je možné uvažovat takový model, který není založen pouze na principu řízení spotřeby (DSM). Jak již bylo řečeno v kapitole 2.2.3, existuje v České republice systém HDO, který dokáže zajistit v dostatečné míře řízení spotřeby a nepředpokládá se, že by nainstalování „chytrých měřičů“ do všech domácností zvýšilo možnosti řízení spotřeby.

Princip měření a monitorování je ovšem možné aplikovat i jinou formou za účelem dosažení vyšší bezpečnosti. V dokumentu SmartGrids SRA 2035 je specifikováno 6 oblastí výzkumných témat včetně klasifikací jejich priorit. Kromě oblasti nazvané Maloobchod a spotřebitelé, obsahuje také oblast nazvanou Integrované systémy (Pozorovatelnost a řízení, akumulace, ...) nebo oblast Přenosových a distribučních systémů (Monitorovací a řídicí technologie pro monitoring).

Ve své práci budu hodnotit ekonomickou efektivitu modelu konceptu Smart Grids. Mým úkolem bylo nalézt takový model konceptu, který bude možné ekonomicky vyhodnotit. Na konferenci Smart Grids dne 4. 12. 2013 zazněl názor, že principy Smart Grids lze efektivně uplatit i pro přenosovou soustavu.

Možností pohledu na koncept je mnoho, já jsem pro přehlednost definovala dva velké možné přístupy následujícím způsobem:

Smart Grids z pohledu koncových zákazníků – Instalovat tzv. „chytré měřiče“ do všech domácností, pomocí tržního systému motivovat zákazníky k odběru v době potřeby (nevyváženosti v síti). Vyrovnávat tak digram zatížení regulací spotřeby.

Smart Grids z pohledu přenosové/distribuční soustavy – pomocí monitorovacího systému soustavně sledovat stav jednotlivých prvků sítě. Předcházet tak neočekávaným výpadkům, nezvratným poškozením a zároveň zvýšit bezpečnost.

Začala jsem se tedy více zajímat na to, jakým způsobem inovuje ČEPS přenosovou soustavu vy smyslu konceptu Smart Grids. Odpovědí pana inženýra Vrby [27] na tuto

otázku bylo: „Problematikou Smart Grids se u nás zabýváme pouze v souvislosti s přenosovou soustavou. Jedná se o projekty typu WAMS, SCOPT, E-sada, TSC, funkcionality TRIS, které činí naši síť chytřejší, spolehlivější, kapacitnější a zkvalitňují její provoz, údržbu a dispečerské řízení.“

Na již zmíněné konferenci vystoupil pan inženýr Chrástek [32] s přednáškou Optimalizace provozních a investičních nákladů monitoringem provozního stavu zařízení. Jedná se o software eSADA a AROPO, které byly vyvíjeny speciálně pro potřeby společnosti ČEPS.

Ve své práci budu tedy hodnotit využitelnost zmíněného monitorovacího systému pro distribuční soustavu.

3.1. Využití principů Smart Grids ve společnosti ČEPS

Posláním společnosti ČEPS je zajišťovat **spolehlivé provozování** a rozvoj přenosové soustavy, mezinárodní spolupráci v rámci propojených soustav a poskytovat uživatelům přenosové soustavy přenos elektřiny, systémové služby a nediskriminační přístup k přenosové soustavě za konkurenceschopné ceny. Společnost zajišťuje systémové, přenosové, podpůrné služby, dispečerské řízení a zahraniční spolupráci.

Systémové služby jsou činnosti ČEPS, kterými zajišťuje kvalitu a spolehlivost dodávky elektřiny na úrovni přenosové soustavy a plnění mezinárodních závazků a podmínek propojení elektrizační soustavy ČR. Kvalitou se rozumí zejména parametry frekvence a napětí, definované Kodexem PS. Spolehlivostí dodávky se rozumí nepřerušenosť dodávky v odběrných místech z PS definovaná průměrným počtem a trváním dílčích výpadků dodávky v jednotlivých předacích místech.

Přenosové služby spočívají v zajištění přenosu elektrické energie z míst výroby do míst spotřeby, a to jak v rámci ČR (vnitrostátní přenos), tak i do a ze zahraničí (přeshraniční přenos). Pomocí PpS je možno korigovat rozdíly mezi odběrem a výrobou, a to změnami spotřeby či výkonů výroby.

Dispečerské řízení je činností technického dispečinku ČEPS, která přispívá k naplňování základního poslání společnosti ČEPS, k zajištění spolehlivého a bezpečného provozu elektrizační soustavy ČR. [33]

Vzhledem k současnému trendu zvyšovat míru spotřeby elektrické energie vyrobené z obnovitelných zdrojů (OZE) je činnost společnosti ČEPS čím dál komplikovanější a zároveň podstatnější. Jelikož není možné OZE (resp. fotovoltaické a

větrné elektrárny) efektivně regulovat, zvyšuje se potřeba na regulační kapacity. V České republice je z naprosté většiny regulována výroba. Existuje zde sice kvalitní a vyvážený energetický mix, díky němuž je možné výkyvy výroby vznikající díky obnovitelným zdrojům regulovat, i přesto se však naše země potýká s rizikem Blackoutu čím dál častěji. Proto se snaží společnost ČEPS nalézat inovace, které pomohou k udržení spolehlivého provozu, kvalitní a bezpečné dodávce elektrické energie. Jak již bylo řečeno v kapitole 0, podle ETP je účelem Smart Grids *efektivně zajistit udržitelnou, ekonomickou a bezpečnou dodávku elektrické energie. Využít inovativní produkty a služby společně s inteligentním monitorováním, ovládáním, komunikací a automatizovanými technologiemi.*

3.2. Systém ACM – Automatický Centrální Monitoring

Společnost ČEPS vyvíjela společně s společnostmi EG Expert, VUT¹⁴ v Brně, ZČU¹⁵ v Plzni, EGU a Siemens od roku 2004 systém s cílem dosáhnout výše zmíněného. Projekt byl z části financován MPO¹⁶ a dle slov pana Petra Spurného ze společnosti ČEPS bylo díky systému dosaženo vyššího zabezpečení kvality dodávky elektrické energie a současně snížení nákladů. Přičemž návratnost investice¹⁷ byla pouze dva roky. [34]

Jak je vidět na Obrázek 6, bylo využito stávajícího řídicího systému SAP. V tomto systému jsou zadány konkrétní parametry vedení a ty jsou postoupeny do SW eSADA. Jedná se o určitou platformu, která sbírá a vyhodnocuje informace podle matematického a statistického algoritmu, výstupem jsou data, která popisují stav jednotlivých prvků v síti. Systém sbírá informace také z monitorovacího systému silových transformátorů, řídicího systému rozvodu, SW pro plánování odstávek nebo expertních analýz. Data jsou stahovány jednou za den a to v průběhu noci. Jsou zaznamenány všechny změny a nestandardní situace (zapnutí/vypnutí, překročení maximálního zatížení, atd.) Jestliže se nevyskytne žádná taková událost, je stažena informace z 0:00. [35]

¹⁴ Vysoké učení technické

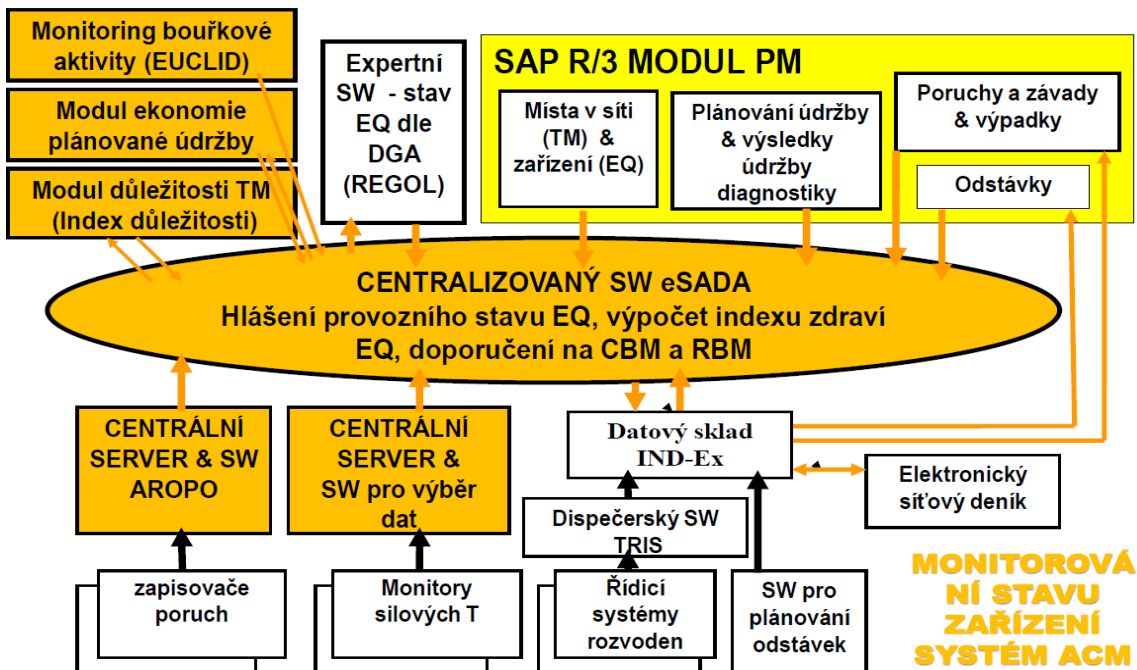
¹⁵ Západočeská univerzita

¹⁶ Ministerstvo průmyslu a obchodu

¹⁷ Prostá doba návratnosti

Obrázek 6: Schéma monitorovacího systému ACM
 Chrástek, Trutnov, spol. EG Expert, 21. 3. 2014

Zdroj: Josef



3.2.1. Specializovaný software eSADA

Specializovaný SW eSADA je jednoduchý, uživatelsky přátelský systém k prohlížení databáze zařízení centrálního informačního systému SAP a výsledků monitorování. Jedná se o aktivní analytický a výpočtový systém pro kontrolu, vyhodnocení provozu a doporučení údržby.

„Monitoring vedení“ poskytuje přehled o nálezech zjištěných při kontrolách vedení na technických místech vedení a jejich úsecích a dále vybavení úseků (stožáry, fázové vodiče, izolátorové závěsy, zemní lana a optokabely). Evidenční data technických míst a vybavení jsou primárně spravována v systému MAWIS v přehledném soupisu. [36]

3.2.2. Moduly SW AROPO

Informace zpracovávají moduly softwaru AROPO (automatické rozpoznání zhoršeného provozního stavu zařízení nebo jeho nadměrného nebo nestandardního zatížení), které mají za úkol vyhodnotit zadaná data a vytvořit potřebný konkrétní výstup.

Jedná se o následující moduly:

Moduly odhalování závad

MODUL PRURAZ: rozpoznání průrazů vypínačů při vypínání (odhaleno 11 případů u 9 vypínačů, 4 vypínače vyměněny)

MODUL PREST: rozpoznání předzápalů vypínačů při zapínání (odhalen 1 vypínač)

MODUL QMCAS: rozpoznání nepřipustného zpoždění funkcí mezi póly vypínače (odhaleny 4 vypínače (problém způsoben vypínacími cívkami))

MODUL PETAN: rozpoznání proražených polepů kapacitních PTN (odhaleno 10 případů, všechny PTN vyměněny), rozpoznání problémů v sekundárním vinutí induktivních PTN (2 případy – 1 vyměněn, 1 opraven)

MODUL FREK: rozpoznání poruch antirezonančního obvodu kapacitních PTN (2 případy)

Moduly odhalování nestandardního zatěžování

MODUL FERRO: rozpoznání stavu ferorezonance v síti (odhaleno 15 polí rozveden, u 1 změna fyzického uspořádání, u ostatních změna spínací sekvence)

MODUL ASYNCHRON: rozpoznání nesynchronního spínání v síti a monitorování s tím spojeného zatížení průchozím proudem

MODUL SATUR: rozpoznání nasycení jader PTP, které může mít za následek nesprávnou reakci a funkci ochran

MODUL PREP: monitorování provozních přepětí a rozpoznání přepětí neúměrně namáhajících izolaci

MODUL NARAZ: monitorování zatížení transformátorů nárazovým proudem

Moduly zatěžování zkratovým proudem

MODUL ZKRAT: monitorování zatížení zařízení průchodem zkratového proudu

MODUL VPROUD: monitorování proudů vypnutých vypínačem – výpočet $\sum i^2 t$ a porovnání s limitní hodnotou

3.2.3. Monitoring bouřkové aktivity EUCLID

ČMES¹⁸ poskytuje každých 5 minut informace o bouřkové aktivitě, polohu (v souřadnicích). Systém eSADA zpracuje a vyhodnotí, jestli nějakého vedení. Vznikne záznam (
)**, který informuje o bouřkové aktivitě a vzdálenost od nejbližších vedení. Současně má systém význam predikce, informuje o hrozbě bouřkové aktivity a provozovatel sítě se tak může vyhnout operacím, které bouřka ohrožuje. Systém spojí evidenci poruch, závad a**

¹⁸ Česká meteorologická společnost

výpadků s bleskovou aktivitou, což lze využít při reklamaci. Porucha takto způsobená nemá zaviněnou příčinu a vzniká tak nárok na reklamaci.

Tabulka 3: Záznam aktivity atmosférických výbojů v okolí vedení

Zpět

Aktivita atmosférických výbojů v okolí vedení

Období: 13.5.2011 00:00:00 - 13.6.2012 23:59:59 M R KR
 Vedení: ... Druh: ...
 + - Vybírat Vyprázdnit

Počet záznamů: 52426 Stáhnout data Export

Vedení	Datum ↓	Amplituda [kA]	Druh	Vzdálenost od			Konec		Zeměpisná	
				vedení [m]	konec A [m]	konec B [m]	A	B	šířka [°]	délka
V402_	20.1.2012 11:18:04	-32,3	mrak - mrak	963	76142	11434	KRASÍKOV	PROSENICE	49,5058	17,
V413_	20.1.2012 11:18:04	-32,3	mrak - mrak	906	272932	10834	ŘEPORYJE	PROSENICE	49,5058	17,
V401_	20.1.2012 08:49:05	-3,2	mrak - zem	638	5662	98162	TÝNEC NAD LABEM	KRASÍKOV	50,0395	15,
V471_	20.1.2012 08:49:05	-10,8	mrak - zem	456	0	8768	EL. CHVALETICE	TÝNEC NAD LABEM	50,0259	15,
V471_	20.1.2012 08:49:05	-3,2	mrak - zem	587	2890	5878	EL. CHVALETICE	TÝNEC NAD LABEM	50,0395	15,
V471_	20.1.2012 08:49:05	-12,1	mrak - zem	167	0	8768	EL. CHVALETICE	TÝNEC NAD LABEM	50,028	15,
V471_	20.1.2012 08:49:05	-10,4	mrak - zem	257	0	8768	EL. CHVALETICE	TÝNEC NAD LABEM	50,0278	15,
V471_	20.1.2012 08:49:05	-12,4	mrak - zem	262	0	8768	EL. CHVALETICE	TÝNEC NAD LABEM	50,0276	1,
V471_	20.1.2012 08:49:05	-15,8	mrak - zem	413	0	8768	EL. CHVALETICE	TÝNEC NAD LABEM	50,026	1,
V471_	20.1.2012 08:49:05	-11,1	mrak - zem	176	0	8768	EL. CHVALETICE	TÝNEC NAD LABEM	50,0279	15,
V471_	20.1.2012 08:49:05	-9,6	mrak - zem	268	0	8768	EL. CHVALETICE	TÝNEC NAD LABEM	50,0277	15,
V472_	20.1.2012 08:49:05	-10,8	mrak - zem	476	0	8767	EL. CHVALETICE	TÝNEC NAD LABEM	50,0259	15,
V472_	20.1.2012 08:49:05	-3,2	mrak - zem	587	2889	5878	EL. CHVALETICE	TÝNEC NAD LABEM	50,0395	15,
V472_	20.1.2012 08:49:05	-12,1	mrak - zem	181	0	8767	EL. CHVALETICE	TÝNEC NAD LABEM	50,028	15,

3.2.4. Index zdraví (provozní stav) zařízení a index důležitost

Index zdraví lze považovat za údaj složený z dílčích údajů vzniklých určených pomocí jednotlivých modulů. Pomocí statistické metody je zvaženo **Stáří zařízení, Kumulativní zatížení zařízení, Aktuální stav zařízení, Provozní historie zařízení, Historie technologického typu, Udržovatelnost a opravitelnost typu**. Index důležitosti je vytvořen expertním šetřením.

Vynásobení těchto dvou indexů tak vznikne informace a stavu jednotlivých prvků. Pro řídicí orgán je to doporučení, kdy a v jakém pořadí je potřeba oprava nebo výměna prvků. Před vznikem tohoto systému se vycházelo z doby životnosti nebo se řešily komplikace v síti, které již nastaly. S tímto systémem je možné vycházet z reálného stavu prvku, opravy a výměny méně zatížených prvků v dobrém stavu tak mohly být posunuty. Zároveň zasáhnout a opravit nebo vyměnit prvek, u kterého (například dlouhodobým přetěžováním) hrozí výskyt poruchy. Soustava tak může být lépe připravená a předcházet nepředvídaným situacím.

ČEPS používá ve své přenosové soustavě 47 ks vypínačů stejného technického typu s rokem výroby 1988 až 1991. V Kodexu byla stanovena generální oprava těchto vypínačů po 20 letech jejich užívání. Po jejím provedení u 2ks těchto vypínačů byl zjištěn velmi dobrý stav vypínacích komor těchto vypínačů a bylo rozhodnuto o monitorování přes systém ACM a provádění diagnostiky každých 5 let. **Další generální opravy těchto vypínačů byly zastaveny.**

3.3. Přínosy systému ACM

Krátkodobé:

- Odhalení nestandardního chování (závad) nebo zatěžování jednotlivých zařízení, a tím prevence poruch zařízení a výpadků přenosových objektů
- Poskytování dat pro řešení příčin poruch zařízení, což umožňuje ve většině případů dopátrat se příčiny, vést expertní jednání s výrobcí (vč. reklamací) a předejít dalším poruchám podobného druhu

Střednědobé:

- Plánování výkonové údržby, sledování zatěžování zařízení a překračování jejich jmenovitých parametrů, výpočty nepohotovostí částí sítě, sledování poruchovosti a výpočty spolehlivostních parametrů (včetně modelování křivek stárnutí), vyhodnocení výkonů a příkonů na předávacích místech, sledování a vyhodnocování atmosférických přepětí v síti, zpracování dat o vedeních a polích rozveden pro určení mezní zatížitelnosti pro dispečerské řízení, modelování strategií údržby

Dlouhodobé:

- Monitorování kumulativního zatěžování všech zařízení a výpočet jejich indexu zdraví, důležitosti a rizika (= index zdraví x index důležitosti), a tím stanovení priorit zásahů údržby a obnovy. [32]

4. Ekonomické vyhodnocení modelu konceptu Smart Grids

4.1. Sběr informací a dat

V první části své práce jsem se snažila vytvořit představu o tom, co to znamená koncept Smart Grids, jaké jsou základní myšlenky, směry a přístupy k tomuto konceptu. Snažila jsem se nalézt reálně využitelný model konceptu Smart Grids, který budu následně ekonomicky vyhodnocovat.

V průběhu sběru informací jsem ovšem zjistila, že má původní představa o konceptu byla značně zkreslená a v dnešní době v prostředí české energetiky v podstatě nerealizovatelná ať už z ekonomického či technologického hlediska.

Následovala další fáze sekundárního výzkumu, ve které jsem zjišťovala méně známé (respektive velice aktuální) informace. Účastnila jsem se konferencí a dotazovala jsem se odborníků z oboru energetiky na problematiku Smart Grids. V té době jsem zjišťovala, že na to má spousta lidí velice odlišné názory. Zvláště mě zaujalo, že nezáleželo na tom, jak hluboké mají k dané otázce znalosti. Z toho vyplývalo, o jak nejednoznačnou problematiku se jedná, téměř bych se odvážila přirovnat jí k jakési filosofii.

Každopádně jsem se dozvěděla o tom, že společnost ČEPS instalovala systém ACM (viz kapitola 3.1). Absolvovala jsem konzultaci ve společnosti ČEPS u pana Spurného [33], který mi detailně popsal, jak probíhal vývoj systému, jaké byly potřeby společnosti, přínosy a úspory. Další konzultace proběhla v Trutnově v sídle společnosti EG Expert u pana inženýra Chrástka [34], kde jsem získala další podrobné informace o systému.

Jelikož mi systém přišel velice zajímavý, zjišťovala jsem, jestli něco podobného existuje v distribučních společnostech v České republice a s překvapením jsem zjistila, že i přes to, že se jednotlivé distribuční společnosti zajímají o Smart Grids, investují do různých systémů a dalších inovací, žádný podobný zatím nemají.

V další části mé práce následuje vyhodnocení systému ACM.

4.1.1. Specifikum společnosti ČEPS

Vzhledem k tomu, jak specifické postavení má společnost ČEPS na trhu, není primárním cílem dosažení maximálního zisku/obratu, podílu na trhu nebo růst/expanze.

Primárním cílem je zajištění bezpečné a kvalitní dodávky elektrické energie a s tímto vědomím je také třeba uvažovat ekonomické vyhodnocení projektů.

Řada efektů, které systém ACM přináší je již shrnuta v kapitole 3.3., přičemž ale většinu z nich není možné jednoduše vyčíslit. Na druhou stranu se stále jedná o ekonomický subjekt, který je majetkem státu, pracuje s určitým rozpočtem a je přinejmenším žádoucí, aby byl výsledek hospodaření kladný. Proto je také třeba aktivity společnosti monitorovat a vyhodnocovat ekonomické efekty, které přinášejí.

4.2. Metoda ekonomického hodnocení

Metoda, která byla zvolena pro ekonomické vyhodnocení systému ACM, porovnává náklady na vývoj a implementaci systému s ekonomickými výnosy - vzniklými úsporami. Výchozí varianta je původní stav přenosové soustavy, bez zavedení systému ACM. K tomu, aby bylo možné porovnávat varianty, je třeba znát ekonomické efekty projektu vztažené k jednomu určitému roku. Ke sjednocení hodnot z různých časových období slouží metoda NPV - Net Present Value, neboli Čistá současná hodnota.

$$NPV = \sum_{t=1}^{T\check{z}} CF_t \cdot (1+r)^{-t} - IN \quad (1)$$

kde:

CF Cash Flow (peněžní tok v daném roce)

r diskontní míra

t pořadí roku od počátku investice

IN délka porovnávaného projektu (doba životnosti) (více viz Příloha 2.)

Jedná se o kriteriální maximalizační funkci. Proto:

$$NPV \rightarrow \max$$

V případě, že v porovnávaných variantách nevznikají žádné výnosy (popřípadě jsou stejné výnosy pro obě varianty) lze použít k výpočtu nákladové NPV, které porovnáním nákladů zjistí předpokládanou úsporu pro jednu z variant. V tom případě:

$$NPV \rightarrow \min$$

Úspory, které vznikají společnosti ČEPS byly vyhodnoceny právě pomocí nákladového NPV.

Dalším důležitým vztahem je vzorec pro budoucí hodnotu (FV = future value)

$$FV_{t1} = PV_{t2} \cdot (1 + r)^t \quad (2)$$

FV_{t1} Budoucí hodnota investice vytažená k roku t_1

PV_{t2} Present value - původní porovnávaná hodnota investice v roce t_2

t pořadí roku od roku, ke kterému je porovnání vztaženo

Hodnocení bylo provedeno k roku 2014. Systém byl vyvíjen a postupně implementován od roku 2004 a první změny řádu preventivní údržby vytvořeny k roku 2008.

4.3. Hodnocené varianty

4.3.1. Původní plán – Varianta č. 1

Údržbové práce v přenosové soustavě jsou prováděny dle Řádu preventivní údržby. Popis činností pro jednotlivé druhy a typy zařízení jsou popsány v odpovídajících adresných přílohách. Ty obvykle obsahují obecné informace o zařízení, informace o značení (viz. Tabulka 3), popis prací a period údržbových prací, diagnostických zkoušek a monitorovacího systém (sw ACM).

Nejnákladnější jsou obvykle operace označené F00 (generální údržba pohonu), F50 (generální údržba kontaktního systému) a D00 (běžná údržba). Tyto operace jsou standardně prováděné na základě doporučení výrobce - časová perioda, po překročení Σ počtu výkonových operací, po překročení počtu CO cyklů (VYP-ZAP) nebo na základě vyhodnocení výsledků diagnostických zkoušek ED0 nebo EF0.

Tabulka 4: Značení typů údržbových prací, Zdroj: ČEPS, a.s.

ZNAČENÍ TYPŮ ÚDRŽBOVÝCH OPERACÍ

1. písmeno: Označení dle ŘPÚ

A	Pochůzková kontrola
B	Funkční zkouška
C	Prohlídka
D	Běžná údržba
E	Diagnostika
F	Generální údržba (revize)

2.místo: Specifikace

S	Spínací systém vypínačů
---	-------------------------

K	Kabely
U	Uvádění do provozu
G	Kontrola před koncem záruky
0	Celková

3. místo: Perioda

0	Základní perioda
1	Další perioda

Příklady:

D00	Běžná údržba (D) celková (0) v základní periodě (0)
ED0	Diagnostika (E) prováděná při běžné údržbě (D) v základní periodě (0)
FS0	Generální údržba (revize) (F) spínacího systému (S) v zákl. periodě (0)
F00	Generální údržba (revize) kontaktního systému

4.3.2. Nový plán s uvažovaným systémem ACM – Varianta č. 2

Společnost ČEPS začala využívat systém ACM již v průběhu jeho vývoje. A to nejen k monitorování soustavy, ale také k jejímu řízení (např. určování mezní zatížitelnosti pro dispečerské řízení). Na základě ročních zpráv (Hodnocení událostí zařízení PS¹⁹ za daný rok, Plán vypínání zařízení PS na daný rok) nebo podnikatelských plánů, ve kterých vznikly pro konkrétní typy zařízení rozhodnutí o dočasné úpravě period ŘPÚ²⁰ nebo úpravě obsahu vybraných operací ŘPÚ. Zmíněné dokumenty (roční zprávy a podnikatelské plány) obsahují výsledky revizí určitých vybraných zařízení a doporučení k dalšímu postupu.

Společnost ČEPS vydala zatím celkem 4 rozhodnutí, která mění ŘPÚ a to v letech 2008, 2010, 2012 a 2013. Rozhodnutí mají platnost pro zařízení konkrétního typu, roku výroby a výrobce. V tabulce 4 je přehled zařízení a jejich množství.

V letech 2008 měla být provedena generální údržba pohonu vypínačů typu S1-245 s rokem výroby 1988. Jednalo se o 65 kusů. Na základě revizí komor 6 vypínačů provedených v letech 2007 a 2008 bylo učiněno rozhodnutí o tom, že bude nahrazena operace F00 (generální údržba) nahrazena operacemi D00+ED0+EF0 a operacemi ED0+EF0 (viz tabulka 5) prováděnými každých dalších 5 let a současným monitorováním zatěžování a funkcí vypínačů pomocí systému ACM. Operace F00 bude provedena u

¹⁹ Přenosová soustava

²⁰ Řád preventivní údržby

jednotlivých pólů vypínačů až v případě, že výsledky ED0+EF0 nebo ACM odhalí zhoršený stav vypínací komory. Ve zprávách AREVA je uvedeno, že komory byly v bezvadném stavu a že velkou údržbu vyžadoval pouze stav pohonu. Provádění velkých revizí komor, pokud to není potřebné, může celkový stav vypínačů naopak zhoršit. ²¹

Rozhodnutí platí současně pro dalších 84 vypínačů stejného typu s rokem výroby 1989, 1990 a 1991. Podobná rozhodnutí, i když v menší míře vznikala v roce 2010 a 2012.

Další změny ŘPÚ²² provedla společnost ČEPS v roce 2013, kdy bylo vydáno rozhodnutí o nahrazení invazivní generální revize v Rozvodně Chodov neinvazivní generální údržbou. V případě rozvodny Chodov se již nejednalo pouze o vypínače, ale také o odpojovače a uzemňovače. (viz tabulka 6)

Tabulka 7: Zařízení, kterých se týkají změny ŘPÚ; zdroj: ČEPS, a.s.

Rok vydání rozhodnutí	Název	Prvek	Rok výroby	počet ks
2008				
2008	Vypínač: QM1	S1-245	1988	59
2008	Vypínač: QM1	S1-245	1989	68
2008	Vypínač: QM1	S1-245	1990	7
2008	Vypínač: QM1	S1-245	1991	9
2010				
2010	Vypínač, QM1	S1-123	1989	1
2012				
2012	Vypínač: QM1	ELFSL_4-2	1983	6
2013				
2013	Vypínač: QM1	V.I.S.B3 AR23	2000	1
2013	Vypínač: QM1	V.I.S.B3 AR23	1991	17
2013	Odpojovač: Q1/2	V.I.S.B3	1991	42
2013	Uzemňovač: QE6	V.I.S.B3-EF01	1991	15
2013	Uzemňovač: QE1/2	V.I.S.B3-EM01	1991	33

Změny plánu generální údržby byly provedeny pro zmíněné typy a druhy prvky, které se blíží/blížily momentu, kdy měla být provedena generální údržba. V současné době se plánují další změny jak pro novější prvky, tak pro další typy zařízení.

²¹ AP č. 3, 5, 11, rozhodnutí o změnách, ceník, Vypínače, Zdroj: Společnost ČEPS

²² ŘPÚ - řád preventivní údržby

4.3.3. Scénáře / diskuze

Existuje několik variant, které mohou nastat. Uvažujme nejprve, dvě hlavní varianty: 1) Původní plán (bez systému ACM) a 2) Variantu se systémem ACM. Ke každé z těchto variant existují další možné scénáře.

1) Původní plán:

- a. Prvek funguje bez problémů, běžná/ generální údržba je provedena podle ŘGÚ, popřípadě dle plánovaných pravidelných diagnostických prací. Poté prvek zase funguje bez problémů až do té doby, kdy:
 - i. Je doporučeno provést údržbu, nebo prvek vyměnit
 - ii. Nastane **nepředvídaná porucha** prvku
- b. Nastane porucha prvku ještě před provedením GÚ

Výskyt neplánované poruchy s v naprosté většině případů projeví až **při výpadku prvku**, je tak způsobena neplánovaná nedodávka elektrické energie, čímž vzniknou náklady jak na straně dodavatele (ztráty z tržeb, náklady na zapojení záložního zdroje, přepojení na jiné vedení, na opravu zařízení...), tak odběratele (ztráty z nerealizované výroby, režimové ztráty, náklady na opravu zařízení). [37]

2) Varianta se systémem ACM:

- a. Prvek funguje bez problémů, generální údržba je nahrazena diagnostickými pracemi, díky nimž je možné naplánovat údržbu konkrétních prvků dle jejich reálného stavu („šitou na míru“)
 - i. Monitorovací systém zaznamenává změny stavu prvku a vygeneruje doporučení k údržbovým pracím, které je možné s předstihem **naplánovat a připravit**. Je tak možné **zmenšit rozsah poruchy**, respektive náklady
 - ii. Nastane nepředvídaná porucha, které by bylo možné předejít, kdyby byla provedena odložená generální údržba - tato varianta je vysoce nepravděpodobná vzhledem k podstatě celého systému
- b. Nastane porucha prvku ještě před provedením (či neprovedením) GÚ - v naprosté většině případů je zaznamenána dřív, než se plně projeví

Hlavním rozdílem mezi těmito dvěma variantami je to, že první varianta minimalizuje výskyt problémových stavů na základě **prevence**, zatímco druhá varianta na základě **soustavné diagnostiky**, což je levnější a zároveň je dosaženo vyššího efektu. Nezanedbatelným efektem je také to, že při generální údržbě musí být prvek odstaven

z provozu, zajištěn náhradní prvek a navíc může revize stav nepoškozených zařízení celkově zhoršit (viz zpráva ALSTOM k revizi zařízení v rozvodně Chodov).²³

Nejčastější příčina, která před zavedením systému ACM způsobovala poruchu vypínačů přibližně ze 70% byl nesouhlas pólů. Ten způsoboval opotřebení část. V současnosti je tento problém identifikován již ve fázi závady. Již nepřipadá v úvahu, aby na základě opotřebení v cívkách a sekundárních obvodech vznikla nečekaná porucha.

Prvky, pro které platí rozhodnutí, jsou zpravidla takové, u kterých by bylo provedení generální údržby velice nákladné v porovnání k ceně nového prvku. Současně se již blíží době ukončení užívání a do té doby je výhodnější intenzivnější sledování neinvazivním způsobem. Přelomovým obdobím je 20. - 24. rok užívání prvku, ve kterém bývá obvykle plánovaná generální údržba, zatímco obvyklá doba ukončení užívání zařízení je mezi 23. - 29. rokem užívání. Cena generální údržby vypínačů je průměrně 61% z ceny nového vypínače, což je evidentně nepřiměřené vzhledem k době, o kterou se prodlouží užívání prvku.²⁴

4.3.4. Předpoklady hodnocení

Před instalací systému ACM nebylo možné jednoduše rozhodnout o neprovedení generální údržby, zatímco nyní je to možné. Systém generuje informace, které jednoznačně popisují stav zařízení a společnost ČEPS má tak k dispozici jednoznačné a relevantní argumenty k rozhodování.

V minulosti bylo tedy nutné provést generální údržbu, aby bylo možné prvek dále používat, přičemž byla doba využívání prodloužena průměrně o 3 - 7 let. Projekt je proto hodnocen v krátkých periodách, které přibližně odpovídají době prodloužení životnosti zařízení.

Veškeré činnosti, které jsou uvažovány ve výpočtech, jsou určeny časově, je zanedbáno hledisko výkonových operací (dosažený počet CO cyklů, atd.)

Zanedbáme poruchy, které vznikají vlivem nepředvídatelných vnějších jevů, jako jsou blesky, vichřice, atd. Tyto poruchy nastávají v obou variantách. Na druhou stranu, nastane-li vlivem vnějších vlivů jen částečná porucha (změna na prvku), která nezpůsobí výpadek, není bez soustavné diagnostiky rozpoznatelná. V tomto případě je systém ACM jednoznačně výhodný, protože vygeneruje varovný signál a následné doporučení k dalším krokům. Tato výhoda ovšem nebude ve vyhodnocení zahrnuta. Stejně tak nebudou

²³ Rozhodnutí 1_2013 - Zapouzdřená rozvodna Chodov_P2.docx, Zdroj: ČEPS, a.s.

²⁴ Dokumenty Ceník údržby, Přehled vypínačů a Třídy SAP, Zdroj: ČEPS, a.s.

zahrnuty varianty, ve kterých by nastaly jiné nepředpokládané poruchy (technického rázu). Vzhledem k tomu, že výskyt takových poruch je rizikovější a nákladnější ve variantě bez systému ACM, není pravděpodobné, že by bylo díky tomu zjednodušení vyhodnocení zavádějící a zvýhodňovalo druhou variantu.

Hodnocení počítá prozatím pouze se zmíněnými prvky, přičemž do budoucna se plánuje rozšířit množství zařízení, pro které bude upravený ŘPÚ. Úspory vzniklé díky zavedení systému by měly tedy narůstat, ovšem pro účely tohoto hodnocení budu uvažovat periodické opakování ekonomických efektů hodnoceného projektu.

4.4. Vstupy hodnocení

4.4.1. Diskont, inflace

Při hodnocení projektu, který přináší ekonomické efekty v období delším, než je jeden rok, je třeba peněžní toky převést na porovnatelné hodnoty. Toho docílíme diskontováním. Diskontované peněžní toky (dále DCF) odpovídají úrovni peněžní hladiny v daném roce, ke kterému porovnání vztahujeme. Aby bylo možné vypočítat NPV projektu, je třeba správně určit diskont (r).

Ve výpočtech použijeme reálný diskont, vzhledem k tomu, že ceny činností údržby jsou v reálných cenách a tedy zahrnut vliv inflace. Výše diskontu byla stanovena společností ČEPS. Budoucí odhady vycházejí z předpokladů České národní banky. Průměrná uvažovaná diskontní míra za hodnocené období je 0,64 %. (Příloha č. 1: Vývoj diskontní míry a inflace 200 - 2013). Tato hodnota je ovlivněná jak povahou investice (cílem je zajistit bezpečnost a kvalitu dodávky elektrické energie), tak financováním investice (z většiny je pokryto dotací MPO).

Inflace jako všeobecný růst cenové hladiny působí znehodnocení peněz. Při přepočtu vypočítané částky na cenovou hladinu roku 2014 bylo použita míra inflace, kterou uvádí ČSÚ.²⁵

4.4.2. Náklady

Doba vývoje a implementace systému je 8 let. Projekt vznikl jako pokračování snah společnosti ČEPS modernizovat přenosovou soustavu. Navázal na předchozí, již probíhající aktivity společnosti. Není jednoduché jednoznačně stanovit časové rozložení

²⁵ Český statistický úřad, <http://www.czso.cz>

nákladů. Jak vidíme v Tabulka 8, byla hlavní část financována z dotace poskytnutým ministerstvem průmyslu a obchodu.

Náklady na správu, servis a aktualizace systému jsou označeny jako stálé provozní náklady (Nps). Společnost ČEPS úzce spolupracuje se společností EG Expert, která má na starosti provoz softwaru eSADA.

Tabulka 8: Typy nákladů projektu

Investiční náklady		Ni
Dotace MPO + vklad Siemens	24 985 000 Kč	
Náklady spol. ČEPS	7 243 000 Kč	
Ni celkem	32 228 000 Kč	
Provozní náklady		Np
Np	2 000 000 Kč/rok	

Jelikož není známo přesné časové rozložení vynaložených nákladů, byl výpočet zjednodušen tak, že jsou náklady rozděleny rovnoměrně na 8 let, během kterých systém vznikal. Celé vyhodnocení je vztaženo k roku 2014, proto jsou do výpočtu zahrnuty i následné roční provozní náklady. Peněžní toky (dále jen CF) byly diskontovány reálným diskontem, protože ceny za činnosti byly také v reálných cenách. Uvažujeme tedy výpočet nákladového NPV bez vlivu inflace.

Tabulka 9: Výpočet NPV projektu k roku 2004

Diskont [%]	0,64											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Rok	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	
Ni [Kč]	4 028 500	4 028 500	4 028 500	4 028 500	4 028 500	4 028 500	4 028 500	4 028 500				
Np [Kč]									2 000 000	2 000 000	2 000 000	
CF [Kč]	4 028 500	4 028 500	4 028 500	4 028 500	4 028 500	4 028 500	4 028 500	4 028 500	2 000 000	2 000 000	2 000 000	
DCF [Kč]	4 028 500	4 002 948	3 977 558	3 952 329	3 927 260	3 902 350	3 877 598	3 853 003	1 900 739	1 888 683	1 876 703	
NPV [Kč]			37 187 670									
Míra inflace[%]			2,54									
FV k roku 2014 [Kč]			47 789 457									

Aby bylo možné porovnat náklady na investici s výnosy (resp. úsporami), je nutné znát hodnoty vztažené ke stejnému roku. V našem případě se jedná o rok 2014. Pomocí vzorce pro budoucí hodnotu (dále jen FV) byla hodnota NPV převedena k roku 2014. Inflace použitá k této operaci je 2,54 %.²⁶

$$FV = 37\,187\,670 \cdot (1 + 0,0254)^{10}$$

$$FV = 47\,789\,457$$

4.4.3. Výnosy

V následující části jsou finančně vyčísleny dvě porovnávané varianty, které byly podrobněji popsány v kapitole 4.3. Jak je ve zmíněné kapitole vysvětleno, bylo vyčíslení výnosů značně zjednodušeno a uvažovány jsou pouze náklady na plánované činnosti. Za výnosy projektu je považována úspora, která vznikla jako rozdíl nákladů obou variant.²⁷

4.4.3.1. Stanovení úspor v letech 2008, 2011 a 2012

Celková úspora vznikla jako součet úspor 4 popsaných projektů (změn ŘPÚ). Nejprve byla pomocí NPV vypočtena úspora pro každý projekt zvlášť a poté byly hodnoty pomocí metody FV vztaženy k roku 2014. Dále následuje postup výpočtu úspory v roce 2008. Postup v letech 2011 a 2012 byl srovnatelný.

Nejprve bylo třeba porovnat Adresnou přílohu č. 5 (dále AP 5) s Rozhodnutím o změně 2008 (dále RT 2008). Podle těchto dokumentů a Ceníku údržbových prací byly vytvořeny dvě porovnávané varianty. Jelikož se jednalo o vypínače s různým rokem výroby, bylo potřeba rozdělit výpočet do skupin dle roku výroby. Jednalo o 4 skupiny s rokem výroby 1988 - 1991 a celkový počet vypínačů byl 143 ks. Následoval výpočet nákladů pro jednotlivé varianty (původní plán bez systému ACM a varianta se systémem ACM) dle ceníku údržbových činností.²⁸

Generální údržba (revize a kontrola kontaktního systému) FS0 stojí cca 100 000 Kč⁴⁵ a dle původního plánu měla být provedena po 20 letech provozu zařízení. FS0 byla nahrazena D00 (běžná celková údržba) + ED0 (revize pohonu) + EF0 (diagnostické měření) provedeními po 20 letech provozu vypínače, operacemi ED0 + EF0 prováděnými

²⁶ Český statistický úřad, <http://www.czso.cz>

²⁷ Varianta bez systému ACM - Varianta se systémem ACM; první varianta vykazovala vždy vyšší náklady

²⁸ Nebylo povoleno, aby byly zveřejněny konkrétní hodnoty údržbových činností

každých 5 let a současným monitorováním pomocí systému ACM. Podrobný rozpis (s upravenými – záměrně zkrácenými hodnotami) se nachází v

Rok výroby 1988	Počet ks	59						
Rok		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Stáří zařízení [let]								
Ceny ÚP [Kč]	20	21	22	23	24	25	26	27
D00	42	42						
ED0	20	20					20	
F00	50	50						
FS0	50	50						
EFO	10	10					10	
NÁKUP	180							
	CF	172	0	0	0	0	0	0
	CF	122	0	0	0	0	30	0
Rok výroby 1989	Počet ks	68						
Rok		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Stáří zařízení [let]								
Ceny ÚP [Kč]	19	20	21	22	23	24	25	26
D00	42		42					
ED0	20		20					20
F00	50		50					
FS0	50		50					
EFO	10		10					10
NÁKUP	180							
	CF	0	172	0	0	0	0	0
	CF	0	122	0	0	0	0	30
Rok výroby 1990	Počet ks	7						
Rok		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Stáří zařízení [let]								
Ceny ÚP [Kč]	18	19	20	21	22	23	24	25
D00	42			42				
ED0	20			20				
F00	50			50				

FSO	50			50				
EFO	10			10				
NÁKUP	180							
	CF	0	0	172	0	0	0	0
	CF	0	0	122	0	0	0	0
Rok výroby 1991	Počet ks	9						
Rok		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Stáří zařízení [let]		17	18	19	20	21	22	23
Ceny ÚP [Kč]		17	18	19	20	21	22	23
D00	42				42			
ED0	20				20			
F00	50				50			
FSO	50				50			
EFO	10				10			
NÁKUP	180							
	CF	0	0	0	172	0	0	0
	CF	0	0	0	122	0	0	0
CF 1. varianty		172	172	172	172			
DCF 1. varianty		172	162	152	143	0		
CF 2. varianty		122	122	122	122	0	30	30
DCF 2. varianty		122	115	108	101	0	22	21

Bylo vypočítáno CF každé varianty zvlášť jako součet hotovostních toků pro roky 2008 - 2014.

Tabulka 10: CF dvou variant v letech 2008 - 2014²⁹

Rok	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
CF 1. var. [Kč]	31 435 495	36 230 740	3 729 635	4 795 245	0	0	0
DCF 1. var. [Kč]	31 435 495	36 000 934	3 682 472	4 704 576	0	0	0
CF 2. var. [Kč]	22 491 862	25 922 824	2 668 526	3 430 962	0	5 806 367	6 692 084

²⁹ Fialová barva znázorňuje variantu se systémem ACM, původní varianta je tučným písmem a kurzívou. Jestliže je písmo současně fialové, tučné a kurzívou, tak je práce provedena v obou případech

Dále následoval výpočet NPV vztaženého k roku 2008, diskontovaný součet CF za jednotlivé roky. Použit byl reálný diskont vzhledem k tomu, že ceny údržbových prací jsou v reálných cenách.³⁰ Diskontní míra byla stanovena jako průměrná hodnota z let 2008 - 2013, uvedených společností ČEPS:

$$r = 0,64 \%$$

$$NPV 1. varianty = \frac{31\,435\,495}{1 + 0,64^0} + \frac{36\,230\,740}{1 + 0,64^1} + \frac{3\,729\,635}{1 + 0,64^2} + \frac{4\,795\,245}{1 + 0,64^3}$$

$$NPV 1. varianty = 75\,823\,477$$

Náklady obou variant za uvažované období jsou v Tabulce 11. Vznikla **úspora 9 506 394 Kč**. Tuto částku bylo třeba upravit o vliv inflace na cenovou hladinu roku 2014 využitím vztahu pro FV (viz. str. 42)

Tabulka 11: Úspora vzniklá snížením nákladů na údržbu

NPV 1. varianty	75 823 477 Kč
NPV 2. varianty	66 317 083 Kč
ÚSPORA	9 506 394 Kč
FV k roku 2011	10 065 287 Kč

4.4.3.2. Stanovení úspor v roce 2013 v rozvodně Chodov

Úspora, která vznikla v roce 2013, byla již odhadnuta společností ČEPS. Pan ing. Milan Sedláček, jeden z předních odborníků v oblasti údržby zařízení společnosti ČEPS vyčíslil úsporu na 45 mil. Kč = 75 % z původních předpokládaných nákladů. (viz Tabulka 12)

Tabulka 12: Vyčíslení úspory na údržbových pracích v rozvodně Chodov

Cena částečné invazivní revize (1 komora, pohony všech pólů, odpojovače vždy jeden pól (fáze):	4 800 000 Kč
Předpokládaná cena invazivní revize pole:	10 000 000 Kč
Předpokládaná cena invazivní revize celé rozvodny::	60 000 000 Kč
Celkem	60 000 000 Kč

³⁰ V období realizace projektu zatím nebyl ceník přeceněn

Průměrná cena neinvazivní údržby pole:	1 500 000 Kč
Průměrná cena neinvazivní údržby celé rozvodny:	9 000 000 Kč
Další náklady: Endoskopie 20 % odpojovačů (v roce 2014)	3 500 000 Kč
Rezerva:	2 500 000 Kč
Celkem	15 000 000 Kč
Úspora	45 000 000 Kč

4.4.3.3. Celkové úspory

Následující tabulka obsahuje přehled předpokládaných úspor za roky 2008 - 2014. Částky jsou přepočítané k roku 2014, aby je bylo možné sečíst. K tomu byly použity inflační míry daných let.³¹

$$\begin{aligned}
 FV \text{ 1. projektu} &= 9\,506\,394 \cdot 1 + 0,063^6 * 1 + 0,01^5 * 1 + 0,015^4 * \\
 &1 + 0,019^3 * 1 + 0,033^2 * 1 + 0,0284^1 \\
 FV \text{ 1. projektu} &= 10\,904\,632
 \end{aligned}$$

Tabulka 13: Přehled úspor pro jednotlivé projekty (v Kč)

FV k roku 2014							FV
Rok	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Míra Inflace	6,30%	1,00 %	1,50 %	1,90%	3,30%	2,84 %	
Úspora 1. projektu	9 506 394						10 904 632
Úspora 2. projektu				267 398			284 067
Úspora 3. projektu				417 932			443 985
Úspora 4. projektu					45 000 000		46 278 000
Celková úspora							57 910 683

³¹ Český statistický úřad, <http://www.czso.cz>

4.5. Ekonomické vyhodnocení

V předchozích kapitolách bylo vypočítáno, že náklady projektu v období 2004 - 2014 jsou 47 789 457 Kč. Zatímco výnosy (úspory), které vznikly v letech 2008 - 2014 dosahují částky 57 910 683 Kč. Obě částky jsou přepočítané na cenovou hladinu roku 2014. Tyto částky dokazují, že je systém ACM pro společnost výhodný i z ekonomického hlediska.

Následující kapitola obsahuje ekonomické vyhodnocení projektu v dlouhodobém výhledu 24 let. Podle charakteru systému lze předpokládat, že bude minimálně takovou dobu využíván. Výsledkem bude NPV investice, které porovnáme s variantou bez zavedení systému ACM (kdy NPV = 0). Dále je možné výsledek použít k porovnání celého projektu s potenciálními podobnými plánovanými budoucími investicemi.

V dalších letech lze předpokládat výnosy ještě vyšší vzhledem k tomu, že vypočítané výnosy začaly vznikat již před dokončením vývoje systému ACM v roce 2011, kdy systém ještě nebyl plně využíván. V současné době stále probíhá implementace systému do provozních předpisů společnosti a rozšiřuje se jeho využívání. Pro odhad budoucích výnosů budeme ovšem vycházet z předpokladu periodických opakování ekonomických efektů (jedná se o střízlivý odhad).

Provozní stálé náklady jsou odhadnuty přibližně na 2 000 000 Kč ročně. Zahrnují náklady na kontroly, zásahy do databáze, vývoj a jiné úpravy. Systém je soustavně aktualizován a upravován na základě potřeb a požadavků společnosti.

Tabulka 14: Náklady systému ACM

Investiční náklady	Ni	47 789 457	Kč
Provozní náklady	Np	2 000 000	Kč/rok

Podrobný výpočet NPV této investice v období 2014 - 2028 je v příloha č. 4. **Hodnota NPV této investice je 224 285 243 Kč.** Jedná se o velmi vysokou částku, která dokládá, jak výhodné bylo pro společnost ČEPS rozhodnutí investici realizovat.

Závěr

V době, když jsem si zvolila problematiku Smart Grids jako téma své diplomové práce, považovala jsem to za velice zajímavou myšlenku, která si zaslouží více pozornosti. Spásný nápad, který zaniká v konzervativním světě energetiky. Jako každá investice, i tato má své odpůrce. Z mého pohledu se jevil odmítavý přístup spíše jako neochota vyvinout dlouhodobou, soustavnou a efektivní snahu k zavedení tohoto systému. Byla by tak přece vyřešena otázka instalace OZE a potřebná regulace. Proč nenaučit spotřebitele efektivnímu (ekonomickému, zodpovědnému) chování ve spotřebě elektrické energie, vždyť takové chování je výhodné pro všechny strany (spotřebitele, výrobce elektrické energie, provozovatele rozvodných soustav, ...). Navíc se jedná o řešení líbivé z pohledu současných „ekologických“ trendů.³²

Položila jsem si zdánlivě jednoduché otázky: **Co** se vlastně doopravdy pod termínem Smart Grids skrývá? **Jak** tato myšlenka vznikla a jaké jsou její hlavní výhody a úskalí? A zadala jsem si za cíl **ekonomicky vyhodnotit** koncept Smart Grids. K dosažení tohoto cíle bylo ovšem potřeba splnit nesnadný, ale zásadní úkol – nalézt a jasně **definovat** takový koncept, pro který bude možné vyhodnocení vytvořit.

V rámci primárního výzkumu jsem se zúčastnila řady kongresů a seminářů, které se zabývaly ať už přímo problematikou Smart Grids, nebo současnou problematikou obnovitelných zdrojů, elektromobility, atd.³³ Během toho jsem měla příležitost konzultovat problematiku s odborníky z různých oborů a vytvořit si určitý náhled na koncept Smart Grids. Zjistila jsem, že je potřeba vnímat význam sousloví Smart Grids z širšího kontextu a uvědomila jsem si, že se nejedná o nijak samospasné řešení, jak se zpočátku mohlo zdát.

Obecný, jednoduchý pohled na problematiku bývá následující: Šikovně vymyšlený systém, jak motivovat spotřebitele k ekonomickému chování. Pomocí „chytrých elektroměřičů“ se bude zjišťovat aktuální spotřeba, vytvoří se tržní cena a lidé budou mít

³² Termín „ekologický“ označuje v tomto případě současné aktivity a myšlenkové směry tzv. „ekologických aktivistů“ a zastánců těchto aktivit. Přičemž se nemusí jednat o ekologii ve svém pravém smyslu slova (věda zabývající se vztahy mezi organismy a prostředím a mezi organismy navzájem (dle definice termínu ekologie: Slovník sázích slov; <http://slovník-cizích-slov.abz.cz/web.php/slovo/ekologie>, dostupné online 5.5.2014)

³³ Konference NERS (13.11.2013), Seminář Smart Grids: Lokální distribuční soustavy- provozování, rozvoj, modernizace (4.12.2013) , Ekologický seminář (5.11.2014), Seminář Systém WAMS - Systémové řešení identifikace a řízení poruch v energetice (26.3.2014), Seminář Koncept SMART GRIDS & METERING – aktuální trend v energetice (23.4.2014)

následně možnost podle informace, kterou uvidí na svých měřicích, řídit svou spotřebu a tím ušetří. Zároveň bude dosaženo určité automatické regulace (řízení vyváženosti v elektrické síti).

Na základě dokumentu, který vydala ETP SG³⁴ v roce 2010 vznikaly první iniciativy, Evropská unie financovala výzkum a vývoj v této oblasti a první pilotní projekty. Cílem bylo určit specifika a úskalí současné energetiky jak na úrovni EU, tak na národních úrovních.

Česká republika se zapojila do pilotního projektu ve Vrchlabí, vznikla řada studií za účelem vytvořit stanovisko České republiky ke konceptu. Jak jsem ovšem ve své práci popsala, existuje mnoho důvodů, proč v kontextu české energetiky hovoříme o této myšlence jako o nevýhodné, utopické. Mimo jiné počítá s mnohými předpoklady, které jsou zatím technické nerealizovatelné (např.: Jak v jeden moment shromáždit informace o všech měřicích jednotek (v ČR cca 5 mil.) a dále tyto informace vyhodnotit a odeslat zpět?). Zásadním argumentem je existence HDO³⁵.

V roce 2013 vznikla aktualizace zmíněného dokumentu, ve kterém se odrážely posbírané poznatky. Nový dokument s výhledem do roku 2035 obsahuje také priority pro jednotlivé výzkumné oblasti. Daleko větší důraz je kladen na měřicí a monitorovací systémy na všech úrovních energetické soustavy. Zatímco většina lidí si ve spojitosti s pojmem Smart Grids představí jen tzv. chytré elektroměřiče, v dokumentu je pozornost zaměřená na měření a monitorování všech částí soustavy (všech prvků sítě).

Zaměřila jsem se tedy na tuto myšlenku a zjistila jsem, jaký přístup ke konceptu má provozovatel přenosové soustavy. Společnost ČEPS uvádí, že se v posledních přibližně deseti letech věnuje modernizaci a rozvoji měřicího a monitorovacího systému. Cílem je soustavně sledovat stav jednotlivých prvků sítě. Předcházet tak neočekávaným výpadkům, nezvratným poškozením a zároveň zvýšit bezpečnost. Jedná se například o projekty typu E-sada, AROPO, EUCLID³⁶. Jednotně jsou nazývány projekty jako systém ACM³⁷.

Systém ACM byl vyvíjen 8 let za podpory ministerstva průmyslu a obchodu. Vznikl unikátní software, který díky soustavnému monitorování prvků dokázal zajistit **zvýšení zabezpečení a kvality dodávky elektrické energie a zároveň snížit náklady**. Hlavními přínosy jsou:

³⁴ ETP SG = Evropská Technologická Platforma Smart Grids, Dokument se nazývá Strategic Deployment Document for Europe's electricity networks of the future.

³⁵ HDO = hromadné dálkové ovládání

³⁶ AROPO = automatické rozpoznání poruch, EUCLID = monitoring bouřkové aktivity

³⁷ ACM = Automatický centrální monitoring

- Prevence poruch zařízení
- Poskytování dat pro analýzu příčin poruch zařízení PS (umožňuje ve většině případů dopátrat se příčiny, vést expertní jednání s výrobcí (vč. reklamací), předejít dalším poruchám podobného druhu)
- Výpočty (ne)pohotovosti jednotlivých částí sítě vč. poskytování dat pro řešení příčin výpadků vedení PS
- Poskytování vstupních dat a doporučení pro plánování výměn (obnovy) zařízení PS
- Optimalizace technické životnosti ve vztahu ke střední očekávané životnosti skupiny zařízení
- Generování doporučení pro plánování údržby zařízení PS a modelování nákladů různých strategií
- Stanovení limitů zatěžování přenosových objektů pro dispečerské řízení
- Poskytování vstupních dat pro řízení rizik v ČEPS, a.s.
- Kontrola příkonů a výkonů v předávacích místech, poskytování vstupních dat pro optimalizaci smluv o předávaných příkonech a výkonech
- Bylo možné změnit plánování údržbových činností. Plán již není tvořen pouze na základě doporučení výrobce, ale odpovídá reálnému stavu prvků.

Není snadné ekonomicky vyhodnotit zmíněné přínosy. Společnost ČEPS měla přibližně vyčíslenu úsporu, která vznikla na základě změny plánu údržby v rozvodně Chodov.

Obsahem této práce bylo ekonomické vyhodnocení ostatních změn údržbových činností, pro které se společnost ČEPS rozhodla v letech 2008 – 2014. Byla použita hodnotící metoda NPV³⁸ (čistá současná hodnota). Vstupy hodnocení byly voleny spíše střízlivě. Uvažované náklady byly vyšší (tam, kde bylo třeba odhadnout předpokládaný vývoj) a nebyly uvažované kompletní předpokládatelné výnosy (úspory). Přesto je výsledné NPV velice vysoké.

$$\text{NPV}_{2014-2028} = 268\,658\,313 \text{ Kč}$$

Tento fakt dokazuje, že se jedná o přelomový systém, který podstatně změní způsob rozložení zdrojů společnosti vynaložených na obnovu jejích zařízení. V případě energetických subjektů je běžné, že jsou realizované i takové investice, které nepřinášejí ekonomický výnos, ale jelikož zajišťují vyšší bezpečnost provozu, tak jsou nutné. V případě této investice je unikátně dosaženo obojího.

³⁸ NPV = Net Present Value

Během své práce se můj pohled na koncept Smart Grids velice výrazně změnil. Nyní bych si troufla myšlenku Smart Grids nazvat filozofií. Skrývá v sobě spoustu potenciálu, jestliže bude správně pochopena a současně riziko, jestliže se s ní bude jednat neuváženě. Podle mého názoru se jedná o "běh na dlouho trat" a je důležité, aby se podnikaly kroky sjednocené v rámci celé energetické soustavy, jelikož se jedná o propojenou soustavu. Bezpečnost a kvalita dodávky elektřiny je nadřazená konkurenčním bojům. Proto je důležité, aby všechny subjekty vyskytující se na tomto poli určitým způsobem spolupracovaly a vytvářely společně základ pro kvalitně fungující systém (samozřejmě se stále jedná o konkurenčním prostředí). Toho se právě snaží EU docílit. Poskytuje distribučním společnostem dotace, aby se zabývali konceptem Smart Grids, aniž by bylo hlavním cílem této činnosti dosažení zisku.

Nabízí se otázka, jak se staví provozovatelé distribučních soustav k popsanému systému. Jestliže provozovatel přenosové soustavy dosahuje tak vysokých úspor, není pravděpodobné, že je to možné i v případě distribuce? Navíc, cena investice by byla daleko nižší. Dle vyjádření pana ing. Petra Šnyta ze společnosti EG Expert by se náklady na pořízení softwaru pohybovali přibližně mezi 2,5 mil a 5 mil Kč v závislosti na rozsahu soustavy. Což je v porovnání s původními náklady na vytvoření systému několikanásobně nižší částka. Navíc je systém univerzální v tom ohledu, že je možné ho napojit na jakýkoli řídicí, monitorovací a evidenční systém (je ovšem potřeba, aby takové systémy existovaly a sledované prvky s nimi nějakým způsobem komunikovaly).

Kontaktovala jsem ohledně této otázky pana inženýra Koláře³⁹, který má na starosti strategické projekty ve společnosti E.ON, abych zjistila pohled společnosti na systém ACM. Dozvěděla jsem se ovšem, že hlavním úskalím je to, že systém využívá již existující komunikační kanály. Pro distribuční soustavu, jako je E.ON by bylo možné systém využít jen na napěťové úrovni velmi vysokého napětí (110 kV). Investice by pro provozovatele DS⁴⁰ byla pravděpodobně ekonomicky velice efektivní i v případě, že by se jednalo pouze o napěťovou hladinu 110 kV. Dle pana inženýra Koláře je ovšem prioritou pro E.ON, aby byl systém využitelný na celou DS. Rozsah vedení nízkého napětí je mnohonásobně větší a k tomu, aby bylo možné systém ACM provozovat i na této napěťové úrovni by bylo potřeba instalovat velké množství měřících a komunikačních jednotek a cest. Z tohoto důvodu nemá v nejbližší době společnost E.ON v plánu systém ACM instalovat.

³⁹ Libor Kolář, Strategické projekty, E.ON Česká republika, s.r.o.

⁴⁰ Distribuční soustava

Pan Josef Raffay ze společnosti PRE mne informoval, že v jejich soustavě zatím podobný systém neexistuje. Ovšem vzhledem k její specifické technické infrastruktuře (velké množství kabelových rozvodů) nelze jednoduše porovnat PS a distribuční soustavu společnosti PRE. Bylo by potřeba provést hlubší studii. Na konferenci WAMS⁴¹ přednášeli pan Ing. Radek Hanuš, Ph.D a pan Ing. Zbyněk Brettschneider ze společnosti PRE o tom, jakým způsobem zjišťuje společnost informace o parametrech prvků soustavy a o návaznosti na vyšší funkce dispečerského řízení. Již druhým rokem se zabývají tímto systémem. Jejich úkolem je vymyslet algoritmy, jejichž pomocí lze vypočítat potřebné údaje z naměřených nebo jinak zjištěných dat. Přestože nejsou výstupy systému ACM totožné, existuje podle mého názoru možnost, že by mohl být systém pro společnost PRE výhodný.

Na konzultaci ve společnosti Amper Market byli o systému ACM informováni pan Ing. Daniel Moc a pan Ing. Jan Palaščík. Předmětem činnosti této společnosti je obchodování s elektrickou energií a rozvoj tzv. virtuálních elektráren. Současně je provozovatelem lokální distribuční soustavy. Systém je zaujal, shodli se ovšem na tom, že pro jejich LDS není zatím efektivní. Jedná se totiž o velice jednoduchou LDS s malým počtem prvků. V budoucnosti ale plánují rozšířit jejich počet svých. V současné době již probíhají jednání o pořízení dalších deseti. Otázka budoucího využití systému ACM je tedy stále otevřená.

Podle mého názoru by bylo vhodné, aby se provozovatelé distribučních, popř. lokálních distribučních soustav o tomto systému přinejmenším informovali. Vzhledem k tomu, že jsou v dnešní době kladeny nároky na to, aby se zabývali možnostmi implementace konceptu Smart Grids, mohl by být tento systém právě jednou z možných cest, jak těmto požadavkům dostát.

⁴¹ WAMS – Systémové řešení identifikace a řízení poruch v energetice, Cyklus E 2014, 26.3.2014

Zdroje:

COUFAL, Libor. Web po 20 letech: co z něj zbude pro budoucí generace? Knihovna [online]. 2009, 20(2), 17–32 [cit. 16.6.2011]. ISSN 1801–3252. Dostupné z: <http://knihovna.nkp.cz/knihovna92/0902097.htm>

[1] European technology platform for the electricity networks of the future. 2010. Strategic Deployment Document for Europe's electricity networks of the future. [Online] 2010. [Cited: Listopad 17, 2013.] <http://www.SmartGrids.eu/>.

[2] BERAN, Jaromír. Summary of priorities for Smart Grids research topics, Konference Smart Grids & Metering – Aktuální trend v energetice, Cyklus seminářů 2014, Praha 23. 4. 2014

[3] WIKIPEDIA. Rámcová úmluva OSN o změně klimatu [online]. [cit. 2013-10-17]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Rámcová_úmluva_OSN_o_změně_klimatu

[4] MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ. Rámcová úmluva OSN o změně klimatu [online]. [cit. 2013-10-17]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Rámcová_úmluva_OSN_o_změně_klimatu

[5] MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ. Kjótský protokol k Rámcové úmluvě OSN o změně klimatu [online]. [cit. 2013-10-17]. Dostupné z: http://www.mzp.cz/cz/kjotsky_protokol

[6] ČEZ. 2013. Evropský kontext. EEGI, SET Plan. [Online] 2013. [Cited: listopad 17, 2013.] <http://www.futuremotion.cz/SmartGrids/cs/index.html>.

[7] MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ. Klimaticko-energetický balíček [online]. [cit. 2013-10-17]. Dostupné z: http://www.mzp.cz/cz/klimaticko_energeticky_balicek

[8] MINISTERSTVO PRŮMYSLU A OBCHODU, odbor 05200. Státní energetická koncepce ČR [online]. 10. 5. 2010 [cit. 2013-10-17]. Dostupné z: <http://www.mpo.cz/dokument5903.html>

[9] BENEŠ, Ivan. 2011. VLIV ZMĚNY KLIMATU NA SPOLEHLIVOST ZÁSOBOVÁNÍ. Ostrava, CITYPLAN spol. s r.o., : s.n., 22, 2011.

[10] ČEZ, a.s. 2012. Smart Grids. FUTUR/E/MOTION. [Online] 2012. [Cited: Říjen 17, 2013.] <http://www.futuremotion.cz/SmartGrids/cs/index.html>.

[11] ABB. 2013. Úvod do problematiky inteligentních sítí. [Online] 2013. [Cited: listopad 17, 2013.] [http://www02.abb.com/global/czabb/czabb018.nsf/0/a5a3d03331846f55c125773d004a5ede/\\$file/Smart+grids_cz.pdf](http://www02.abb.com/global/czabb/czabb018.nsf/0/a5a3d03331846f55c125773d004a5ede/$file/Smart+grids_cz.pdf).

- [12] ROUBAL, Jiří. 2010. Fenomén Smart Grids. [Online] červen 9, 2010. [Cited: listopad 17, 2013.] [http://www02.abb.com/global/czabb/czabb018.nsf/0/ce8319694ef0b683c125773d003f67a9/\\$file/Fenomén+Smart+Grids.pdf](http://www02.abb.com/global/czabb/czabb018.nsf/0/ce8319694ef0b683c125773d003f67a9/$file/Fenomén+Smart+Grids.pdf).
- [13] European technology platform for the electricity networks of the future. 2010. Strategic Deployment Document for Europe's electricity networks of the future. [Online] 2010. [Cited: Listopad 17, 2013.] <http://www.SmartGrids.eu/>.
- [14] SITU, Lixin. 2012. Electric Vehicle Development: The Past, Present & Future. 3rd International Conference on Power Electronics Systems and Applications. [Online] 2012. [Cited: listopad 23, 2013.] <http://80.ieeexplore.ieee.org/dialog/cvut.cz/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5228601>.
- [15] KILIAN, Dominik. 2012. Competitiveness of the EU Automotive, Final Report. Chair of General Business Administration and International Automotive Management. [Online] Prosinec 19, 2012. [Cited: Listopad 22, 2013.] http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/automotive/files/projects/report-duisburg-essen-electric-vehicles_en.pdf.
- [16] AJANOVIC, Amela. 2013. Promoting environmentally benign electric vehicles, 2013 ISES Solar World Congress. Vienna University of Technology, Austria, Gussgausstr.25-29-370-3 : s.n., 2013.
- [17] MINISTERSTVO PRŮMYSLU A OBCHODU, odbor 05200. Státní energetická koncepce ČR [online]. 10. 5. 2010 [cit. 2013-10-17]. Dostupné z: <http://www.mpo.cz/dokument5903.html>
- [18] European technology platform for the electricity networks of the future. 2010. Strategic Deployment Document for Europe's electricity networks of the future. [Online] 2010. [Cited: Listopad 17, 2013.] <http://www.SmartGrids.eu/>.
- [19] HOCHMAN, Petr. ABB. 2013. Prezentace na semináři Smart Grids. Smart Grids z hlediska chránění. Praha : s.n., 2013.
- [20] ČEZ a.s. Seriál - 3. Chytrý domov. Futur emotion energie zítřka. [Online] [Cited: Prosinec 6, 2013.] <http://futureemotion.cz/cs/serial/3-chytry-domov.html>.
- [21] ČEZ a.s. 2012. Smart Grids. FUTUR/E/MOTION. [Online] 2012. [Cited: Říjen 17, 2013.] <http://www.futureemotion.cz/SmartGrids/cs/index.html>.
- [22] HOCHMAN, Petr. ABB. 2013. Prezentace na semináři Smart Grids. Smart Grids z hlediska chránění. Praha : s.n., 2013.

- [23] ENERGOSTAT. 2013. Elektroenergetika ČR / Elektřina. [Online] 2013. [Cited: říjen 17, 2013.] <http://energostat.cz/elektrina.html>.
- [24] VÍTEK, Miroslav. 1998. Dopravní energetické systémy. Ekonom, FEL, CVUT. [Online] 1998. [Cited: listopad 17, 2013.] <https://ekonom.feld.cvut.cz/web/images/stories/predmety/x16des/sylabus.pdf>.
- [25] MPO, Sekce 3000. 2012. Ekonomické posouzení přínosů a nákladů při zavedení inteligentních měřicích systémů v elektroenergetice. Ministerstvo průmyslu a obchodu. [Online] Září 4, 2012. [Cited: Prosinec 7, 2013.] <http://www.mpo.cz/dokument106754.html>.
- [26] ROUBAL, Jiří. 2013. Smart Grids v lokálních distribučních soustavách. Energetika, ČSZE, ISSN 0375-8842, Český svaz zaměstnavatelů v energetice. Měsíc, 2013, Vol. 006, 1.
- [27] VRBA, Miroslav. Interview. 2013. ČEPS. Praha, Listopad 29, 2013.
- [28] ŠÍMA, Jan. ELCOM, a.s., Ing. Stanislav Vlček, ALSTOM Grid, RNDr. Bohumil Sadecký, ČEPS, a.s., Ing. Marek Havrda, ČEPS, a.s. 2013. WAMS systémy pro monitoring elektrizační soustavy. All for power. [Online] Srpen 1, 2013. [Cited: Prosinec 7, 2013.] http://www.allforpower.cz/UserFiles/files/2011/wams_alstom.pdf.
- [29] MPO, Sekce 3000. 2012. Aktualizace státní energetické koncepce. Praha : s.n., Únor 2012.
- [30] HABRYCH, R., JAROLÍMKOVÁ, G. 2013. Implementace Smart Grid v lokálních distribučních soustavách průmyslových podniků. Energetika, ČSZE, ISSN 0375-8842, Český svaz zaměstnavatelů v energetice. Měsíc, 2013, Vol. 001.
- [31] ROUBAL, Jiří ABB. 2013. Komunikační infrastruktura. Prezentace v rámci semináře Smart Grids. Praha : s.n., 2013.
- [32] CHRÁSTEK, J.: Optimalizace provozních a investičních nákladů monitoringem provozního stavu zařízení, Prezentace na konferenci Smart Grid, Česká technologická platforma, Praha, 4. 12. 2013
- [33] ČEPS, a.s. 2013. Údaje o PS. ČEPS a.s. [Online] 2013. [Cited: 12 3, 2013.] <http://www.ceps.cz/CZE/Cinnosti/Technicka-infrastruktura/Stranky/Udaje-o-PS.aspx>.
- [34] SPURNÝ, Petr. Interview. ČEPS,a.s., Praha, Březen 7, 2014
- [35] CHRÁSTEK, Josef. Interview. Trutnov, společnost EG Expert, Březen 21, 2014
- [36] EG - Expert, s. r. o., Uživatelská příručka eSADA, Monitoring vedení, Trutnov, 2013
- [37] VASTL, Jaromír.: Materiál k předmětu MES, Přednáška č. 5 - Marginální náklady v energetické soustavě

Přílohy:

Příloha č. 1: Vývoj diskontní míry a inflace 200 - 2013, zdroj: Petr Spurný, společnost ČEPS

Rok	Reálná diskontní sazba [%]	Inflace[%]
2013	0,05	1,4
2012	0,25	3,3
2011	0,25	1,9
2010	0,25	1,5
2009	0,54	1
2008	2,49	6,3
2007	1,86	2,8
2006	1,17	2,5
2005	0,95	1,9
2004	1,22	2,8
2003	1,29	0,1
2002	2,57	1,8
2001	4,21	4,7

Příloha č. 2: Metody hodnocení investic⁴²

- **NPV (*Net Present Value*) – Čistá současná hodnota**

Výpočet diskontovaných budoucích peněžních toků za dobu ekonomické životnosti projektu, s respektováním očekávaného vývoje jednotlivých nákladových a výnosových (přesněji řečeno výdajových a příjmových) položek.

Peněžní tok (cash flow) CF vytvořený resp. čerpaný v jednotlivých letech hodnoceného období za předpokladu částečného financování úvěrem lze určit podle vztahu:

$$CF = V - N_p - N_u - D_z - N_i + DOT_t + U - S_{pl} \quad (3)$$

⁴² zdroj: Knápek, J., Starý, O., Vašíček, J.: Zásady hodnocení ekonomické efektivity ekonomických projektů, Praha, ČVUT FEL, Katedra ekonomiky [online] dostupné 31. 3. 2014, <http://efekt.xf.cz/metodikaEFEKT.pdf>

- V příjmy (tržby, úspory) plynoucí z realizace hodnocené investice
 N_p provozní výdaje (náklady na paliva a energie, mzdy, opravy a údržba, režie, ostatní)
 N_u úroky z úvěru (nákladové úroky po uvedení do provozu)
 N_i investiční výdaje (včetně úroků v době výstavby)
 DOT nevratná investiční dotace
 U investiční úvěr
 Spl úmor úvěru v době jeho splácení
 D_z daň z příjmů investora, vypočtená podle vztahu:

Hlavním kritériem hodnocení je maximalizace budoucích peněžních toků.

$NPV \rightarrow \max$

Výpočtem dle následujícího vzorce lze peněžní toky převést na sčitatelnou hodnotu s ohledem na cenu peněz v čase.

$$NPV = \sum_{t=1}^{T\check{z}} CF_t \cdot (1+r)^{-t} - IN \quad (4)$$

Kde je:

- $(1+r)^{-t}$ odúročitel při diskontní (úrokové) míře r ,
 $T\check{z}$ doba ekonomické životnosti (doba hodnocení)
 IN investiční výdaje (na počátku hodnoceného období)

Kritérium NPV umožňuje určit i **tzv. minimální cenu produkce** (tj. cenu produkce v 1. roce hodnoceného období) z podmínky $NPV = 0$. Investor v tomto případě realizuje výnos z vloženého kapitálu právě ve výši diskontu.

Příloha č. 3: Výpočet nákladových NPV variant s a bez systému ACM.⁴³

Hodnoty jsou záměrně změněné, poměry jednotlivých údržbových prací odpovídají přibližně.

		0	1	2	3	4	5	6
Rok výroby 1988	Počet ks	59						
Rok		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Stáří zařízení [let]								
Ceny ÚP [Kč]	20	21	22	23	24	25	26	27
D00	42	42						
ED0	20	20					20	
FO0	50	50						
FS0	50	50						
EFO	10	10					10	
NÁKUP	180							
	CF	172	0	0	0	0	0	0
	CF	122	0	0	0	0	30	0
Rok výroby 1989	Počet ks	68						
Rok		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Stáří zařízení [let]								
Ceny ÚP [Kč]	19	20	21	22	23	24	25	26
D00	42		42					
ED0	20		20					20
FO0	50		50					
FS0	50		50					
EFO	10		10					10
NÁKUP	180							
	CF	0	172	0	0	0	0	0
	CF	0	122	0	0	0	0	30
Rok výroby 1990	Počet ks	7						
Rok		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Stáří zařízení [let]								
Ceny ÚP [Kč]	18	19	20	21	22	23	24	25

⁴³ Fialová barva znázorňuje variantu se systémem ACM, původní varianta je tučným písmem a kurzívou. Jestliže je písmo současně fialové, tučné a kurzívou, tak je práce provedena v obou případech

D00	42				42				
EDO	20				20				
F00	50				50				
FS0	50				50				
EFO	10				10				
NÁKUP	180								
	CF	0	0	172	0	0	0	0	0
	CF	0	0	122	0	0	0	0	0
Rok výroby 1991	Počet ks	9							
Rok		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	
Stáří zařízení [let]		17	18	19	20	21	22	23	24
Ceny ÚP [Kč]									
D00	42				42				
EDO	20				20				
F00	50				50				
FS0	50				50				
EFO	10				10				
NÁKUP	180								
	CF	0	0	0	172	0	0	0	0
	CF	0	0	0	122	0	0	0	0
CF 1. varianty		172	172	172	172				
DCF 1. varianty		172	162	152	143	0			
CF 2. varianty		122	122	122	122	0	30	30	
DCF 2. varianty		122	115	108	101	0	22	21	

Příloha č. 4: Výpočet NPV projektu s výhledem do roku 2028

Perioda	6 let								
Úspora k roku 2014		57 910 683 Kč							
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Rok	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Úspora [Kč]	57 910 683						57 910 683		
Náklady k roku 2014									
Ni [Kč]	47 789 457								
Np [Kč]	2 000 000	2 000 000	2 000 000	2 000 000	2 000 000	2 000 000	2 000 000	2 000 000	2 000 000
CF[Kč]	57 910 683	-2 000 000	-2 000 000	-2 000 000	-2 000 000	-2 000 000	55 910 683	-2 000 000	-2 000 000
DCF [Kč]	57 910 683	-1 987 314	-1 974 709	-1 962 184	-1 949 738	-1 937 371	53 816 343	-1 912 872	-1 900 739
	9	10	11	12	13	14	15	16	
Rok	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	
Úspora [Kč]				57 910 683					
Náklady k roku 2014									
Ni [Kč]									
Np [Kč]		2 000 000	2 000 000	2 000 000	2 000 000	2 000 000	2 000 000	2 000 000	2 000 000
CF [Kč]		-2 000 000	-2 000 000	-2 000 000	55 910 683	-2 000 000	-2 000 000	-2 000 000	-2 000 000
DCF [Kč]		-1 888 683	-1 876 703	-1 864 800	51 800 455	-1 841 218	-1 829 540	-1 817 935	-1 806 405
	17	18	19	20	21	22	23	24	
Rok	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	
Úspora [Kč]		57 910 683						57 910 683	
Náklady k roku 2014									
Ni [Kč]									
Np [Kč]		2 000 000	2 000 000	2 000 000	2 000 000	2 000 000	2 000 000	2 000 000	2 000 000
CF [Kč]		-2 000 000	55 910 683	-2 000 000	-2 000 000	-2 000 000	-2 000 000	-2 000 000	55 910 683
DCF [Kč]		-1 794 947	49 860 078	-1 772 249	-1 761 008	-1 749 838	-1 738 739	-1 727 710	47 992 386
NPV [Kč]	224 285 243								