



Využití Smart meteringu v systému zúčtování elektrické energie

Smart Metering utilization in energy settlement systems

Bakalářská práce

Studijní program: Elektrotechnika, energetika a management

Studijní obor: Aplikovaná elektrotechnika

Autor diplomové práce: Jiří Vastl

Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. Zdeněk Müller, Ph.D.

České vysoké učení technické v Praze
Fakulta elektrotechnická
katedra elektroenergetiky

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student: **Jiří Vastl**

Studijní program: Elektrotechnika, energetika a management
Obor: Aplikovaná elektrotechnika

Název tématu: **Využití Smart Meteringu v systému zúčtování elektrické energie**

Pokyny pro vypracování:

1. Stávající systém zúčtování elektrické energie HDO a TDD
2. Systém smart meteringu
3. Porovnání obou systémů z pohledu zákazníka
4. Závěr

Seznam odborné literatury:

- [1] Carvallo, Andres.. The advanced smart grid : edge power driving sustainability / Boston : Artech House, c2011.
- [2] Machowski, Jan. Power system dynamics : stability and control / 2nd ed. Chichester Hoboken : Wiley, c2008.
- [3] Das, J. C.. Power system analysis : short-circuit load flow and harmonics / New York: Dekker.

Vedoucí: doc. Zdeněk Müller Ing., Ph.D.

Platnost zadání: do konce zimního semestru 2017/2018

doc. Ing. Zdeněk Müller, Ph.D.
vedoucí katedry



prof. Ing. Pavel Ripka, CSc.
děkan

V Praze dne 18. 4. 2016

PROHLÁŠENÍ

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

V Praze dne _____

Jiří Vastl

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji především vedoucímu mé bakalářské práce doc. Ing. Zdeňku Müllerovi, Ph.D., za cenné připomínky a věcné rady. Dále bych rád poděkoval společnosti E.ON za zapůjčení měřícího zařízení a v neposlední řadě mé rodině a všem, kteří mě podporovali.

Název bakalářské práce:

Využití Smart meteringu v systému zúčtování elektrické energie

Abstrakt:

Tato práce se zabývá systémy zúčtování elektrické energie, první část práce popisuje fungování stávajícího systému hromadného dálkového ovládnání, v druhé části se zaměřuje na teoretický princip smart meteringu. Dále je nastíněna vize nového zúčtovacího systému využívající technologii smart metering. Pro nový systém zúčtování jsou použity časově proměnné ceny z vnitrodenního trhu s elektřinou, uvedené na webu Operátora trhu, které mohou být považovány za dynamický tarif. Nový systém zúčtování je v praktické části práce demonstrován na spotřebě rodinného domu. Práce je zakončena celkovým srovnáním obou systémů z pohledu konečného zákazníka.

Klíčová slova:

HDO, Smart metering, PLC, inteligentní měření spotřeby, chytré elektroměry, AMM, dynamický tarif

Bachelor's Thesis title:

Smart Metering utilization in energy settlement systems

Abstract:

The thesis is focused on smart metering system and ripple control. The first theoretical part describes function of ripple control. The second theoretical part presents smart metering technology with introduction of a new system of energy settlement. The new system of energy settlement use prices in the intraday market which are published on Electric grid operator's website. The system can be considered as a dynamic tariff. The system of energy settlement is demonstrated on consumption of the family house. The comparison of both systems is demonstrated in the final part of the thesis.

Key words:

Ripple control, Smart metering, Smart meters, AMM, PLC, dynamic tariff

Obsah

Seznam zkratk	1
Úvod.....	3
1 Aktuální systém zúčtování elektrické energie HDO a TDD	5
1.1 Princip stávajícího systému.....	5
1.1.1 Typové diagramy dodávky (TDD).....	5
1.2 HDO.....	7
1.2.1 Vlastnosti systému HDO.....	7
1.2.2 Typická koncepce moderních systémů HDO.....	8
1.2.3 Vysílač signálu HDO	9
1.2.4 Přijímač HDO.....	10
1.2.5 Systémy ovládané systémem HDO	11
1.2.6 Ovládání pro energetické účely.....	11
1.2.7 Ovládání pro veřejné účely	11
1.3 Subjekty zúčtování na trhu s elektrickou energií	11
1.3.1 Účastníci trhu s elektřinou	12
1.3.2 Operátor trhu (OTE).....	12
1.3.3 Výrobce elektrické energie	13
1.3.4 Provozovatel přenosové soustavy	13
1.3.5 Provozovatel distribuční soustavy.....	15
1.3.6 Obchodník s elektřinou	16
1.3.7 Zákazník.....	16
1.4 Zhodnocení systému HDO.....	17
2 Smart metering	18
2.1 Technické řešení smart meteringu	21
2.1.1 Měřicí zařízení smart meter	22
2.1.2 Komunikace	22
2.1.3 Komunikace mezi datovými koncentrátoři a datovou centrálou.....	24
2.1.4 Způsoby interakce se spotřebitelem.....	25

2.1.5	Zpětná vazba.....	26
3	Zapojení spotřebičů v systému smart meteringu	27
3.1	Spotřebiče neumožňující přesunutí spotřeby.....	27
3.2	Spotřebiče s omezenou možností přesunu spotřeby	27
3.3	Spotřebiče vhodné pro přesun spotřeby	28
3.4	Technická realizace přesunu spotřeby.....	28
3.5	Motivace zákazníků.....	29
3.5.1	Informace o spotřebě	29
3.5.2	Měření zdroje elektrické energie	29
3.5.3	Komunikace se spotřebiči.....	30
3.5.4	Snížení cen za distribuci.....	30
3.5.5	Ekologie.....	30
3.6	Uplatnění smart meteringu u podnikatelských subjektů.....	30
4	Systém smart meteringu pohledem ostatních účastníků trhu.....	32
4.1	Smart metering ve vztahu k provozovateli distribuční sítě	32
4.2	Smart metering ve vztahu k operátorovi trhu	33
4.3	Smart metering ve vztahu k provozovateli přenosové soustavy.....	33
4.4	Smart metering ve vztahu výrobcům elektrické energie	34
4.5	Smart metering ve vztahu k obchodníkům s elektrickou energií	34
4.5.1	Tarify v dnešním systému HDO	35
4.5.2	Tarify vhodné pro smart metering.....	35
4.6	Stávající pilotní projekty	36
4.6.1	Projekty společnosti ČEZ	36
4.6.2	Projekty společnosti E.ON	36
4.6.3	Projekty společnosti Pražské energetiky (PRE)	37
5	Spotřeba rodinného domu v systémech HDO a Smart metering	38
5.1	Rozbor spotřeby	38
5.1.1	Klasifikace spotřebičů v domácnosti dle možnosti přesunu spotřeby	38
5.2	Rozbor naměřených dat.....	41

5.3	Porovnání systému z pohledu zákazníka.....	42
5.3.1	Předpoklady nutné k provedení porovnání.....	42
5.3.2	Zúčtování při stávajícím systému HDO.....	42
5.3.3	Ekonomický výpočet zúčtování pro systém smart metering.....	43
5.4	Porovnání technické stránky systémů	45
5.5	Systemy z pohledu spotřebitele.....	46
6	Závěr.....	47
7	Zdroje	49
8	Seznam obrázků a tabulek.....	52



Seznam zkratek

AMM	Automated Meter Management - oboustranná komunikace
AMR	Automated Meter Reading - dálkové odečty elektroměrů
BPL	Broadband over power lines - širokopásmová komunikace po silových vodičích
ČR	Česká republika
DLMS	Device Language Message Specification - Komunikační protokol
DSO	Provozovatel distribuční sítě
FVE	Fotovoltaické elektrárny
GPRS	General Packet Radio Service - Komunikace po internetu
HAN	Home area network Komunikační síť
HDO	Hromadné dálkové ovládání
IT	Informační technologie
NN	Nízké napětí
OTE	Operátor trhu
OZ	Obnovitelné zdroje
PLC	Power line communication - komunikace po silových vodičích
PRE	Pražská energetika
TDD	Typový diagram dodávky
VN	Vysoké napětí
VTE	Větrné elektrárny



Úvod

Elektrická energie má v dnešním světě nezastupitelnou roli, a to nejen v průmyslu, tak i v domácnostech. Každé odběrné místo má svou specifickou spotřebu měnící se v čase. Potom tedy celkový odběr elektrické energie ze sítě je výsledkem součtu všech dílčích spotřeb v této síti, to znamená, že celkový odběr je časově proměnný. Mezi největší faktory ovlivňující velikost spotřeby v čase patří životní rytmus, zvyky ve společnosti, počasí, teplota, oblačnost, roční období, ale také technologické procesy výroby v podnicích.

Přenosové a výrobní kapacity sítě musí být dimenzovány na přenos elektrické energie odpovídající maximální spotřebě. Pokud by spotřeba byla závislá pouze na vůli zákazníků, byly by nutné velké investiční náklady do rozvoje přenosových, distribučních a výrobních zařízení. Z ekonomického hlediska je pro elektrickou síť výhodné, pokud je využití doby maxima u výroby, přenosu a distribuce elektrické energie co nejvyšší. Energetické podniky se proto snaží ovlivnit chování spotřebitelů různými cenovými hladinami elektřiny v různých časových dobách, tzv. cenovými tarify. Touto metodou se snaží zmenšit špičky spotřeby v kritických časových úsecích a přesunout spotřebu do méně exponovaných časových úseků. Dalším nástrojem pro omezení maximálních odběrů je možnost blokování přímotopných spotřebičů jako například boilerů a akumulčních topení.

Běžným standardem pro blokování spotřebičů a přepínání cenových tarifů je dnes systém HDO. Systém HDO umožňuje přepínání pouze dvou hladin cenových tarifů. Díky neměnným zvyklostem domácností se stal systém HDO dostačujícím. Nyní však dochází ke značným změnám v sektoru výroby elektrické energie. Stále větší část energetického mixu zastávají obnovitelné zdroje, které nejsou jinak regulované a výkup jejich energie je nucený. Tímto svým chováním vnášejí do distribuční a přenosové soustavy další proměnnou, kterou však nelze nikterak regulovat či ovlivnit. Nelze ji ani efektivně a flexibilně kompenzovat ani systémem HDO. Mnohem lepší systém pro kompenzování výkyvů spotřeby a výroby elektrické energie přichází s nástupem smart metringu.

Smart metering přichází s citlivějším a přesnějším systémem kompenzování výkyvů. Jeho hlavní předností se stává možnost oboustranné komunikace mezi smart metry a datovou centrálou. Komunikace dosahuje vyšších přenosových kapacit a kvalit, než je tomu u systému HDO. Zejména možnost šíření informace adresně pro jednotlivá odběrná místa umožňuje efektivnější kompenzaci výchylek okamžitým ovlivněním spotřeby zákazníka. Možnost oboustranné komunikace přináší mnoho dalších výhod, zejména pro aktivně zapojené spotřebitele, jež jsou ochotni pozměňovat spotřebu na základě potřeb sítě.

V současnosti je systém smart meteringu v České republice provozován v pilotních projektech, na kterých se zkouší skutečné fungování systému. Stávající pilotní projekty se



pohybují v rozsahu tisícovek odběrných míst. České projekty jsou realizovány v kooperaci s velkými evropskými projekty. Evropská unie vyjádřila podporu této technologie a v prohlášení Energetické komise přednesla záměr do roku 2020 vyměnit 80 % standartních elektroměrů za smart metry.



1 Aktuální systém zúčtování elektrické energie HDO a TDD

1.1 Princip stávajícího systému

V dnešní době probíhá měření elektrické energie pomocí indukčních nebo statických elektroměrů. Měření je dle velikosti spotřeby prováděno ve třech různých kategoriích v závislosti na časové dostupnosti naměřených dat dle vyhlášky č. 82/2011 Sb.:

- *Měření typu A, kterým je průběhové měření s dálkovým denním přenosem údajů a průběžný záznam střední hodnoty výkonu za měřicí interval provádí přímo měřicí zařízení.*
- *Měření typu B, kterým je průběhové měření s dálkovým jiným než denním přenosem údajů, a průběžný záznam střední hodnoty výkonu za měřicí interval provádí přímo měřicí zařízení; pokud není možné uskutečnit dálkový přenos údajů z technických důvodů, je možné přenos údajů provést jiným způsobem.*
- *Měření typu S, kterým je měření s dálkovým přenosem údajů, které není měřením typu A ani měřením typu B; pokud není možné uskutečnit dálkový přenos údajů z technických důvodů, je možné přenos údajů provést jiným způsobem.*
- *Měření typu C, kterým je ostatní měření. [1]*

Měření typu A jsou měření pro zákazníky s velkou spotřebou tzv. velkoodběratele, kteří mají velký vliv na elektrickou síť, nejmenším intervalem odečtu měření je jedna čtvrt hodina.

Měření typu B je určeno pro velkoodběratele a maloodběratele s jističem nad 3x200 A. Měření typu S se používá ve speciálních případech, kdy není možné použít typy A a B.

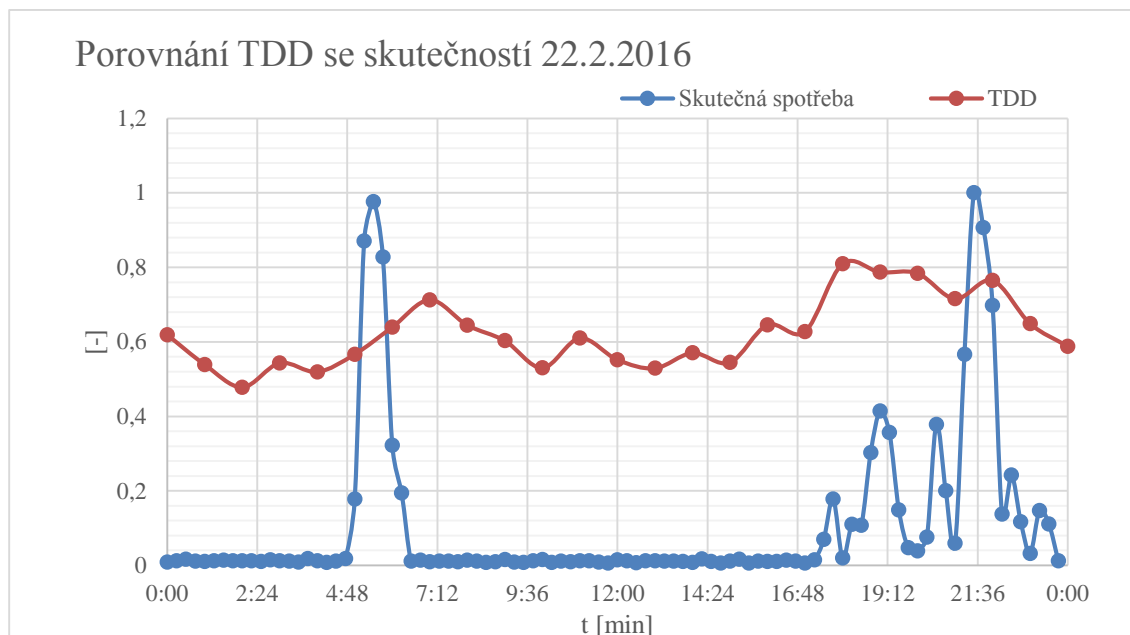
Měření typu C je nejpoužívanější pro maloodběratele, mezi které patří malé podniky a hlavně domácnosti. Zde se odečet měření provádí po jednom roce, odečet elektroměru provádí pracovník společnosti. Pro systém smart meteringu je nejpodstatnější spotřeba domácností, neboť zde je potenciál k jejímu ovlivnění největší [1] [2].

1.1.1 Typové diagramy dodávky (TDD)

Operátor trhu s elektřinou stanovuje 8 typových diagramů dodávky (TDD), které jsou zákazníkům přiřazovány na základě jeho vybavenosti elektrickými spotřebiči. Typový diagram dodávky je předpokládaný model průběhu spotřeby zákazníka rozprostřený v čase. TDD se v průběhu roku mění dle vlivu ročních období, teplot, srážek, slunečního svitu dále je ovlivněn vlivem působení systému HDO, které mírně zmenšuje špičku spotřeby. Provozovatel distribuční



sítě se snaží vhodným nastavením intervalů „nízkého“ a „vysokého“ tarifu, plně využít přenosové kapacity vedení.



1. Obr.: Normalizované porovnání TDD se skutečnou spotřebou 22. 2. 2016 [3]

Maloobchodní odběratelé jsou pak dle svojí spotřeby a připojených spotřebičů zařazeni do jednoho z typů TDD. Nákup obchodníka s elektřinou je přibližně dán sumou průběhů všech typových diagramů jeho zákazníků.

Je zřejmé, že se spotřebitelé nechovají přesně podle TDD a tím vzniká odchylka, kterou musí technicky vyrovnat operátor trhu. Operátor trhu si nechává tuto energetickou rezervu pro pokrytí odchylky zajistit od stávajících elektráren, tato služba se nazývá podpurné služby. Elektrárny za tuto rezervu ve svém výkonu dostávají finanční kompenzaci, neboť nemohou plně využít celého svého výkonu. Finanční kompenzace elektráren se odvíjí od rychlosti, s jakou jsou schopny odchylku kompenzovat a jakým výkonem. Odchylka a kompenzace může být záporná i kladná, elektrárny tedy sníží či zvýší svojí výrobu. Obchodník dostává za tuto odchylku finanční odměnu či postih v závislosti na situaci trhu [2].

Prvotním účelem systému HDO je ovlivnění spotřeby tak, aby docházelo k rovnoměrnému zatěžování distribuční soustavy. Také systém HDO pomáhá minimalizovat používání regulační energie. Ovládání HDO je v rukou distributora, který je zodpovědný za správné technické fungování distribuční soustavy. Je tedy možné, že zájmy distributora a obchodníka budou zcela odlišné. Systém HDO slouží totiž k ovládání všech HDO příjemců bez ohledu na obchodníka, který pro dané odběrné místo zajišťuje elektrickou energii. Není možné vytvořit speciální signály HDO pro jednotlivé obchodníky, protože počet HDO signálů je omezen technologií přenosu PLC [4].



Stávající systém HDO je velice neflexibilní, je založený odhadu spotřeby jednotlivých zákazníků. Neumožňuje krátkodobé ovlivnění spotřebitelů, systém HDO je může ovlivnit pouze v dlouhodobém horizontu.

1.2 HDO

V této kapitole se budeme zabývat aktuálním systémem dálkového ovládání spotřebičů, systémem hromadného dálkového ovládání „HDO“. Jsou zde uvedeny základní vlastnosti tohoto systému, výhody a nevýhody spolu s celkovým technickým řešením [4][5][6].

1.2.1 Vlastnosti systému HDO

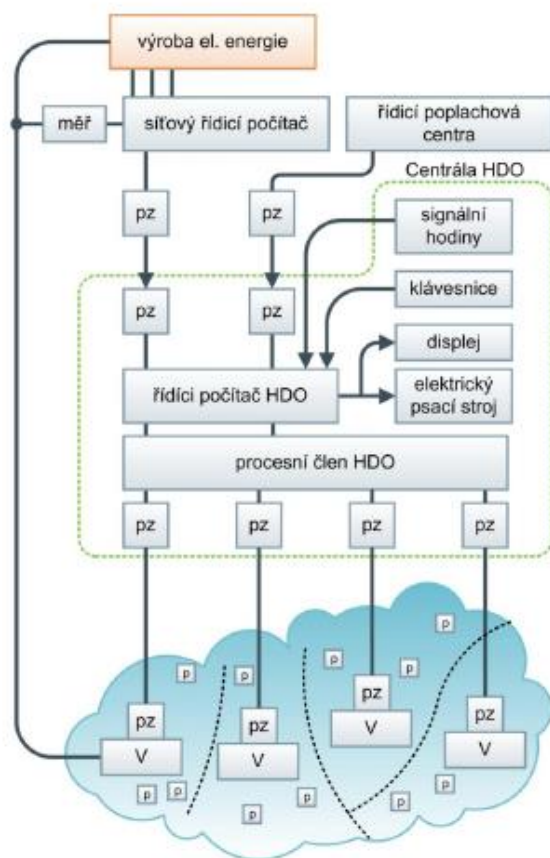
Systém HDO v dnešní době zajišťuje přepínání pouze mezi dvěma cenovými tarify, nízkým a vysokým. Dále zajišťuje blokování a spínání velkých tepelných spotřebičů, 6 - 9% celkového zatížení. Časové úseky trvání těchto tarifů určuje distributor, od kterého zákazník odebírá elektrickou energii. Zákazník může využívat jedno-tarifní sazbu, kde je cena elektrické energie v průběhu dne neměnná. Mezi hlavní charakteristické rysy přenosu moderního HDO signálu patří:

- Šíření signálu z centrálního vysílače signálu HDO do rozsáhlé sítě odběratelů.
- Provoz bez kontroly provedení povelu s velkou nejistotou jeho provedení.
- Provoz se špatným zabezpečením příjmu správného signálu.
- Přenos signálu po nehomogenních cestách s impedančním nepřizpůsobením jednotlivých článků sítě.
- Rušení signálu HDO od externích zdrojů jako například sršení v nedokonalých spojích, přepětíové a rázové stavy, které vznikají při manipulaci v elektrické síti.
- Rušení od generátorů elektrické energie, které generují kromě čistě sinusového průběhu také vyšší harmonické frekvence.
- Rušení od namodulovaných signálů jiných zdrojů na nelineárních impedancích v síti.
- Rušení od atmosférických jevů (blesk).
- Omezený počet vysílaných pokynů.

Stávající systém HDO řeší tuto problematiku špatného přenosu informace opětovným vysíláním signálu HDO, kterým se snaží zajistit správnou funkci přijímačů signálu, které při prvním vyslání zareagovaly špatně či vůbec. Dnešní moderní systémy jsou schopny šířit signál nejen po sítích NN a VN, ale také po sítích drátového rozhlasu či televize. Zároveň není problémem přenášet signál po radiových sítích [4][6].



1.2.2 Typická koncepce moderních systémů HDO



2. Obr.: Uspořádání moderní sítě HDO [6]

Legenda 2. Obr

- pz* přenosová zařízení
V lokální vysílače signálu HDO
p přijímače signálu HDO

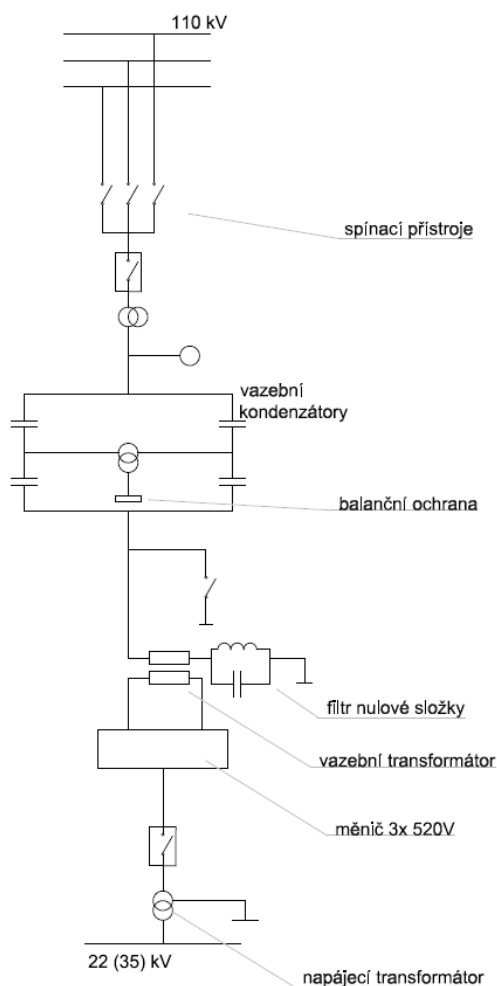
Moderní HDO systémy jsou zkonstruovány tak, aby mohly ovládat plošně všechny přijímače v síti. Pro šíření signálu používá HDO síť, jak NN a VN, tak rádiové. Hlavním ovládacím bodem systému HDO je centrála, která má za úkol vysílat signály pro změnu tarifů. Každá HDO centrála obsahuje hodiny, které zajišťují spínání v předem sjednanou dobu, dle rozhodnutí distributora elektrické energie. Signál se šíří po přenosových zařízeních k lokálním vysílačům a dále se větví k jednotlivým přijímačům. Vysílání signálu může také ovlivnit energetický dispečink a řídicí poplachová centra, v případě nenadálých situací, které by mohly způsobit problémy elektrické sítě [4][6].



1.2.3 Vysílač signálu HDO

Vysílač systému HDO se skládá z:

- Vazby a potřebných spínacích a měřicích přístrojů
- Měníče frekvence a jeho řízení
- Silové napájení

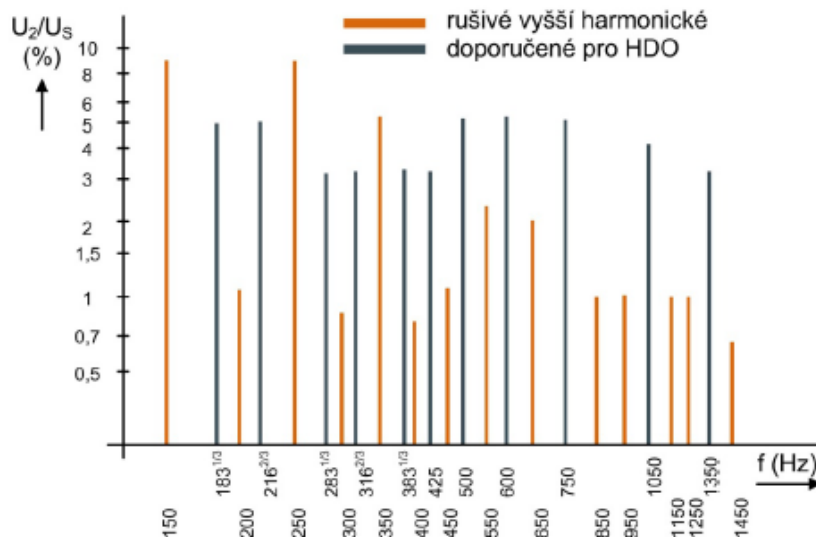


3. Obr.: Vysílač HDO – paralelní vazba [4]

Vazba vysílače zabraňuje pronikání síťového kmitočtu do napájecích obvodů měniče a také slouží k zavedení tónového kmitočtu do sítě. V České republice se používá volná vazba, která je připojena k síti paralelně a její velkou výhodou je stabilní dodávka elektrické energie. Při poruše HDO vysílače nedochází k přerušení obvodu sítě. Další vlastností této vazby je ladění pomocí dvou obvodů vazby L_2, C_2 laděného v blízkosti vysílané frekvence a obvodem L_1, C_1 , které slouží jako frekvenční měnič. V České republice byly normou energetiky PNE 38 2530 a státní normou ČSN 33 4570 doporučeny frekvence: 183,3 Hz – 216,6 Hz – 283,3 Hz – 316,6 Hz – 383,3 Hz –



425 Hz – 500 Hz – 600 Hz – 750 Hz – 1050 Hz – 1350 Hz. Nejpoužívanější jsou v této době kmitočty 216,6 Hz a 316,6 Hz [4] [6].



4. Obr.: Rušivé vyšší harmonické sítě a doporučené ovládací kmitočty HDO [6]

1.2.4 Přijímač HDO

Přijímač signálu HDO je zařízení sloužící k přijmu HDO signálu, jeho dekódování, vyhodnocení a provedení příslušné akce, která odpovídá přijatému signálu. Přijímač se skládá ze čtyř hlavních částí [4][5]:

1. Vstupní část

- Upravuje vstupní úroveň a provádí selekci tónového signálu
- Spouští časovou základnu
- Předává signál do dekódovací části

2. Dekódovací část

- Dekóduje přijatý signál
- Vyhodnocuje povely
- Provádí řízení výstupní části přijímače

3. Časová základna

- Umožňuje časovou synchronizaci mezi přijímačem a vysílačem HDO signálu
- Řídí časovou základnu pro dekódovací část

4. Výstupní část

- Slouží k provedení ovládacího úkonu
- Fixuje nastavený stav až do příchodu nového signálu



1.2.5 Systémy ovládané systémem HDO

1.2.5.1 Přímou ovládané systémy

Mezi přímo ovládané systémy patří systémy sloužící k ohřevu s možností akumulace. Akumulace je zajištěna ohřátím velkého objemu vody, například zásobníky teplé užitkové vody v domácnostech, průmyslu a v zemědělství. Akumulace může být zajištěna také jímáním tepla v materiálech a vytopením pracovního prostoru s dostatečnou tepelnou kapacitou. Této akumulace se využívá v elektricky vytápěných pecích a akumulacích kamnech [4][6].

1.2.5.2 Ovládaní pro tarifní účely

Hlavní funkcí HDO je přepínání měření spotřeby v nízkém a vysokém tarifu a dále také ovládá elektroměry pro měření maximálních odběrů v daných časových úsecích [4] [6].

1.2.6 Ovládaní pro energetické účely

Signály HDO jsou také používány pro ovládaní různých prvků sítě. Například ovládaní podružných transformátorových stanic a silnoproudých vedení, spínání kapacitních baterií, ovládaní spínačů pro zkoušky zemních spojení nebo spínání geograficky rozptýlených měřicích zařízení [4] [6].

1.2.7 Ovládaní pro veřejné účely

Pro veřejné účely je signálů HDO používáno pro ovládaní veřejného osvětlení a spínání světel na sportovištích či nádražích. Dříve se také používaly signály HDO také k varování před živelnými katastrofami nebo požáry [4] [6].

1.3 Subjekty zúčtování na trhu s elektrickou energií

V této části jsou zahrnuty práva a povinnosti jednotlivých účastníků trhu s elektřinou. Uvedené informace jsou výtahem z energetického zákona [7], jsou vybrány pouze ty části, které souvisí s tématem.



1.3.1 Účastníci trhu s elektřinou

Možnosti využití smart meteringu jsou ve velké míře ovlivněny právy účastníků trhu. Někteří účastníci trhu s elektřinou nesou odpovědnost za odchylku a jsou subjekty zúčtování odchylek, zodpovědnost mohou přenášet na základě smluv odpovědnosti za odchylku na jiný subjekt zúčtování. Cena elektřiny pro koncového zákazníka se skládá z ceny silové elektřiny, pevné ceny za měsíc, ceny za distribuční služby, ceny za rezervovaný příkon, příspěvku na podporované (obnovitelné) zdroje, poplatku za systémové služby, poplatku operátorovi trhu a daně z elektřiny [8]. V ceně jsou zastoupeny poplatky všem účastníkům trhu za jejich služby.

Účastníci trhu s elektřinou

- Operátor trhu
- Výrobci elektrické energie
- Provozovatel přenosové soustavy
- Provozovatel distribuční soustavy
- Obchodníci s elektrickou energií
- Zákazníci

1.3.2 Operátor trhu (OTE)

Jedná se o akciovou společnost vlastněnou jediným akcionářem, Ministerstvem obchodu a průmyslu. Vymezení působnosti OTE je stanoveno zákonem č. 458/2000 Sb., (energetický zákon) a navazujícími předpisy a vyhláškami.

Výběr činností, které operátor trhu zajišťuje na základě energetického zákona (citace § 20a) [7]:

- Organizuje krátkodobý trh s elektřinou a ve spolupráci s provozovatelem přenosové soustavy organizuje trh s regulační energií.
- Vyhodnocuje odchylky mezi skutečnými a sjednanými odběry elektrické energie mezi subjekty zúčtování.
- Informuje provozovatele distribuční a přenosové soustavy o neplnění platebních povinností subjektů zúčtovaných vůči operátorovi trhu.
- Vytváří predikci spotřeby na další rok, o které informuje Energetický regulační úřad a příslušné ministerstvo.
- Zpracovává podklady pro návrh pravidel trhu s elektřinou.
- Zajišťuje skutečné nezbytné informace o vyúčtování dodávek a odběrů elektrické energie.
- Zajišťuje zpracování typových diagramů dodávek v součinnosti s provozovateli distribučních soustav.
- Zajišťuje zaúčtování regulačních energií.



- Oznamuje dodavateli poslední instance odběrná místa zákazníka.
- Hradí výrobcům elektřiny zelený bonus na elektřinu z obnovitelných zdrojů, druhotných zdrojů a vysokoúčinné kombinované výroby elektřiny a tepla.

1.3.3 Výrobce elektrické energie

Výběr činností, které výrobci elektrické energie zajišťují na základě energetického zákona (citace § 23) [7]:

- Dodává elektřinu ostatním účastníkům trhu s elektřinou nebo do jiných států.
- Nabízí a poskytuje podpůrné služby k zajištění provozu elektrizační soustavy.
- Má právo omezit, přerušit nebo ukončit dodávku elektřiny svým zákazníkům při neoprávněném odběru elektřiny.
- Je povinen zpřístupnit měřicí zařízení provozovateli přenosové soustavy nebo provozovateli distribuční soustavy, ke které je výrobní elektřina připojena.
- Poskytuje provozovateli přenosové soustavy nebo provozovateli distribuční soustavy, ke které je výrobní elektřina připojena, potřebné údaje pro provoz a rozvoj přenosové soustavy nebo distribuční soustavy, a operátorovi trhu údaje potřebné pro plnění jejich povinností.
- Musí dodržovat parametry kvality dodávané elektřiny stanovené Pravidly provozování přenosové soustavy nebo Pravidly provozování distribuční soustavy.
- Výrobce neodpovídá za odchylku vzniklou v souvislosti s dispečerským řízením výroby elektřiny podle § 26 odst. 5.

1.3.4 Provozovatel přenosové soustavy

Provozovatelem přenosové soustavy v České republice je společnost ČEPS, a.s. Jejím jediným akcionářem je stát Česká republika. Výkon akcionářských práv provádí z pověření státu Ministerstvo průmyslu a obchodu.

Výběr činností, které provozovatel přenosové soustavy zajišťuje na základě energetického zákona (citace § 24) [7]:

- Zajišťuje bezpečný, spolehlivý a efektivní provoz, obnovu a rozvoj přenosové soustavy a zajišťuje propojení přenosové soustavy s jinými soustavami, a za tím účelem zabezpečuje podpůrné služby a dlouhodobou schopnost přenosové soustavy uspokojovat přiměřenou poptávku po přenosu elektřiny, spolupracuje s provozovateli propojených přenosových soustav a spolupracuje na integraci vnitřního evropského trhu s elektřinou.
- Poskytuje službu přenosové soustavy.



- Řídí toky elektřiny v přenosové soustavě při respektování přenosů elektřiny mezi propojenými soustavami ostatních států a ve spolupráci s provozovateli distribučních soustav v elektrizační soustavě.
- Odpovídá za zajištění systémových služeb pro elektrizační soustavu na úrovni přenosové soustavy.
- Účastní se vyrovnávacího mechanismu a uskutečňuje platby podle vyrovnávacího mechanismu mezi provozovateli přenosových soustav v souladu s Nařízením o podmínkách přístupu do sítě pro přeshraniční obchod s elektřinou.
- Obstarává za nejnižší náklady podpůrné služby a elektřinu pro krytí ztrát elektřiny v přenosové soustavě a pro vlastní spotřebu.
- Má právo omezit nebo přerušit v nezbytném rozsahu dodávku elektřiny účastníkům trhu s elektřinou v případech daných zákonem.
- Má právo změnit nebo přerušit v nezbytném rozsahu dodávku elektřiny z výroben, přeshraniční výměnu elektřiny a dovoz elektřiny ze zahraničí nebo vývoz elektřiny do zahraničí k zajištění spolehlivého provozu přenosové soustavy.
- Je povinen každému, kdo požádá o připojení k přenosové soustavě, stanovit podmínky a termín připojení a poskytnout přenos každému, kdo o to požádá, a je připojen a splňuje podmínky připojení a obchodní podmínky stanovené Pravidly provozování přenosové soustavy, s výjimkou případu prokazatelného nedostatku kapacity zařízení pro přenos nebo při ohrožení bezpečného a spolehlivého provozu přenosové soustavy.
- Zajišťuje měření v přenosové soustavě včetně jejich vyhodnocování a předávat operátorovi trhu naměřené a vyhodnocené údaje a další nezbytné informace pro plnění jeho povinností.
- Poskytuje provozovatelům jiných přenosových soustav a provozovatelům distribučních soustav, se kterými je jeho soustava propojena, informace nezbytné k zajištění vzájemné spolupráce, při provozu a rozvoji sítě.
- Provádí ve spolupráci s provozovateli distribučních soustav hodnocení provozu přenosové soustavy z technického hlediska.
- Zúčtování provádí odděleně za přenos a za systémové služby.
- Zajišťuje neznevýhodňující podmínky pro poskytovatele podpůrných služeb.



1.3.5 Provozovatel distribuční soustavy

Výběr činností, které provozovatelé distribučních soustav elektrické energie zajišťují na základě energetického zákona (citace § 25) [7]:

- Zajišťuje spolehlivé provozování, obnovu a rozvoj distribuční soustavy na území vymezeném licenci.
- Poskytuje služby distribuční soustavy.
- Řídí toky elektřiny v distribuční soustavě při respektování přenosů elektřiny mezi ostatními distribučními soustavami a přenosovou soustavou ve spolupráci s provozovateli ostatních distribučních soustav a provozovatelem přenosové soustavy.
- Je povinen nakupovat s nejnižšími náklady podpůrné služby a elektřinu pro krytí ztrát elektřiny v distribuční soustavě.
- Má právo omezit nebo přerušit v nezbytném rozsahu dodávku elektřiny účastníkům trhu s elektřinou v případech daných zákonem.
- Je povinen každému, kdo požádá o připojení k distribuční soustavě, stanovit podmínky a termín připojení a umožnit distribuci elektřiny každému, kdo o to požádá.
- Na základě žádosti obchodníka s elektřinou nebo výrobce elektřiny může přerušit distribuci elektřiny v případě neoprávněného odběru elektřiny.
- Zajišťuje neznevýhodňující podmínky pro připojení zařízení k distribuční soustavě, u zákazníků odebírajících elektřinu ze sítí nízkého napětí, kteří nejsou vybaveni průběhovými měřeními, přiřadí odpovídající typový diagram dodávek.
- Zajišťuje měření v distribuční soustavě včetně jejich vyhodnocování a předává operátorovi trhu naměřené a vyhodnocené údaje a další nezbytné informace pro plnění jeho povinností.
- Je povinen zpracovávat a předávat operátorovi trhu údaje z měření pro potřeby tvorby typových diagramů dodávek a potřebné údaje k uplatnění ceny za systémové služby a ceny za činnosti operátora trhu podle Pravidel trhu s elektřinou.



1.3.6 Obchodník s elektřinou

Výběr činností, které obchodníci elektrické energie zajišťují na základě energetického zákona (citace § 30) [7]:

- Obchodník s elektřinou má právo na poskytnutí přenosu nebo distribuce elektřiny.
- Nakupuje elektřinu od držitelů licence na výrobu a od držitelů licence na obchod nebo z jiných států a prodává ji ostatním účastníkům trhu s elektřinou nebo do jiných států.
- Jsou mu poskytovány informace od operátora trhu nezbytných k vyúčtování dodávek elektřiny zákazníkům, jejichž odběrné místo je registrováno u operátora trhu.
- Může ukončit nebo přerušit dodávku elektřiny zákazníkům při neoprávněném odběru elektřiny.
- Předává operátorovi trhu technické údaje ze smluv o dodávce elektřiny a další nezbytné informace pro plnění povinností operátora trhu v případě, že je subjektem zúčtování.
- Je povinen dodržovat stanovenou kvalitu dodávek a služeb, vykazovat Energetickému regulačnímu úřadu úroveň kvality dodávek a služeb a zveřejňovat ji způsobem umožňujícím dálkový přístup.
- Vykonává činnost dodavatele poslední instance podle § 12a.
- Poskytuje provozovateli distribuční soustavy identifikační údaje o zákazníkovi, jemuž dodává elektřinu na základě smlouvy o sdružených službách dodávky elektřiny.
- Poskytuje provozovateli přenosové soustavy nebo provozovateli distribuční soustavy informace nezbytné pro zajištění bezpečného a spolehlivého provozu.

1.3.7 Zákazník

Činností a povinnostmi, které mají zákazníci na základě energetického zákona (citace § 28) [7]:

- Má právo na uzavření smlouvy o připojení a na připojení svého odběrného elektrického zařízení k přenosové soustavě nebo k distribuční soustavě, pokud splňuje podmínky připojení a obchodní podmínky stanovené Pravidly provozování přenosové soustavy nebo Pravidly provozování distribuční soustavy a má k připojení souhlas vlastníka dotčené nemovitosti.
- Nakupuje elektřinu od držitelů licence na výrobu elektřiny a od držitelů licence na obchod s elektřinou.
- Má právo na dopravu dohodnutého množství elektřiny do odběrného místa za cenu uplatněnou v souladu s cenovou regulací.
- Má právo na bezplatnou volbu a změnu dodavatele elektřiny.



- Může nabízet a poskytovat podpůrné služby k zajištění provozu elektrizační soustavy za podmínek stanovených Pravidly provozování přenosové soustavy nebo Pravidly provozování distribuční soustavy.
- Musí se řídit pokyny technického dispečinku provozovatele přenosové soustavy nebo technického dispečinku provozovatele distribuční soustavy, ke které je jeho zařízení připojeno, a Pravidly provozování přenosové soustavy nebo Pravidly provozování distribuční soustavy.
- Musí umožnit instalaci a přístup k měřicímu zařízení provozovateli přenosové soustavy nebo provozovateli distribuční soustavy.
- Musí udržovat svá odběrná elektrická zařízení ve stavu, který odpovídá právním předpisům a technickým normám.
- Podílí se podle výše odebíraného příkonu na úhradě oprávněných nákladů provozovatele přenosové soustavy nebo provozovatele distribuční soustavy spojených s připojením svého zařízení a se zajištěním požadovaného příkonu.

1.4 Zhodnocení systému HDO

V současné době je systém rozšířen po celé České republice. I přes jeho nižší spolehlivost se provozovatelé distribučních sítí spokojili s řešením vysílání opětovných signálů, které zaručí sdílení informace mezi všechny příjemce HDO. Jako nejlepší frekvenční pásmo pro šíření se ukázaly frekvence okolo 200 Hz, v České republice se používá k přenosu 283,6 Hz a 316,6 Hz. Nejvýhodnější se ukázala paralelní vazba vysílače signálu HDO, která zaručuje nepřerušovanou dodávku elektrické energie i v případě selhání samotného vysílače signálu HDO. Technologie HDO je mnohem obsáhlejší, než je tomu uvedeno v 1. kapitole. S ohledem na zaměření práce je uvedený rozsah dostatečný pro podrobnější zkoumání poslouží literatura [4] [6].

Funkce změny tarifních sazeb přispěla k větší rovnoměrnosti celkové spotřeby a přinesla tak ekonomickou efektivitu. Systém HDO zároveň přispívá k větší stabilitě sítě a jejímu efektivnímu využití. Využití pro veřejné účely je dalším nedílným přínosem systému HDO.

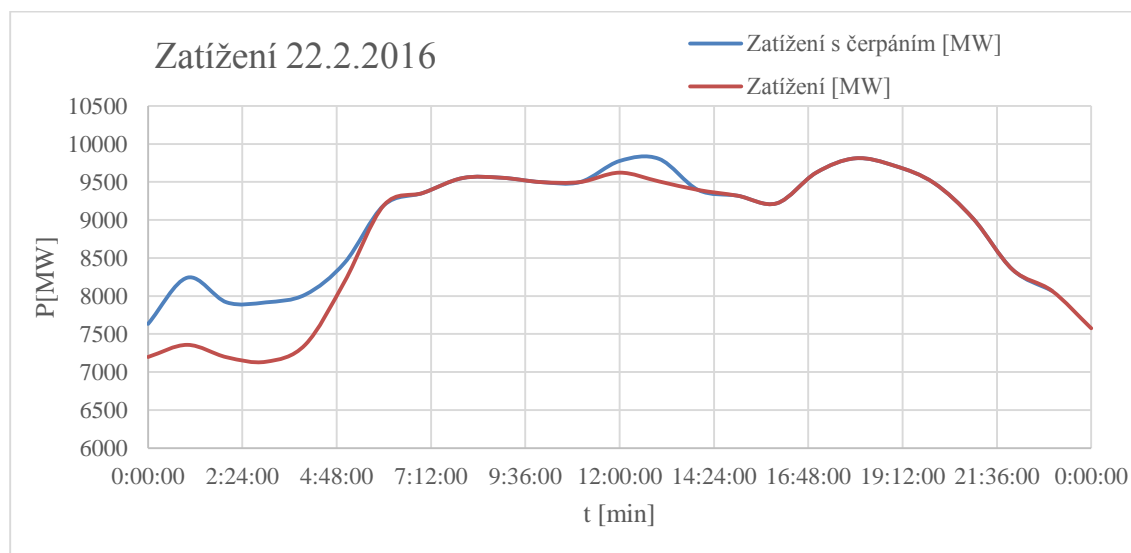
Systém HDO se rovněž stal důležitým prvkem při výstavbě inteligentních domů. Jeho moderní alternativou je technologie smart meteringu, která umožňuje ještě širší využití technologie inteligentních domů a efektivnější využívání stávajících výrobních a přenosových kapacit.

2 Smart metering

Obsahem této kapitoly je nastínění nového řešení pomocí smart meteringu, zdůvodnění jeho potřeby a technické parametry samotného smart metru.

Myšlenka smart meteringu je obdobná jako u HDO, tedy možnost přesunutí spotřeby elektrické energie do časových intervalů, kdy je obecně spotřeba malá a výroba velká. Přesunutí spotřeby má za následek snížení špiček spotřeby. Snížení špiček spotřeby elektrické energie dovoluje efektivnější využití stávajících přenosových kapacit a snížení využívání regulační energie a efektivnější využívání stávajících zdrojů. Další nespornou výhodou je možnost většího využívání aktuálního přebytku energie z obnovitelných zdrojů a tedy i zvýšení jejich zastoupení v energetickém mixu. V porovnání s HDO je výhodou systému smart meteringu jeho flexibilita a možnost okamžitého použití systému bez pevně stanovených časů sepnutí [9].

Pro pochopení důvodů použití nového systému smart meteringu je nutné znát aktuální situaci v elektrické síti. Pro demonstraci situace použijeme data z pondělí 22. 2. 2016 v České republice.



5. Obr.: Zatížení v ČR ze dne 22.2.2016 [10]

Modrá křivka ukazuje spotřebu v České republice včetně spotřeby přečerpávacích elektráren. Červená křivka ukazuje pouze spotřebu obyvatelstva. Červená křivka má předpokládaný tvar, v ranních hodinách, okolo 4:00 h dochází ke strmému nárůstu spotřeby, okolo 11:00 h dochází k dosažení maximální spotřeby z důvodů spotřebičů spjatých s vařením. Spotřeba dále lehce klesá s malými výkyvy a od 16:00 h dochází k nárůstu a druhého maxima dosahuje křivka okolo 18:00 h. Křivka poté klesá až do 0:00 h, kdy dosahuje svého minima. V tuto dobu dochází ke spínání přečerpávacích elektráren, které se snaží vytvořit spotřebu. Spotřeba přečerpávacích elektráren dosahuje maxima mezi 1:00 h a 6:00 h. Přečerpávající elektrárny

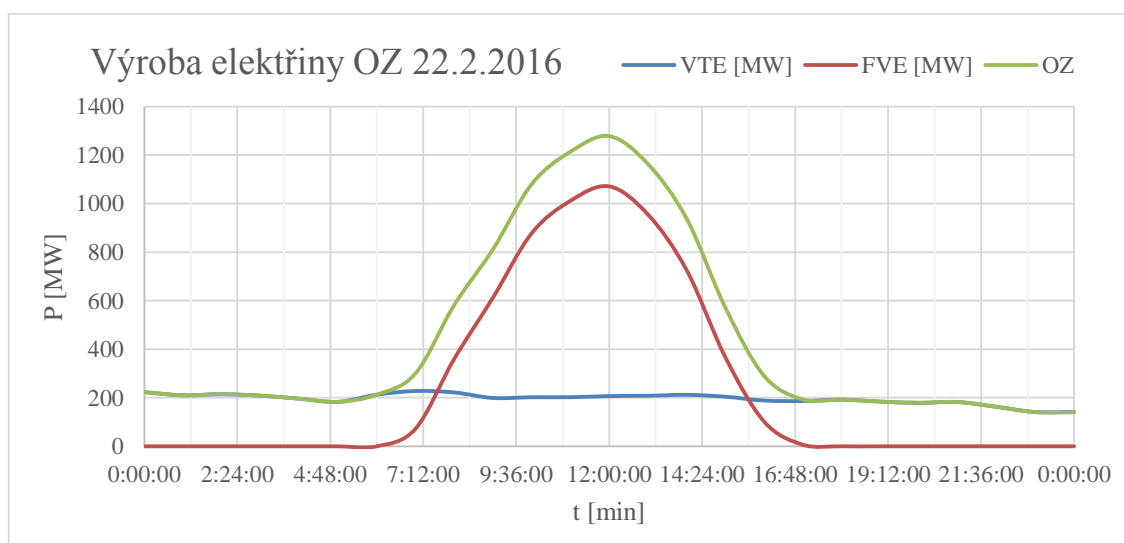


ukončují čerpávání s nástupem spotřeby obyvatelstva, tj. okolo 7:00 h. Tímto chováním se snaží minimalizovat výkyvy ve spotřebě a použití regulace jiných zdrojů elektrické energie.

Regulace jiných zdrojů je velice náročná, v našem případě je rozdíl mezi minimem a maximem spotřeby přibližně 2,2 GW při použití přečerpávacích elektráren. Kdybychom jejich přínos zanedbali, dostali bychom rozdíl až 2,7 GW. Pro představu je to výkon bloků jaderné elektrárny Temelín a elektrárny Tušimice II. To znamená, že takový výkon by bylo nutné v průběhu dne regulovat až do minima, kdy by byla elektrárna odstavena, a při dalším nárůstu spotřeby opět spuštěna. To samozřejmě není možné, proto se využívá omezení výroby na více zdrojích.

Největší problém nastává v technické nepřipravenosti elektráren na takto širokou regulaci. Start a vypnutí elektráren, zejména jaderných a uhelných, je spjato se složitým technologickým procesem trvajícím i desítky hodin. Při samotném rozběhu a startu se elektrárny sami stávají spotřebiteli energie, při rozběhu se pak stávají velice citlivými na výpadky či nedostatek elektrické energie. Naopak nejvhodnější jsou pro regulaci elektrárny paroplynové. Paroplynové elektrárny dokáží pracovat i při nízkých výkonech a jejich najetí na nominální výkon je v řádech stovek minut. Energetické společnosti o budování těchto elektráren nemají zájem, neboť nedochází k jejich finančnímu zhodnocení, kvůli nízkým cenám elektřiny (Počerady).

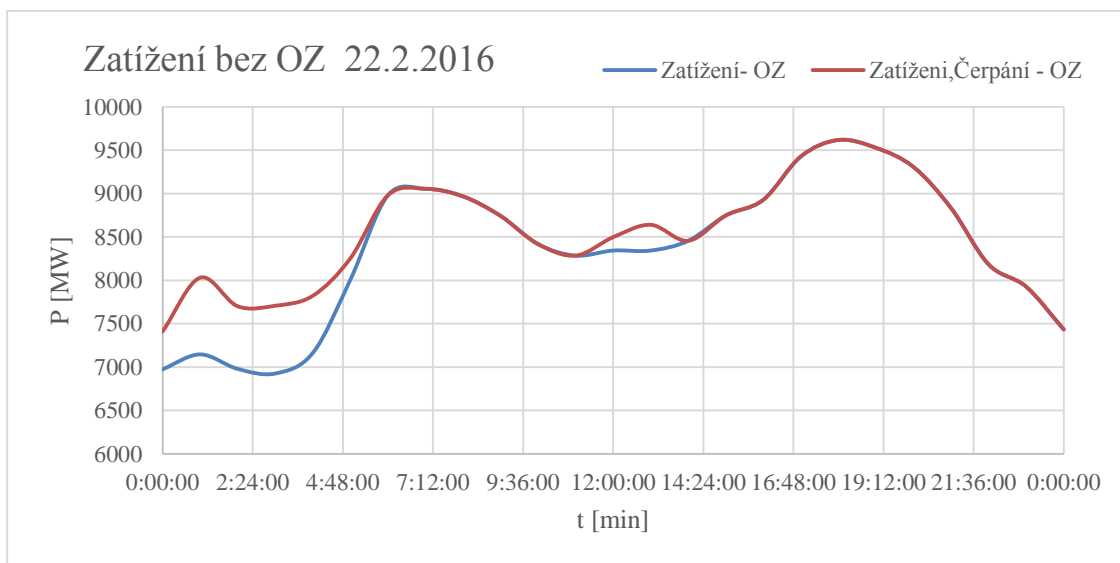
Protože se však diagram spotřeby po několik desítek let neměnil, došlo k přizpůsobení rozmanitosti technologií elektráren tak, aby byla regulace co nejjednodušší a nejlevnější. S novou vládní politikou dotující obnovitelné zdroje došlo k významnému rozšíření zastoupení obnovitelných zdrojů v energetickém mixu. Nuceným odběrem vyrobené elektřiny z fotovoltaických a větrných elektráren dochází k ještě výraznější změně odběru výkonu z neobnovitelných zdrojů energie v průběhu dne.



6. Obr.: Výroba elektřiny z obnovitelných zdrojů ze dne 22. 2. 2016 [11]

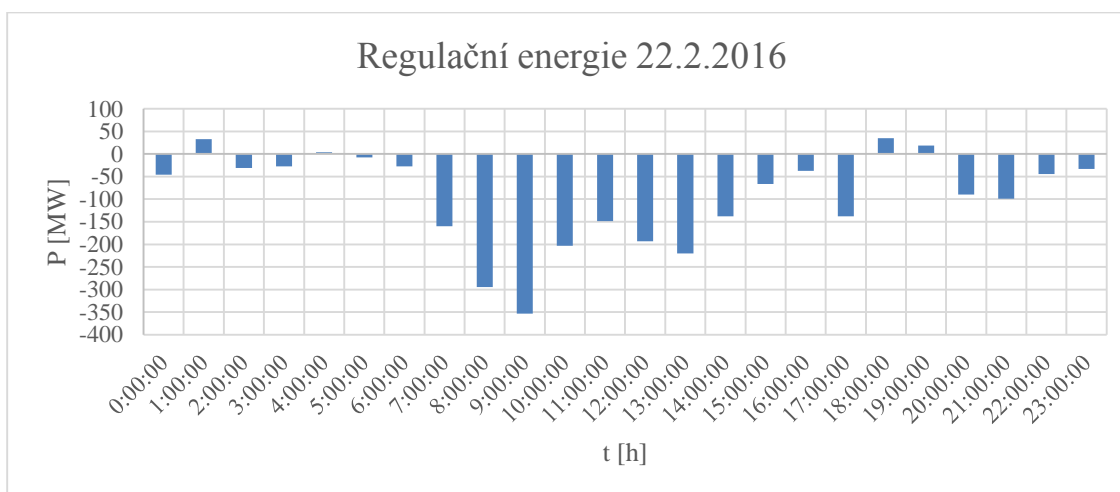


Pokud od celkového zatížení odečteme spotřebu, kterou pokryjí obnovitelné zdroje, dojdeme k takovému průběhu křivky (7 Obr.: *Spotřeba pokrytá neobnovitelnými zdroji ze dne 22. 2. 2016*). Tato křivka vypovídá pouze o jediném dni, teoreticky by výkon z fotovoltaických a větrných elektráren mohl dodávat až 2 346,2 MW (instalovaný výkon ve FVE v ČR [12]). Do celkového ovlivnění diagramu se nebudou počítat malé fotovoltaické a větrné elektrárny, které jsou umístěné na obydlích obyvatel, protože tyto elektrárny pouze snižují spotřebu, nedodávají přímo do sítě anebo dodávají pouze nepatrnou část.



7. Obr.: *Spotřeba pokrytá neobnovitelnými zdroji ze dne 22. 2. 2016*

Při porovnání průběhů před a po pokrytí určité části spotřeby obnovitelnými zdroji je zřejmé, že v průběhu dne při zapojení obnovitelných zdrojů je nutná větší regulace výroby elektrické energie.

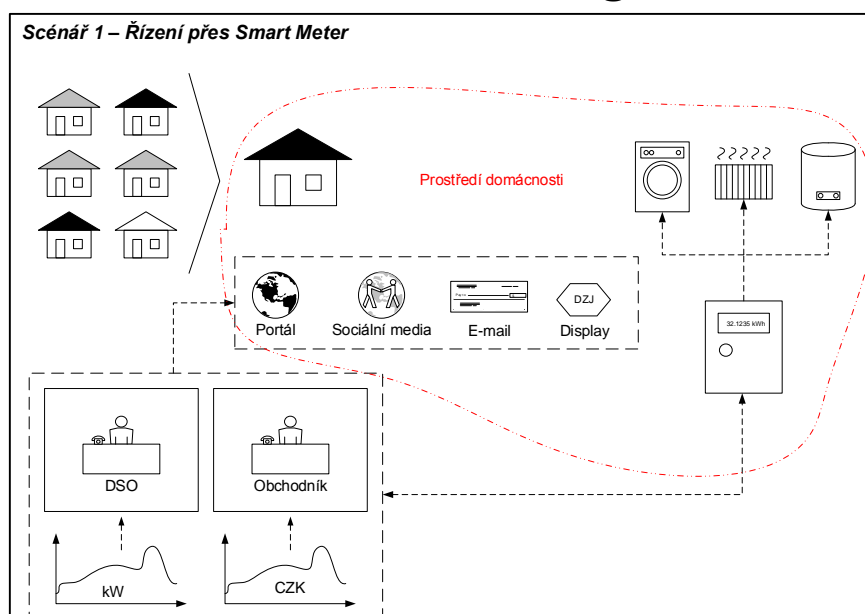


8. Obr.: *Regulační energie ze dne 22. 2. 2016 [13]*



Celková potřeba kladné regulační energie byla 89,9 MWh, naopak záporné regulační energie 2 356,7 MWh. V případě zvětšení podílu obnovitelných zdrojů v energetickém mixu by mohlo docházet k ještě větším výkyvům, které by již nebyla soustava schopna zregulovat. Nabízí se tedy otázka, zda budovat regulační elektrárny, které budou sloužit pouze pro regulaci těchto nepředvídatelných výkyvů, nebo investovat do obnovitelných zdrojů, které nejsou tak závislé na počasí, jako například bioplynové elektrárny, kogenerační jednotky a malé vodní elektrárny nebo investovat do nového systému smart meteringu, který by tuto nepříznivou situaci řešil přesunutím spotřeby obyvatelstva. [9]

2.1 Technické řešení smart meteringu



*DSO – provozovatel distribuční sítě

9. Obr.: Řízení spotřeby přes smart meter [14]

Princip smart meteringu je v podstatě velice jednoduchá myšlenka a to myšlenka kontinuálního měření spotřeby elektrické energie s možností okamžitého dálkového odečtu. Na základě této informace o aktuální spotřebě pak ovlivnit zákazníka, spotřebitele, aby upravil svou spotřebu dle požadavků. Jedná se zjednodušeně o spojení elektroměru se systémem HDO, který umožňuje oboustrannou komunikaci.

2.1.1 Měřicí zařízení smart meter

Smart meter je elektronické zařízení usazené v hlavní rozvodné skříni, je moderní obdobou stávajících indukčních a statických elektroměrů. Jeho největším technologickým rozšířením je možnost vzdálené oboustranné komunikace s centrálou obchodníka či přenosové společnosti v reálném čase. Dnes se používá odečet nejčastěji po 15 minutách, lze jej však přizpůsobit požadavkům provozovatele. Při zvyšování frekvence odečítání je nutné počítat s většími přesuny dat a jejich vyhodnocení musí být technicky zvládnutelné.

V závislosti na technické dostupnosti dat ohledně spotřeby elektrické energie rozdělujeme měřicí zařízení do jednotlivých kategorií [5][15]:

- AMR (Automated Meter Reading) – umožňuje dálkový odečet elektroměrů
- AMM (Automated Meter Managment) – umožňuje obou stranou komunikaci
- AMI (Automated Meter Infrastructure) – rozsáhlejší měřicí soustava, implementuje funkce AMM a AMR, umožňuje oboustrannou komunikaci
- Smart metering – umožňuje oboustrannou komunikaci v reálném čase, vyhodnocování dat, IT podpora

2.1.2 Komunikace

V porovnání s HDO dochází k oboustranné komunikaci mezi smart metrem a centrálou shromažďující a vyhodnocující přijatá data. Samotný přenos dat není přímý, ale zřizují se tzv. datová centra a koncentrátoři dat, kde jsou data akumulována a přeposílána k dalšímu zpracování. Přítomnost datových koncentrátorů do datových toků umožňuje efektivnější sběr dat z více zařízení. Datové koncentrátoři a datová centra mohou zpracovávat data i z jiných měřících přístrojů, jako jsou například inteligentní plynoměry či vodoměry, a to vše v reálném čase, či 15 minutových intervalech.

Koncentrátoři tvoří v systémech AMM řídicí body pro ucelené skupiny měřících přístrojů. Koncentrátoři jsou umístovány do prostoru distribučních transformačních stanic a obstarávají komunikaci s nadřazenými prvky, proto jsou na ně kladeny velké softwarové a hardwarové nároky. Používá se bloková konstrukce těchto komunikačních prvků pro adaptibilitu a flexibilitu použití pro různé prostředí a zákazníky. S propojovací strukturou a zokruhováním linek NN vzniká nebezpečí příjmu informací do koncentrátorů, které nejsou přímo spojeny s odběrným místem [16].

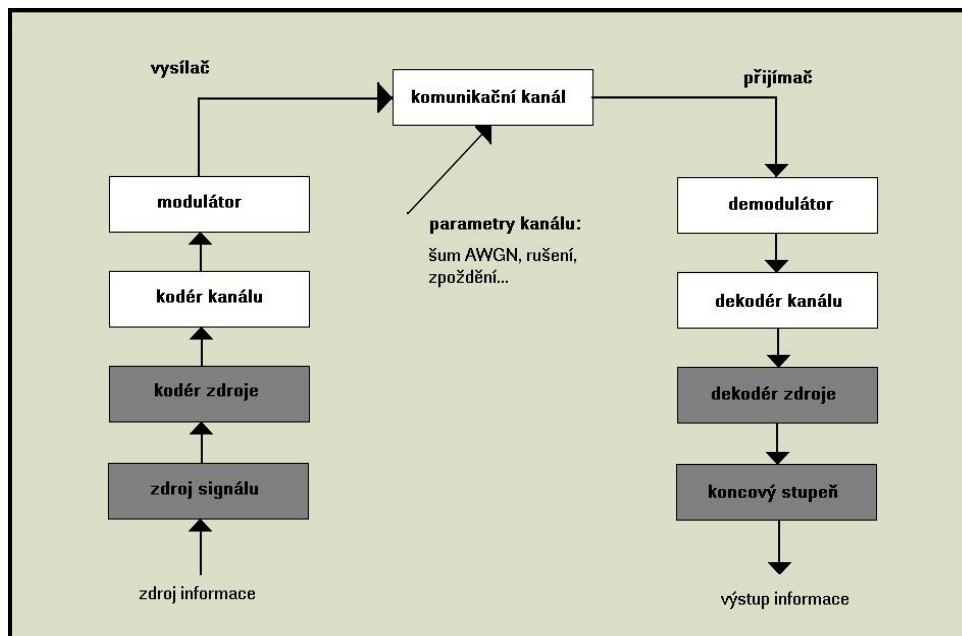
Komunikace mezi jednotlivými přístroji může probíhat různými způsoby, které jsou popsány v dalších podkapitolách.



2.1.2.1 Komunikace mezi inteligentními měřiči a koncentrátorem dat

Komunikace mezi měřicími přístroji a koncentrátory dat má svá specifika. Může být pouze jednosměrná, objem přenášených dat je menší, vzdálenost přenosu je kratší. Větší nároky jsou pak kladeny na rychlost a bezchybovost komunikace. Tyto požadavky nejlépe splňují tyto komunikační technologie [16]:

PLC (Power Line Communication)



10. Obr.: Princip PLC komunikace [16]

- Přenosová cesta zajištěna aktuálními energetickými rozvody, nutné galvanické propojení
- Umožňuje přenést jen omezený objem informací v závislosti na frekvenci
- Se vzrůstající frekvencí se zkracuje vzdálenost, na kterou je možná data přenést, ale zvyšuje se přenosová kapacita
- Přenosová kapacita dostačuje pro přenos mezi měřicím zařízením a koncentrátorem při použití BPL
- Pro přenos měřicích dat použito širokopásmová PLC
- Stávající komunikace HDO
- Problémy s rušením v hustých zástavbách, řešení širokopásmové PLC (BPL) – dražší, kratší přenosová vzdálenost
- Problémy se zokruhováním linek
- Nejasnost modulací a velké množství modulací

Radiové vlny

- Bezdrátová komunikace ve volných frekvenčních pásmech
- Výhodné pro shromažďování dat z více míst s rozdílným umístěním
- V případě velkého rozšíření nutné přesunout komunikační kanály do placených vyhrazených frekvenčních pásem

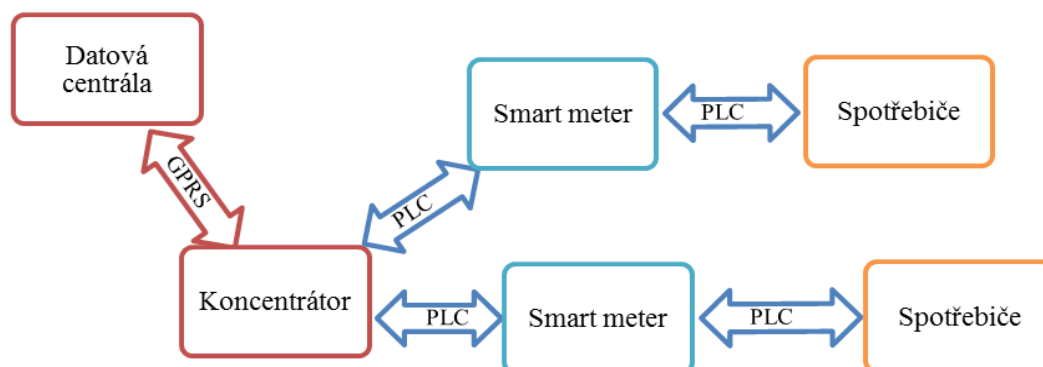
MBUS

- Vyzkoušený standart a protokol
- Výhodou spolehlivost a robustnost
- Komunikace pro podřízená měřidla mnoha výrobců
- Nutnost instalace datových vodičů
- Zvýšený příkon měřicího zařízení a koncentrátoru
- MBUS wireless řeší problém s datovými vodiči – nižší přenosová vzdálenost
- Nutnost HAN rozhraní realizované vnějším modulem

2.1.3 Komunikace mezi datovými koncentrátory a datovou centrálou

Datové přenosy mezi datovým koncentrátorem a datovou centrálou požadují jiné parametry než pro přenos z měřidla. Velkým rozdílem je objem a vzdálenost, na kterou jsou data přenášena. Přenos dat není pouze jednosměrný, ale je nutné, aby koncentrátory také přijímaly signály z centrály. Všechny tyto požadavky nejlépe splňuje mobilní datové spojení (GPRS – General Packet Radio Service).

Komunikace probíhá na základě standardů DLMS protokolů, které doporučila International Electrotechnical Commission. Standardy mají za úkol sjednotit parametry přenosů dat, zároveň zaručit bezpečnost jejich přenosu. Je důležité si uvědomit, že informace přenášené od spotřebitele jsou velice citlivé a mělo by se s nimi i v tomto duchu zacházet [16].



11. Obr.: Komunikační schéma smart metering



2.1.4 Způsoby interakce se spotřebitelem

Obsahem této kapitoly je popis několika možností jak umožnit zákazníkovi, spotřebiteli, náhled na data, které u něj byly změřeny, případně, jaké úpravy spotřeby jsou po něm vyžadovány. Způsobů je hned několik, od konvenčních, jako je umístění na faktuře, až po velice inovativní například sociální sítě.

Komunikační kanály lze rozdělit do několika skupin dle zvyklostí zákazníka:

- **Konvenční**
 - Informace na faktuře
 - E-mail
 - SMS
- **Inovativní, prostřednictvím Internetu**
 - Twitter
 - Google+
 - Facebook
 - Internetový portál
 - Mobilní aplikace
- **Technologické**
 - Brána domácí automatizace
 - Chytrý elektroměr se zobrazovacím panelem

Konvenční kanály jsou osvědčené a zákazníci jsou na jejich používání zvyklí. Informace na faktuře však nepřináší spotřebiteli informaci dostatečně rychle, což velice snižuje motivaci zákazníka k okamžitým změnám spotřeby. E-mailová komunikace vyžaduje od spotřebitele neustále připojení k Internetu a kontrolu e-mailové schránky. Při splnění těchto podmínek lze považovat tento komunikační kanál za jeden z nejvhodnějších. Používání SMS jako komunikace splňuje požadavky na rychlost, jedná se však o nejdražší řešení.

Moderní inovativní kanály jsou dynamické, šíření informací je velice rychlé, jejich nevýhodou je pak menší rozšíření mezi zákazníky, neboť sociální sítě jako Twitter, Google+, Facebook jsou potom blízké pouze mladé generaci. Využití těchto nových trendů nabízí naopak možnost velice efektivního marketingu. Nevýhodou tohoto řešení je složitější práce s daty a nutnost vytvoření speciálních aplikací podporovaných danou sociální sítí.

Použití internetového portálu je obecnějším řešením, než sociální síť, jeho nespornou výhodou je snadnější obsluha pro všechny generace zákazníků, ale zároveň nezaručuje neustálou pozornost zákazníka a snižuje efektivnost marketingu.

Vývoj mobilní aplikace splňuje většinu požadavků na komunikační kanál, ale klade důraz na zpracování dat, vývoj intuitivního prostředí a také kompatibilitu s různými operačními systémy mobilních telefonů. Nutné je také podotknout, že správa a inovace této technologie mohou být finančně náročné. Aby zákazník mohl tento komunikační kanál využívat, musí vlastnit smart-phone a zároveň mít přístup k Internetu.

Technologické komunikační kanály automatizují proces přijetí dané informace a zajišťují tak nepřetržité přebírání zpráv. Tyto vlastnosti jsou nejlépe využity při kontinuálním sledování tržních signálů. Mohou tedy i automaticky vykonávat sepnutí či odepnutí jednotlivých spotřebičů od sítě.

Vybraný druh komunikace záleží na ujednání se zákazníkem, také na jeho ochotě, kolik elektrické spotřeby je schopen do programu zařadit. Také rozhoduje samotná vybavenost odběrného místa spotřebiči, a zda jsou vůbec schopny samotné spotřebiče s nějakou z komunikačních technologií komunikovat. V dnešní době je v České republice ze všech domů pouze 6% inteligentních domů [17], ty lze považovat za vhodné pro technologii smart meteringu a dálkového ovládání spotřebičů. V ostatních případech je nutná investice do modernizace a obnovy domácností spotřebiči, které tyto funkce podporují.

Lze uvažovat ještě o krizových momentech, kdy hrozí velké škody na majetku způsobené nestabilitou elektrické sítě či blackout. V tomto případě by mohla být přímá komunikace mezi operátorem sítě a spotřebiči, bez zásahu zákazníka samotného, s možností úplného odpojení odběrného místa. Tato krizová komunikace by však vyžadovala souhlas zákazníka před zapojení do tohoto systému. Zajistila by ale silnou ochranu před krizovými stavy sítě [14].

2.1.5 Zpětná vazba

Neméně důležitou informací pro spotřebitele je zpětná vazba o skutečném provedení úkonu, který po spotřebičích požadoval. Zpětné vazby lze rozdělit do dvou kategorií dle provedení [14]:

2.1.5.1 Nepřímá zpětná vazba

Spotřebitel se informace o spotřebě elektrické energie dozvídá v řádu dnů či týdnů po provedení odečtu. Motivace není tak efektivní jako v případě přímé zpětné vazby. Hlavní nevýhodou je pomalá rychlost zpětné vazby [14].

2.1.5.2 Přímá zpětná vazba

Zákazník se o svojí spotřebě dozvídá v semi – real – time režimu prostřednictvím zobrazovací jednotky u jeho měřícího zařízení nebo pomocí aplikací, internetových portálů či jiných inovativních komunikačních kanálů. Výhodou této zpětné vazby je rychlejší ovlivnění samotné spotřeby a větší motivace a možnost okamžitého zobrazení benefitů [14].



3 Zapojení spotřebičů v systému smart meteringu

V této části se budeme zabývat spotřebiči z hlediska přesunu jejich zapnutí či rozdělení pracovního cyklu na více částí. Protože se snažíme ovlivnit zákazníka, je potřeba, aby odložení zapnutí či rozdělení cyklu spotřebičů co nejméně zasáhlo do jeho životního rytmu. Také samotná příprava a spuštění spotřebiče musí být co nejjednodušší. U moderních spotřebičů je toto zjednodušení realizováno funkcí odloženého startu. Funkce odložený start není možná u všech elektrických spotřebičů. Spínání některých spotřebičů je pevně spjato s životním rytmem člověka a nelze tedy počítat s odkladem spuštění. Naopak existují spotřebiče, kde je již dnes ve stávajícím systému HDO využíváno jejich dálkové zapnutí (boiler, akumulární topení).

Přerušování pracovního cyklu je zajímavou vlastností některých spotřebičů. Umožňuje rychlejší a flexibilní regulace spotřeby, ale je ještě více omezeno technologií spotřebičů a procesů, které vykonávají.

3.1 Spotřebiče neumožňující přesunutí spotřeby

Mezi spotřebiče pevně spjaté s životním rytmem člověka patří skupina multimediálních zařízení jako je například počítač, televize, rádio a další spotřebiče, které člověk využívá dle svojí okamžité potřeby. Další skupinou jsou kuchyňské spotřebiče, trouba, varná konvice, sporák, mikrovlnná trouba, jejichž použití též uspokojuje aktuální potřebu člověka a nelze tedy předpokládat jejich start v jiných hodinách. Speciální případy těchto spotřebičů jsou mrazáky a lednice, kde je možnost odloženého startu spíše v řádu minut, neboť je potřeba udržovat požadovanou teplotu cyklickým spínáním. Dalšími velkou spotřebou, kde není možný odložený start, je osvětlení, opět jeho spuštění je spojeno s potřebou člověka. Není možné ani rozdělení jejich pracovního cyklu do více částí, z důvodů uspokojování aktuální potřeby člověka.

3.2 Spotřebiče s omezenou možností přesunu spotřeby

Spotřebiče, u nichž lze počítat s částečnou možností odložené spotřeby v řádech jednotek hodin, záleží však na benevolenci a motivaci samotného spotřebitele. Mezi tyto spotřebiče patří například žehlička, vysavač, domácí pekárna. Dalšími spotřebiči, jejichž provoz lze částečně posunout v čase, jsou elektrická topení. Posun je však závislý na tepelné pohodě, tepelné kapacitě a setrvačnosti domu. Mimo topnou sezónu nelze s touto spotřebou kalkulovat, naopak přichází možnost regulace klimatizačních jednotek.

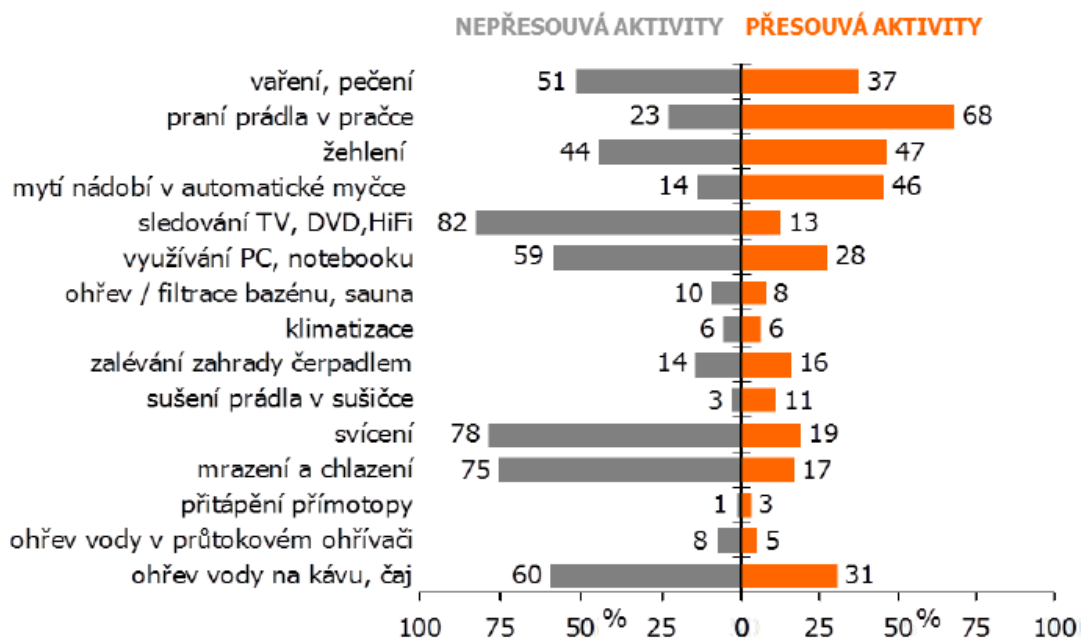
U domácích spotřebičů v této skupině, kromě elektrického topení, nelze příliš počítat z rozdělením pracovního cyklu do více částí, neboť jsou přímo spojeny s aktivitou člověka.



3.3 Spotřebiče vhodné pro přesun spotřeby

Mezi spotřebiče vhodné k odloženému startu patří boiler a akumulární topení. Dále lze za tyto spotřebiče považovat i pračku, myčku na nádobí a sušičku. U těchto spotřebičů je však důležitá jejich technické přizpůsobení tomuto systému. Starší modely nemají funkci odloženého startu, a proto je lze spouštět pouze zásahem člověka. Nové modely tento režim většinou mají. Dalším limitujícím faktorem u těchto spotřebičů je nutnost proběhnutí celého cyklu, nelze tedy spotřebu rozdělit na více částí. Naopak tepelné spotřebiče jako boiler a akumulární topení jsou rozdělení pracovních cyklů schopné.

Jako zásadní se také ukázala ochota samotných spotřebitelů k přesunu spotřeby. Jednou ze stěžejních informací získávaných z pilotních projektů je právě kvantifikace této ochoty k přesunu spotřeby. Na grafu získaném z pilotního projektu WPP AMM 2010-2013 [5] skupiny ČEZ a.s. je vidět, jaké procento spotřebitelů by bylo ochotno spotřebu přesunout.



12. Obr.: Ochota spotřebitelů k přesunu spotřeby (ČEZ a.s. WPP AMM 2013)[5]

3.4 Technická realizace přesunu spotřeby

V současné době je na trhu možnost zakoupení chytrých rozvaděčů, které umožňují vzdálené ovládání spotřebičů. Důležité je také technické vybavení spotřebičů samotných, spotřebiče musí být pro toto zapnutí bez zásahu člověka připraveny. Domy vybavené jak chytrými rozvaděči, tak spotřebiči technicky vybavenými pro dálkové spuštění, označujeme jako inteligentní domy a jsou pro aplikaci smart meteringu ideální, právě kvůli jejich technické připravenosti.



Další možností je již zmiňovaná funkce odloženého startu, u nichž sám uživatel nastavuje dobu, kdy má k zapnutí spotřebiče dojít. Jedná se o poloautomatický režim, kdy je vyžadován zásah člověka s časovým předstihem.

Jedním z technických omezení pro přesun spotřeby se v současnosti jeví nová legislativa, kterou zveřejnil Energetický úřad, která počítá se změnou účtování zákazníka vůči distributorovi. Tato nová legislativa vede zákazníky ke snižování nominální hodnoty jističe, tedy omezuje maximální příkon společně běžících spotřebičů. Proto je nutné počítat s tím to limitem při běhu více spotřebičů najednou. Zákazníci budou mít snahu spouštět spotřebiče postupně, aby nepřekročili příkon omezený hlavním jističem [18].

3.5 Motivace zákazníků

Zapojení zákazníka do systému smart meteringu a tedy ovlivňování jeho spotřeby, musí být spojeno s určitým profitem, který zákazník získá. Profit může být jak finanční, tak nefinanční. Zákazníci také požadují nulové investiční náklady pro přechod na jiný systém.

Využití profitů systému smart meteringu záleží na aktivitě zákazníků, ale také závislé na technickém provedení systému smart meteringu a jeho funkcích. Systém dává do rukou zákazníka vyšší moc nad ovlivněním svých nákladů na elektřinu a přináší mu množství dalších benefitů [5].

3.5.1 Informace o spotřebě

Jedním ze základních přínosů, které zákazník získá, je podrobnější záznam spotřeby elektrické energie. Získá tak informace nutné k aktivnímu ovlivnění spotřeby. Možnost snížení nákladů na elektrickou energii přichází nejvíce se vznikem tzv. dynamických tarifů, jejich použitím má zákazník přímo možnost ovlivnění nákladů na elektrickou energii. Náklady ovlivňuje přesunutím spotřeby do časových intervalů s nižší cenou a využívá tak rozdílu cen elektřiny v průběhu dne či týdne. Tento profit je však přínosem pouze pro zákazníky, kteří jsou ochotni se této problematice aktivně věnovat.

Znalost historických dat umožňuje zákazníkovi lehčí porovnatelnost spotřeby vůči jiným rokům a může tak rychleji odhalit například černý odběr z jeho odběrného místa nebo chybný smart metr. Pro zákazníky přináší výhodu v možnosti přesnějšího stanovení velikosti záloh, které mohou být stanovovány na základě historických záznamů spotřeby [5].

3.5.2 Měření zdroje elektrické energie

Zákazníkům, jež budou zároveň výrobci elektrické energie, přináší možnost měření jak spotřeby, tak výroby elektrické energie pouze jedním smart metrem. Zákazník opět získá přehled o průběhu výroby v závislosti na čase [5].



3.5.3 Komunikace se spotřebiči

V případě vytvoření oboustranné komunikační struktury samotného systému smart meteringu, lze tento komunikační systém využít ke komunikaci se spotřebiči. V dnešní době se však jedná spíše o vize budoucnosti, tento benefit je zcela závislý na technickém provedení komunikační struktury [5].

3.5.4 Snížení cen za distribuci

Lze předpokládat, že při zapojení většího množství zákazníků dojde k efektivnějšímu využití přenosových kapacit linek. Na linku bude tedy možné připojit více zákazníků a klesne tak finální částka za distribuci pro jednotlivé zákazníky.

Také nebude nutný fyzický odečet údajů o spotřebě ze smart metrů, pro distributora by tato změna měla znamenat snížení nákladů na zaměstnance, jež tuto činnost provádějí dnes [5].

3.5.5 Ekologie

Systém smart metering umožňuje svým chování zvýšení podílu obnovitelných zdrojů v energetickém mixu a také se snižuje potřeba regulační energie z méně ekologických zdrojů. Taktéž dochází k zefektivnění přenosové kapacity vedení a není tedy nutná výstavba dalších linek pro přenos. Lze tedy považovat tento přístup za více ekologický. Předpokládá se, že tento benefit nebude mít na zákazníka velký vliv [5].

3.6 Uplatnění smart meteringu u podnikatelských subjektů

Primárním záměrem této práce není zkoumání systému smart meteringu v souvislosti s podniky. Nicméně je zde uveden náhled do této problematiky pro širší představu.

Princip kontinuálního měření je u velkých spotřebitelů elektrické energie již zaveden, z důvodu fakturace elektřiny a z důvodu přizpůsobení výroby elektrické energie této spotřebě. U menších podniků není zavedeno kontinuální měření. I přes jeho zavedení nelze ovlivnit spotřebu podniků z těchto důvodů:

- technologické postupy mají přesně definovaný časový rámec
- některé pracovní postupy jsou nepřerušitelné (slévárny)
- podniky se snaží o minimální prostoje mezi jednotlivými úkony (nevyplatí se čekat na levnější elektřinu)
- přesunutí pracovních směn do nočních hodin (levnější elektrická energie), má za následek příplatek ke mzdám zaměstnancům ve výši 20 % průměrného hodinového výdělku (Zákoník práce § 125)



- s přesunem do nočních hodin dochází ke komplikacím v logistice
- u některých podniků není možné přenesení spotřeby do nočních hodin (podniky poskytující služby)

Pro většinu podniků je odložení spotřeby nemyslitelné nebo je potenciál přesunu spotřeby již plně vyčerpán. Zákazník je již dnes motivován k předvídatelnému a domluvenému průběhu spotřeby. Motivace je zajištěna cenami v diagramu a cenou za rezervovaný příkon.



4 Systém smart meteringu pohledem ostatních účastníků trhu

V této části se budeme zabývat systémem smart meteringu z pohledu ostatních účastníků energetického trhu. V dnešních dnech není jasné, který ze subjektů má nejbližší k ovlivňování spotřeby zákazníků. Potřeby změny spotřeby jednotlivých subjektů mohou být rozdílné, v některých případech i opačné.

Nelze počítat s jednorázovou výměnou všech elektroměrů za smart metry, proto je nutné po přechodnou dobu vytvořit efektivní souhru HDO a smart meter systémů. Systém HDO v dnešních dnech je ovládán distributorem, který stanovuje časy pro nízký a vysoký tarif. Proto je nutná kooperace s distributorem v tomto přechodném období.

Výhody spojené se smart meteringem se pro účastníky trhu projeví až po zapojení většiny zákazníků. Jsou zde nastíněny přístupy jednotlivých účastníků a z nich plynoucí výhody.

4.1 Smart metering ve vztahu k provozovateli distribuční sítě

Provozovatel distribuční sítě v tuto dobu ovládá signály systému HDO, proto lze počítat s bezproblémovou funkcí obou systémů. Oba systémy by sledovaly stejný záměr a vzájemně si nepřekážely. Došlo by k flexibilnějšímu a efektivnějšímu využívání přenosových kapacit. Provozovatel distribuční sítě by pak mohl sestavit přesnější modely zatížení linek v čase a lépe tak navrhoval další rozvoj sítí. Možnost dálkového odečtu by také znamenala finanční úsporu na pracovnících, jež fyzicky odečítají stávající elektroměry. Je potřeba ale na druhé straně zmínit, že systém smart meteringu je technicky složitější, a proto lze očekávat větší počty pracovníků, kteří budou provádět servis měřicích zařízení a komunikační struktury.

Dnes je distributor ve vztahu k zákazníkovi zastoupen na faktuře platbou za distribuční služby a nemůže tedy zákazníkovi nabídnout možnost dynamických tarifů, které by zákazníkovi přinesly možnost větší úspory. Na přelomu roku 2015/2016 přichází Energetický regulační úřad s novým systémem zúčtování, kde je pevně stanovena cena za distribuci na základě nominální hodnoty jističe. V současnosti (1. 3. 2016), po stížnostech široké veřejnosti, k přechodu na tento nový systém zřejmě nedojde, proto se k němu více nebude práce vyjadřovat.

Systém využívající smart meteringu by mohl poskytnout novou alternativu zúčtování distribuce elektrické energie. Cena za distribuci by se odvíjela na základě aktuálního zatížení jednotlivých linek, které zákazník využívá. Distributor by zákazníkovi posílal aktuální cenu za distribuci a zákazník by se na základě této informace rozhodl, zda chce spotřebovávat. Je však



nutné počítat i s fixním poplatkem za distribuci, neboť i přesto, že zákazník aktuálně nevyužívá síť, je mu stále k dispozici. Cenovou politiku, podíl fixní a variabilní ceny, je nutné stanovit adekvátně k využívání sítí. Pro zvýšení motivace zákazníka k rozproštění spotřeby do nevytížených časů je vhodné co nejvíce upřednostnit variabilní část ceny, neboť umožňuje zákazníkovi větší možnost úspory.

Údaje o naměřené spotřebě v čase by distributor předával obchodníkovi s elektrickou energií, který by podle nich zúčtoval elektrickou energii zákazníkům. Distribuce zákazníkovi je vázána zákaznickovou polohou, naopak volba obchodníka je čistě na vůli zákazníka. Mohlo by zde docházet k obchodně technickému rozporu, kdy by obchodník kalkuloval při nákupu pro spotřebitele s jiným diagramem dodávky elektrické energie, než ke které ho distributor použitím systému smart meteringu ovlivňuje. Technické zajištění spolehlivé a stabilní dodávky elektrické energie má z legislativních závazků jasnou prioritu, lze tedy očekávat přednostní splnění požadavků distributora. Efektivní využití tohoto systému je podmíněno spoluprací mezi obchodníkem a provozovatelem distribuční soustavy [5].

4.2 Smart metering ve vztahu k operátorovi trhu

Činnost operátora trhu je od samotného zákazníka velice vzdálena, jeho hlavní činností je zúčtování mezi ostatními zákazníky trhu, proto není jeho primárním cílem regulovat spotřebu koncových spotřebitelů.

4.3 Smart metering ve vztahu k provozovateli přenosové soustavy

Přínosem systému smart meteringu pro provozovatele přenosové soustavy patří zejména možnost nahrazení regulační energie z elektráren úpravou spotřeby zákazníků, a tím potlačení nerovnováhy výroby a spotřeby. Provozovatel přenosové soustavy v dnešní době nakupuje podpůrné služby od výrobců elektrické energie, kteří jsou tyto služby schopni zajistit. Platí výrobcům za udržování výkonové rezervy, kterou může v případě nutnosti využít ke kompenzaci výchylky. Zde vzniká možnost finanční úspory náhradou regulační energie odložením spotřeby zákazníků. Je potřeba říci, že pro zákazníka je jednodušší kompenzovat regulační odchylku vzniklou přebytkem energie, odchylka způsobená nedostatkem energie vyžaduje ukončení spotřeby některých spotřebičů, což zákazníka mnohem více omezuje v jeho činnosti.

Při znalosti historických údajů pak může provozovatel přenosové soustavy předcházet těmto stavům vyžadující regulaci a sníží tak náklady na pořízování podpůrných služeb.



Další výhodou je možnost omezení přetoků energie mezi hladinami napětí či z distribučních soustav do přenosové soustavy.

4.4 Smart metering ve vztahu výrobcům elektrické energie

Systém v pravomoci výrobců energie postrádá vyšší účinek, protože výrobců elektrické energie je nespočet a nesledují stejný záměr. Přípustnou možností by bylo nasmlouvání přesných odběrů ze strany spotřebitele a odpovídající výroby určitého výrobce elektrické energie (on demand výroba). Vzniklo by jakési přímé smluvní propojení mezi spotřebitelem a výrobcem, došlo by tak k eliminování subjektu obchodníka na trhu. Spotřebiteli a výrobcu elektřiny by toto propojení přineslo velké závazky spojené s dodržáním nasmlouvané spotřeby a výroby. Problém by nastával v časech odstávek či nečekaných poruch. Tyto závazky v aktuálním systému přebírá obchodník, který je dokáže vyšším počtem zákazníků a výrobců eliminovat. Není jasné, jaký ekonomický přínos by toto smluvní propojení mělo, protože lze očekávat zvýšení poptávky po regulační energii. Cena regulační energie je však mnohem větší než cena nasmlouvané energie. Z těchto důvodů lze považovat tuto myšlenku za velice nepravděpodobnou [9].

4.5 Smart metering ve vztahu k obchodníkům s elektrickou energií

Smart metering v rukou obchodníků má největší potenciál úspory nákladů pro zákazníka. Tento potenciál se nejlépe využije při vzniku tzv. dynamických tarifů (vysvětlíme v další kapitole). Hlavní myšlenkou dynamických tarifů je časově proměnná cena elektřiny v závislosti na aktuálních cenách, za které obchodník elektřinu nakoupil. Obchodníci mají několik nesporných výhod oproti ostatním subjektům na trhu. Jsou přímo smluvně propojeni, jak s výrobcí (obchodníky), tak se spotřebiteli. Spotřebitel může volně přecházet mezi jednotlivými obchodníky bez jakýkoliv omezení. Obchodník z historických záznamů spotřeb jednotlivých zákazníků může přesněji stanovovat objem nakoupené elektrické energie. To umožňuje snížení finančních nákladů již při samotném nákupu. V případě, že i přesto obchodník nenakoupí optimální množství energie, je schopen okamžitým ovlivněním spotřeby zákazníků zregulovat aktuální spotřebu a vyhnout se tak finančního postihu operátora trhu za způsobenou odchylku. Toto ušetření se pak může pozitivně promítnout do ceny energie. Další výhodou systému smart meteringu je možnost účinnějšího marketingu ze strany obchodníka a vytvoření atraktivních produktů pro zákazníky, kteří aktivně spolupracují.



4.5.1 Tarify v dnešním systému HDO

V této části se budeme zabývat systémem zúčtování obchodníka vůči zákazníkovi. Zaměříme se zde na nové alternativní tarify, které mohou přijít se systémem smart metering, které by přinesly větší možnost úspor pro zákazníka.

4.5.1.1 Jednotarifní systém

Cena elektrické energie je nezávislá na čase odběru. Tento tarif je jednoduchý, ale nelze u něj počítat s přesunem spotřeby elektřiny do jiných časů, protože zde není žádná finanční motivace pro zákazníka. Tento tarif je dnes běžně používán pro zákazníky s malou a střední spotřebou [19].

4.5.1.2 Dvoutarifní systém

Cena elektrické energie je v čase rozdělena do dvou tarifů to tzv. „nízkého“ „vysokého“. Rozdílná cena v těchto tarifech motivuje zákazníky přesouvat spotřebu do míst nízkého tarifu, kde je elektřina levnější. Jedná se o velice používaný systém. Pro získání dvoutarifního systému je však nutné splnit určité podmínky [19].

4.5.2 Tarify vhodné pro smart metering

4.5.2.1 Více tarifní systém

Elektrická energie je různě cenově ohodnocena v závislosti na čase spotřeby. Obchodník předem nasmlouvá ceny v jednotlivých časech, aby tak ještě více ovlivnil spotřebu zákazníka. Jedná se o období dvoutarifních systémů s rozšířením o více cenových hladin. Výhodou je citlivější ocenění jednotlivých časových pásem a větší motivace k přesunu. Z pilotních projektů se však ukazuje, že spotřebitelé nemají velký zájem o více tarifní systém [5].

4.5.2.2 Tarify s blokací

Cena určitého množství elektrické energie je do určitého množství oceněna jinak než po jeho překročení. Cena se zvyšuje se zvětšujícím se okamžitým příkonem domácnosti. Tento tarif je velice výhodný pro distributory, protože motivuje zákazníky k vytvoření kontinuální nízké spotřeby bez zbytečných špiček [5].

4.5.2.3 Dynamické tarify

Cena elektrické energie se odvíjí od okamžitých potřeb obchodníka. Cena se v průběhu dne výrazně mění a lze tedy počítat z velkým prostorem pro úsporu při přesunech. Tento tarif umožňuje obchodníkovi ovlivňovat spotřebu zákazníku s největší flexibilitou. Pro zákazníka je však složité se v tarifu orientovat a vyžaduje jeho velkou pozornost pro efektivní využití. V pilotních projektech se ukázalo, že většina zákazníků dává přednost jasné ceně a přehlednosti systému zúčtování [5].



4.6 Stávající pilotní projekty

V dnešní době probíhá několik pilotních projektů pod záštitou velkých společností s elektřinou na území České republiky. Mezi neaktivnější společnosti patří ČEZ a. s., E.ON a. s., PRE a.s..

4.6.1 Projekty společnosti ČEZ

ČEZ a. s. vytvořila pilotní projekty v několika oblastech, kde je použita technologie AMM.

Ve Vrchlabí byl spuštěn program FUTUR/E/MOTION, kde byla technologie zakoupena od Hewlett Packard. Moderní technologií bylo osazeno 40 000 spotřebitelů. Plný provoz projektu byl spuštěn na přelomu roku 2012/2013.

V Hradci Králové je do projektu zapojeno 840 spotřebitelů a 3 transformační stanice. Komunikace je prováděna pomocí PLC a rádiových vln.

V Chrudimi je do projektu zapojeno 620 spotřebitelů napájených ze tří transformačních stanic. Jedná se zde o výhradní komunikaci PLC spolu v kombinaci se stávajícím systémem HDO.

Nejmenším projektem je osazení 480 rodinných domů v Poličce, napájených ze čtyřech transformačních stanic. Komunikace zajištěna technologií PLC. Technologie ovládání je opět v kombinaci s HDO.

Skupina ČEZ a. s. je zapojena do několika Evropských energetických plánů, které jsou hlavními podněty pro osazování oblastí chytrými měřicími přístroji. Mezi hlavní projekty patří GRID4EU, kde spolu s partnery Enel, ERDF, Iberdrola, RWE, Vattenfall vytvářejí šest největších pilotních projektů zabývajících se touto problematikou [5] [15].

4.6.2 Projekty společnosti E.ON

Společnost E.ON a. s. spustila nový projekt Energie pod kontrolou, který běží od září 2015 do poloviny února 2016. V tomto projektu jsou zapojeni zákazníci, kteří se dobrovolně přihlásili, jsou tedy rozmístěni po celém území České republiky, jedinou podmínkou pro přijetí do projektu byla nutnost odebírat elektrickou energii od této společnosti. Tento projekt má další unikátní součást, a to zapojení vlastníků malých solárních elektráren.

Součástí projektu je nejen „chytré měření“, ale také přítomnost zařízení umožňující vzdálené ovládání domácích přístrojů, zejména elektrického topení. Ovládání je pro uživatele zprostředkováno pomocí mobilní aplikace pro operační systémy Android a iOS.

Společnost si od projektu slibuje monitorování chování spotřebitelů s touto technologií v České republice. Dále očekává zpětný feedback od zákazníků a celkové vyhodnocení vlivu této technologie na změnu diagramu spotřeby elektrické energie [20].



Dalšími menšími projekty, které E.ON a. s. financuje, je projekt na jižní Moravě v obci Jarohněvice, který slouží k eliminaci negativního vlivu solárních elektráren na síť, obci Drahany v okrese Prostějov a České Velenice, kterým se eliminuje velký odběr průmyslových podniků a přítomnost fotovoltaické elektrárny o výkonu 1,3 MW. Unikátností těchto projektů je použití regulačních transformátorů (Siemens a Maschinenfabrik Reinhausen) pro stabilizaci napětí. Spojením regulačních transformátorů a „chytrého měření“ dochází k simulaci konceptu Smart grids („chytrých sítí“).

Společnost také začala nabízet jednotlivým obcím a městům zapojení do konceptu Smart cities. Mezi hlavní cíle patří snížení CO₂, celková úspora energií, stavba inteligentních budov, instalace chytrých měření a rozvoj smart grids. Do těchto projektů jsou zapojeny města Brno, Písek [20] [21].

4.6.3 Projekty společnosti Pražské energetiky (PRE)

Společnost PRE nabízí svým zákazníkům možnost instalace smart metru za poplatek 149 Kč měsíčně. Komunikace mezi měřicím přístrojem a centrálou je prováděna pomocí GPRS komunikace. Zákazník tak získá online přístup k datům o svojí spotřebě, samozřejmě tyto data zároveň slouží společnosti pro její výzkum a rozvoj smart meteringu [22].



5 Spotřeba rodinného domu v systémech HDO a Smart metering

V této kapitole se zaměříme na měření spotřeby rodinného domu. Spotřeba byla měřena průběhovým záznamovým zařízením ACE6000 DC4 od společnosti Actaris Zähler & Systemtechnik GmbH s drobnými úpravami pro splnění požadavků zákazníka, které umožňovalo záznam v intervalu 15 minut. Z těchto naměřených hodnoty budeme nadále vycházet i v našem ekonomickém posouzení. Měřicí zařízení má třídu přesnosti 0,5 a je schopno měření elektrické energie ve všech čtyřech kvadrantech. Pro naše měření jsme využili pouze měření činné spotřeby [23].

Pro toto vyhodnocení je nutné znát parametry námi měřeného rodinného domu.

Parametry rodinného domu

- Postaven v roce 2005 v jižních Čechách
- Dvoupatrový, obýván 4 osobami
- Rozloha základu je 63,9 m², celkové vytápěná plocha 138,6 m²
- Elektrické vytápění 12 kW v kombinaci s krbovými kamny
- Ohřev vody v boileru
- Elektrický sporák a trouba
- TDD třídy 7 odběr s přímotopem, sazba D45d [18]
- Sledované období leden, únor, březen 2016

5.1 Rozbor spotřeby

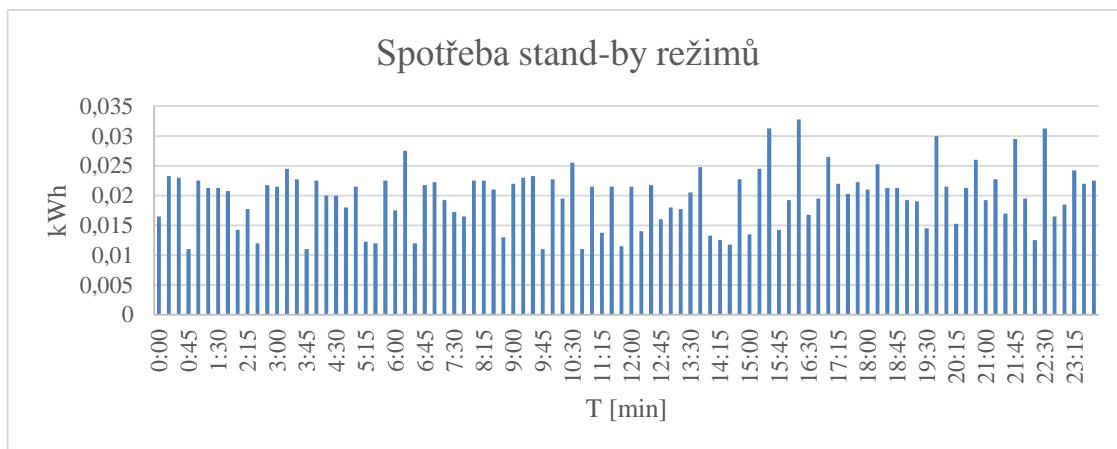
Spotřebiče instalované v rodinném domě rozdělíme do kategorií z kapitoly 3. Zapojení spotřebičů v systému smart meteringu. Dělení provedeme do skupin spotřebičů neumožňující přesunutí, s omezenou možností přesunu, a vhodné k přesunu. I přes toto rozdělení je nutné respektovat životní rytmus obyvatel domu a tedy i spotřebiče vhodné k přesunu musí být spuštěny v řádu desítek hodin.

5.1.1 Klasifikace spotřebičů v domácnosti dle možnosti přesunu spotřeby

První skupinou spotřeby, která do této kategorie zapadá, je spotřeba stand-by režimů spotřebičů jako jsou televizor, rádio, monitor u stolního PC, satelitní přijímač, mikrovlnná trouba. Dále pak spotřebiče vyžadující neustálé zapojení v elektrické síti, mrazák, lednice, bezpečnostní



alarm. Společným znakem pro tuto spotřebu je nemožnost jejího přesunu, ale také její nezávislost na lidském rytmu. Tato spotřeba není aktivně ovlivňována obyvateli rodinného domu.



13. Obr.: Spotřeba stand-by režimů

Dále se budeme věnovat spotřebě, jež je aktivně spouštěna obyvateli a lze tedy uvažovat o jejím přesunu.

Spotřebič	Příkon / spotřeba	Jednotka	Poznámka	Přesun spotřeby
Televizor	0,14	kW		Nelze
Wifi router	0,05	kW		Nelze
Varná konvice	0,08	kWh	1 cyklus	Nelze
Rádio	0,013	kW		Nelze
Notebook	0,014	kW		Nelze
Trouba*	2,5	kW		Nelze
Sporák 1 plotýnka*	1,5	kW		Nelze
Fén*	1,8	kW		Nelze
Vysavač	1	kW		Omezený
Žehlička	2,4	kW		Omezený
Pračka	0,07	kWh	40 °C 1 cyklus	Vhodný
Pračka	0,91	kWh	60 °C 1 cyklus	Vhodný
Myčka	1,35	kWh	1 cyklus	Vhodný
Boiler*	1,6	kW		Vhodný
Elektrické topení*	12	kW		Omezený

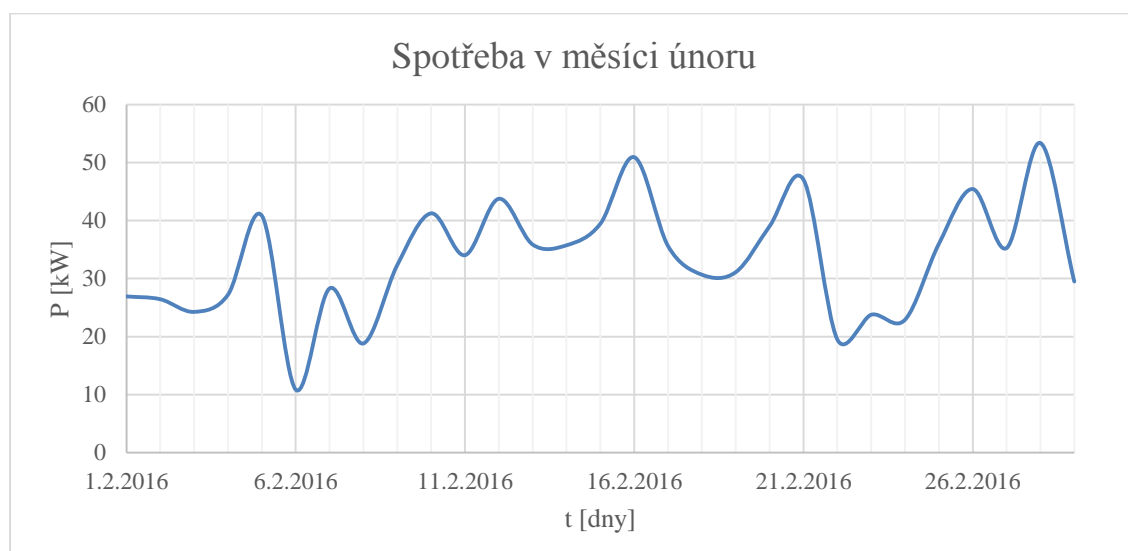
*odečteno ze štítků přístroje

1. Tab.: Spotřebiče v domácnosti

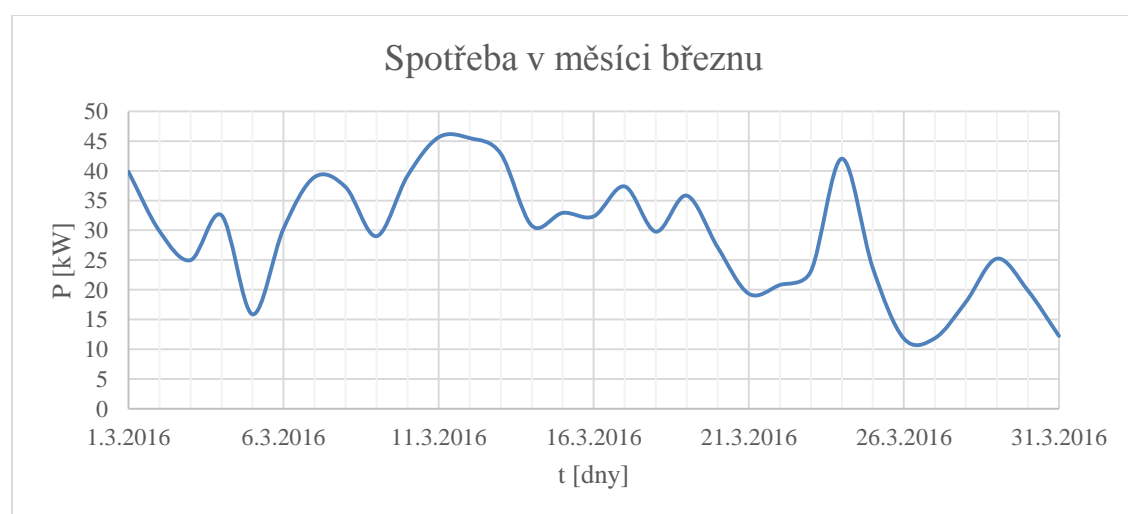
V měsíci lednu a březnu byla snaha o maximální spolupráci se systémem HDO, naopak v únoru byla snaha o přiblížení systému smart meteringu.



14. Obr.: Spotřeba v měsíci lednu



15. Obr.: Spotřeba v měsíci únoru



16. Obr.: Spotřeba v měsíci březnu



5.2 Rozbor naměřených dat



17. Obr.: Registrační měřicí přístroj ACE6000 DC4 [23]

Naměřená data byla získána záznamovým měřicím přístrojem ACE6000 DC4. Tento přístroj zaznamenával spotřebu v 15minutových intervalech a poté uložil střední hodnotu výkonu ve watttech, který této spotřebě odpovídal. Vybaveností zařízení se nejednalo o plnohodnotný smart meter, ale pouze o průběhové měřicí zařízení, které zaznamenává spotřebu v čase. ACE6000 DC4 neodesílal informace v reálném čase do datových koncentrátoru, ale ukládal je do paměti a jednou měsíčně byl provádět odečet pomocí kontaktního zařízení. Přenos dat probíhal optickým rozhraním pomocí komunikačních protokolů IEC 62056-62 (Cosem/ DLMS). Softwarově byl přenos dat obsluhován programem support tool AIMS6000. Tyto vlastnosti, kterými se lišil ACE6000 DC4 od standartního smart metru, neměli žádný vliv na přesnost a použitelnost měření.

Výstupní data z měřicího zařízení jsou interpretována tabulkou, kde sloupce odpovídají časovým intervalům po 15 minutách a řádky jednotlivým dnům v měsíci. Měřicí zařízení ukládalo více informací na dalších kanálech, protože tyto data nejsou pro naše měření důležitá, nebudeme se jimi dále zabývat.

Naměřená data byla porovnána s fakturačním měřením na odběrném místě. Naměřená spotřeba na obou zařízeních se téměř shodovala, malá odchylka vznikla po delším měření, kdy fakturační elektroměr měřil i spotřebu samotného námi přidaného registračního měřidla. Tento



rozdíl je však pro ekonomický výpočet zanedbatelný. V praxi by se též neuplatnil, neboť by průběhové zařízení stalo zároveň fakturačním [23].

5.3 Porovnání systému z pohledu zákazníka

5.3.1 Předpoklady nutné k provedení porovnání

- Spotřebitel, jež používá systém smart metering a zároveň je ochoten hýbat se svou spotřebou v závislosti na ceně, může finančně profitovat z různých cen v průběhu dne.
- Zanedbáme právních bariery systému smart metering.
- Budeme počítat pouze s cenou silové energie bez DPH, abychom tak zjednodušili výpočet o regulované složky, kde je cena pevně daná legislativou.
- Zanedbáme náklady potřebné na vstup na vnitrodenní trh.

5.3.2 Zúčtování při stávajícím systému HDO

Z důvodů porovnání obou systémů jsem provedl vyúčtování ve stávajícím systému HDO ve dvou-tarifním systému. Při měření byla snaha o maximální přizpůsobení spotřeby právě tomuto režimu. Pro tuto domácnost byl stanovena sazba D45d. Jedná se o sazbu s 20 hodinami v „nízkém“ tarifu a se 4 hodinami ve „vysokém“. Přímotopné spotřebiče a bojler jsou zapínány v době „nízkého“ tarifu. Pro ekonomické zhodnocení budeme uvažovat pouze cenu silové elektřiny bez DPH, zanedbáme příspěvek na obnovitelné zdroje a částku za distribuci, neboť tyto částky jsou fixní či regulované. Výpočet jsme provedli pro objekt popsany v 5. kapitole.



Pro měsíc leden:

LEDEN	Cena za MWh [Kč]	Spotřeba [MWh]	Cena [Kč]
Nízký tarif	1 109	1,375812	1 526
Vysoký tarif	1 485	0,062525	93
Stálý měsíční plat	-	-	58
Celkem	-	1,438337	1 677

2. Tab.: Zúčtování elektřiny systém HDO – Leden

Pro měsíc únor:

Únor	Cena za MWh [Kč]	Spotřeba [MWh]	Cena [Kč]
Nízký tarif	1 109	0,927797	1 029
Vysoký tarif	1 485	0,038657	57
Stálý měsíční plat	-	-	58
Celkem	-	0,966454	1 144

3. Tab.: Zúčtování elektřiny systém HDO – Únor

Pro měsíc březen:

Březen	Cena za MWh [Kč]	Spotřeba [MWh]	Cena [Kč]
Nízký tarif	1 109	0,871404	966
Vysoký tarif	1 485	0,034403	51
Stálý měsíční plat	-	-	58
Celkem	-	0,905806	1 075

4. Tab.: Zúčtování elektřiny systém HDO – Březen

5.3.3 Ekonomický výpočet zúčtování pro systém smart metering

Pro nastínění nového systému zúčtování jsem využil dostupných informací o cenách elektrické energie ze stránek Operátora trhu s elektrickou energií [24]. Tímto způsobem jsem se snažil ekonomicky simulovat situaci, kdy cena elektrické energie pro spotřebitele odpovídá přímo ceně na trhu. Naměřenou spotřebu jsem ocenil podle času kdy proběhla, dle cen na vnitrodenním trhu. Toto ocenění lze považovat za jakýsi dynamický tarif. Cena dle ceníků obchodníka není pouze cenou za silovou elektřinu, ale také za služby, které poskytuje obchodník zákazníkovi. Tuto skutečnost je nutné po celkovém vyčíslení také zahrnout do výsledného zhodnocení a připočítat přibližnou marži obchodníka. Předpokládejme, že marže obchodníka je přibližně 200 Kč na 1 MWh. Pro lepší porovnání jsem sestavil přehlednou tabulku. Z tabulky Ekonomické porovnání systémů je zřejmé že úspora při použití systému smart meteringu vychází průměrně 209,63 Kč za měsíc, což přináší zajímavou částku, jež by mohla být v prvotní části dostatečnou motivací spotřebitelů pro vstup do nového systému.



	Spotřeba	HDO	Smart metering
Měsíc	[MWh]	[Kč]	[Kč]
Leden	1,44	1 677,00	1 577,67
Únor	0,97	1 144,00	820,29
Březen	0,91	1 075,00	869,16
Celkem	3,31	3 896,00	3 267,12
Úspora	-	-	628,88
Měsíční úspora (průměr)			209,63

5. Tab.: Ekonomické porovnání systémů

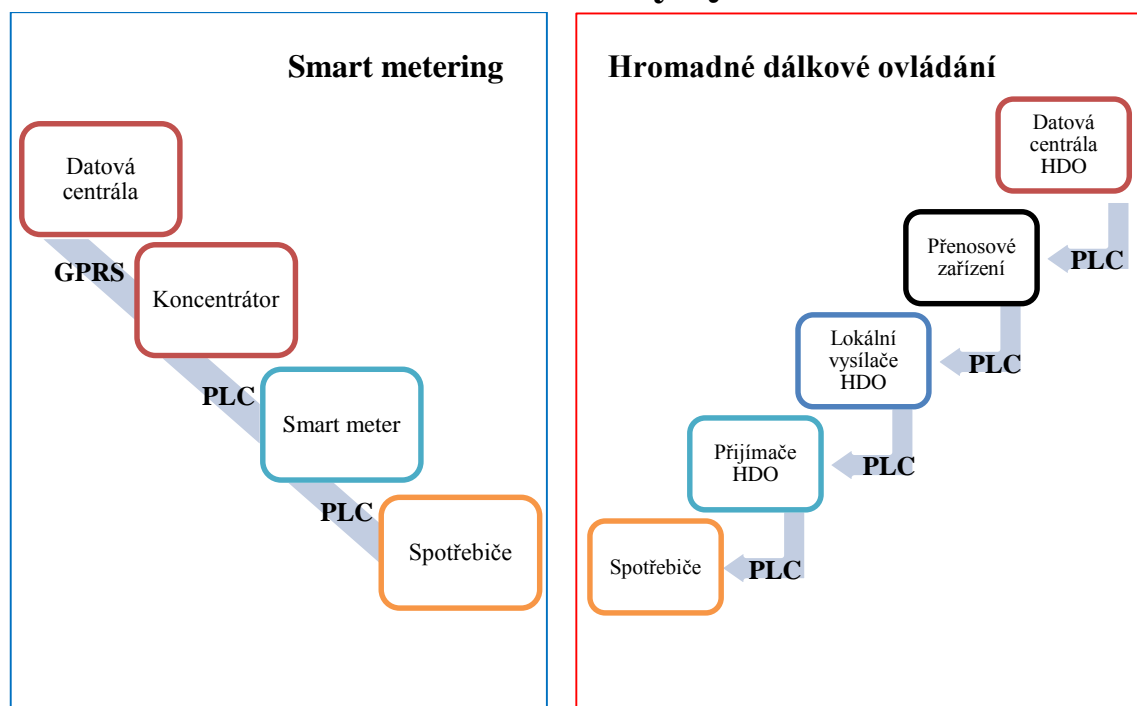
Toto ekonomické porovnání je třeba posuzovat s ohledem na to, že se jedná o vyhodnocení pouze jednoho rodinného domu v zimním období. Pro jiné zákazníky s jiným průběhem spotřeby může být odlišné. Je důležité říci, že v měsíci lednu a březnu byla spotřeba upravována pro režim HDO. Naopak v únoru byla snaha o přesun spotřeby do míst s nižší cenou dle systému smart metering. Přesun spotřeby byl prováděn manuálně spínáním spotřebičů, nelze tedy garantovat ideální spínání jako v případě spínání automatikou ovládanou smart rozvaděčem či jiným zařízením. Další možností, jak systém smart meteringu ještě finančně zefektivnit, je nakupovat elektrickou energii pro přesunovatelnou spotřebu na denním trhu, kde se s elektřinou obchoduje den dopředu a lze tedy vybrat časy s nízkou cenou. Tento propracovanější systém vyžaduje automatické ovládání spotřebičů, které nebylo k dispozici.

Výpočet hodnot byl proveden na základě aktuálních cen na vnitrodenním trhu s elektrickou energií [24]. Jeden z hlavních důvodů výhodnosti smart meteringu je ve využití nižších cen elektřiny na vnitrodenním trhu. Nelze predikovat změnu ceny při zapojení většího počtu odběratelů, ale pro vstup prvních odběratelů by tento finanční rozdíl mohl být dostačující. Další podstatnou otázkou je, jak se k tomuto novému systému postaví obchodníci s elektrickou energií.

Pro obchodníka přináší tento systém větší práci s daty a s obchodováním na krátkodobých trzích. Přínosem pro obchodníky by mohl být atraktivní produkt a efektivnější marketing. V případě nezájmu jednotlivých odběratelů by se mohl stát lukrativní pro různá sdružení obyvatel a větší odběrné celky.



5.4 Porovnání technické stránky systémů



18. Obr.: Porovnání komunikačních struktur obou systémů

Stávající systém HDO dosáhl v dnešních dnech svých technických limitů. Za dlouhou dobu provozu se podařilo tento systém technicky velice dobře zvládnout a i přes jeho nevýhody se stal standardem v České republice. Mezi jeho výhody lze označit velkou robustnost, jednoduchost komunikace a bezpečnost celého systému. Nespornou výhodou je též jednoduchá komunikace po silových vodičích, není tedy potřeba budovat separovanou komunikační strukturu. Naopak z komunikace po silových vodičích vyplývá několik limitujících faktorů, mezi které patří možnost pouze jednosměrná komunikace, omezený počet vysílaných signálů, nutnost opětovného vysílání signálů pro zajištění spolehlivého přenosu informace. Z důvodů jednosměrné komunikace též není možný dálkový odečet spotřeby z elektroměrů. Většinu těchto technických bariér by měl překonat systém smart meteringu.

Systém využívající smart metering je zatím pouze ve fázi testovacích projektů, ale už nyní se ukazuje mnoho výhodných technický parametrů systému. Hlavní z nich je obousměrná komunikace, možnost vysílání adresných signálů a možnost přenosu větších objemů dat, real time odečet spotřeby, možnost odečtu více měřicích přístrojů. Všechny tyto technické výhody jsou však spjaty s nutností vytvoření komplikované separované komunikační struktury a vysokými nároky na jednotlivé přístroje v komunikační struktuře. I když je zde snaha o zachování aspoň části komunikace po silových vodičích, je nutné velkou část komunikace zprostředkovat jiným, náročnějším způsobem. Komunikace po silových vodičích trpí zejména v hustě obydlených lokalitách silným rušením z důvodů nestíněných kabelových vedení. Komunikaci dále ztěžují



starší prvky v síti, jako jsou například jističe, jež ztlumují signál. Pro tuto komunikaci se zdá nejvhodnější širokopásmová PLC komunikace (BPL). Pokud necháme část komunikace na silových vodičích, může docházet k chybnému příjmu informací z jiných odběrných míst, než pro která jsou datová centra určena, a to kvůli zokruhování sítě NN. Jako nejpravděpodobnější pro komunikaci mezi datovými koncentrátory a centrálou přichází v úvahu komunikace GPRS, tedy připojení k Internetu. Připojení k Internetu přineslo možnost real time sledování spotřeby, ale také možnost kybernetického napadení a následné zneužití dat z datových centrech či samotných datových koncentrátorech. Protože je systém teprve v testovacích projektech, lze očekávat další možné nepředvídané komplikace spojené zejména s velkým množstvím přenášených dat. Při velkém rozšíření se očekávají také větší finanční náklady na potřebný software, datová centra, servery a kapacitu komunikační struktury. Dále lze očekávat nemalé prvotní investiční náklady na pořízení a instalaci smart metru, cena jednoho smart metru se pohybuje okolo 3500 Kč.

5.5 Systémy z pohledu spotřebitele

V současné době je spotřebitel zvyklý na systém HDO, který nepotřebuje k plné funkčnosti vnější zásah spotřebitele, a to zejména kvůli zautomatizovaným procesům a technicky připraveným spotřebičům. Samozřejmě spotřebitelé, jež přesouvají svoji spotřebu do časů v nízkého tarifu, napomáhají k zefektivnění systému, ale velké akumulární a přímotopné spotřebiče jsou většinou přímo ovládány automatikou HDO.

U systému smart meteringu je tomu právě na opak. Z důvodů toho že, většina domácích spotřebičů není na tento nový systém plně připravena, je potřeba, aby spotřebitel sám aktivně spínal či nastavoval sepnutí, případně vypínal spotřebu dle potřeb elektrické sítě. Pro spotřebitele přichází nutnost sledovat informace o stavech případně cenách v elektrické síti a na základě vlastního uvážení spotřebovat elektrickou energii či nikoliv. Aktivním přístupem a logickým uvažováním lze dosáhnout jak zlepšení stavů v síti, i tak finanční úspory za elektrickou energii. Předpokládá se, že s rozšířením smart technologií, bude sledování stavů a cen v síti také plně zautomatizována pomocí smart rozvaděčů či spotřebičů samotných, tím odpadne nutnost sledování pro spotřebitele.

6 Závěr

Tato bakalářská práce se zabývá porovnáním systémů zúčtování při použití technologií HDO a smart metering. Jejím cílem je zhodnocení obou systémů a poukázání na výhody a nedostatky. Důraz byl kladen zejména na pohled ze strany spotřebitele. Přínosem této práce je předložit čtenáři ucelený rozhled nad problematikou dálkového ovládnání spotřeby. Práce se též snaží ukázat na příkladu z praxe možnosti smart meteringu a doplnit tak teoretické znalosti čtenáře o funkční aplikaci systému.

Práce je členěna na tři části. První část je teoretická, zaměřuje se na technickou stránku stávajícího systému HDO. V této části jsou detailně popsány přijímače a vysílače signálu, jejich fungování a charakteristické vlastnosti přenosu signálu po silových vodičích. Pro snazší pochopení fungování trhu je v této části uveden výtah z energetického zákona popisující funkci jednotlivých účastníků trhu.

Dále následuje část zabývající po teoretické stránce systémem smart metering. Hlavním důvodem pro nutnost uvažování nového systému dálkového ovládnání a řízení spotřeby elektřiny se stal velký nárůst obnovitelných neregulovatelných zdrojů. Pro demonstraci problémů v síti byla použita analýza spotřeby pro den 22. 2. 2016. Analýza ukázala omezené možnosti systému HDO, který kvůli pevným časovým intervalům nemůže provádět okamžité regulační zásahy. V závěru druhé části byly nastíněny druhy interakcí a dále motivace zákazníka v systému smart meteringu k takovému chování, aby to přineslo co největší prospěch celé síti. Vzhledem k politice České republiky, jež podporuje výstavbu obnovitelných zdrojů, lze uvažovat, že zmíněný problém se bude dále prohlubovat a proto je nutné ho začít aktivně řešit.

V poslední části se věnuje práce naměřeným hodnotám z registračního elektroměru, který měřil spotřebu rodinného domu. Naměřené hodnoty spotřeby jsou oceněny tržními cenami z vnitrodenního trhu a porovnány s oceněním aktuálním systémem nízkého a vysokého tarifu, neboť finanční motivace bude rozhodující pro vstup nových spotřebitelů do systému smart metering. Porovnání vychází ve prospěch systému smart meteringu a úspora činí okolo 200 Kč za měsíc. Při zapojení více spotřebitelů je nutné provést hlubší finanční analýzu, neboť může dojít ke změnám cen na krátkodobém trhu s elektrickou energií. Zpracované finanční zhodnocení obou systémů bylo provedeno na jednom odběrném místě, odhalilo určitý potenciál, který však není možné bez dalších měření a analýz vztáhnout na všechny zákazníky.

V závěru této části je provedeno přehledné porovnání obou technických stránek systémů a požadavky na spotřebitele. Z této kapitoly vychází, že systém HDO je prozatím při stávajících podmínkách efektivní a postačující. Z úvah o využití smart metering vyplývá, že největšími úskalími této technologie jsou vysoké investiční náklady na jeho zavedení, náročná komunikační struktura a nízká motivace i možnosti spotřebitelů pozměňovat průběh svojí spotřeby. Systém

smart meteringu přináší zatím nízkou přidanou hodnotu za velké investiční náklady oproti HDO. Hlavními důvody pro jeho masové rozšíření budou legislativní nebo technické či ekonomické. Evropská unie se zavázala k výměně 80 procent standartních elektroměrů za smart metry do roku 2020. V případě technických důvodů se jedná o takové změny v energetickém mixu, které by si vyžádaly zavedení smart meteringu k udržení zachování bilance výroby a spotřeby a spolehlivého chodu rozvodné sítě. Dalším důvodem zavedení smart meteringu může být zvýšení přínosů vlivem změn cen na trzích s elektrickou energií, zejména s regulační energií. Vzhledem k tomu, že nelze očekávat pokles spotřeby elektřiny a podíl obnovitelných zdrojů na výrobě bude narůstat, je nutné věnovat se této problematice i nadále.



7 Zdroje

- [1] ČESKÁ REPUBLIKA. Vyhláška o měření elektřiny a o způsobu stanovení náhrady škody při neoprávněném odběru, neoprávněné dodávce, neoprávněném přenosu nebo neoprávněné distribuci elektřiny. In: *Předpis č. 82/2011 Sb.*. Praha, 2011, ročník 2011, 31/2011.
- [2] Metodika použití typových diagramů dodávek (TDD) [online]. Praha: Operátor trhu s elektřinou, 2003 [cit. 2016-04-22]. Dostupné z: http://www.ote-cr.cz/dokumentace/dokumentace-elektrina/files_dokumentace/Metodika_TDD.zip/at_download/file
- [3] Normalizované TDD. *Ote-cr.cz* [online]. 2016 [cit. 2016-05-04]. Dostupné z: <http://www.ote-cr.cz/statistika/typove-diagramy-dodavek-elektriny/normalizovane-tdd>
- [4] POHORSKÝ, Jiří. HDO - hromadné dálkové ovládání. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2002, 118 s. ISBN 80-7300-054-7.
- [5] MINISTERSTVO PRŮMYSLU A OBCHODU. Ekonomické posouzení všech dlouhodobých přínosů a nákladů pro trh a jednotlivé zákazníky při zavedení inteligentních měřících systémů v elektroenergetice ČR [online]. 2012 [cit. 2013-04-18]. Dostupné z: <download.mpo.cz/get/46789/52808/592041/priloha002.docx>
- [6] SVOBODA, Jaroslav. Systémy hromadného dálkového ovládání. Praha, 1974. České vysoké učení technické v Praze.
- [7] ČESKÁ REPUBLIKA. Zákon o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů: energetický zákon. In: č. 458/2000 Sb. Praha: Ministerstvo průmyslu a obchodu, 2000, 131/2000.
- [8] Cena elektřiny: Z čeho je složena? *Cenyenergie.cz* [online]. 2014 [cit. 2016-05-05]. Dostupné z: <http://www.cenyenergie.cz/cena-elektriny-z-ceho-je-slozena/#/promo-ele>



- [9] ZANDL, Patrik. Nová tarifní struktura, boj proti fotovoltaice a vliv kachní křivky na cenu elektřiny. In: Energomonitor.cz [online]. 2016 [cit. 2016-04-17]. Dostupné z: <https://www.energomonitor.cz/nova-tarifni-struktura-boj-proti-fotovoltaice-a-vliv-kachni-krivky-na-cenu-elektriny/>
- [10] ČEPS a.s.: Zatížení [online]. Praha: ČEPS, 2016 [cit. 2016-04-20]. Dostupné z: <https://www.ceps.cz/CZE/Data/Vsechna-data/Stranky/Zatizeni.aspx>
- [11] ČEPS a.s.: Výroba [online]. Praha: ČEPS, 2016 [cit. 2016-04-21]. Dostupné z: <http://www.ceps.cz/CZE/Data/Vsechna-data/Stranky/Vyroba.aspx>
- [12] *Měsíční zpráva o provozu ES ČR* [online]. Praha: Energetický regulační úřad, 2015 [cit. 2016-05-05]. Dostupné z: http://www.eru.cz/documents/10540/1225302/Mesicni_zprava_2015_12.pdf/98141e4f-dd33-42e2-962a-3a7ae783852d
- [13] ČEPS a.s.: Regulační energie [online]. Praha: ČEPS, 2016 [cit. 2016-04-21]. Dostupné z: <http://www.ceps.cz/CZE/DATA/VSECHNA-DATA/Stranky/Regulacni-energie.aspx?lang=CZE>
- [14] E.ON. *Interní materiály*. České Budějovice, 2015.
- [15] NETOLIČKOVÁ, Soňa. *Smart metering – nová koncepce měření!* [online]. Vılanec: ČEZ, 2012 [cit. 2016-04-22]. Dostupné z: http://european.cz/Proceedings/41/Smart%20metering%20%E2%80%93%20nova%20koncepce%20m%C4%9B%C5%99eni_Euro.pdf
- [16] MIKULA, Aleš, Jaroslav CHLUMSKÝ a Jan DVOŘÁK. Zpráva dílčího cíle: „Analýza stavu standardů v systémech sběru dat“ projektu „Smart metering systém pro energetiku“. In: *ZPA smart energy* [online]. Trutnov, 2014 [cit. 2016-04-22]. Dostupné z: <http://www.zpa.cz/files/files/Zprava-dilciho-cile-Analyza-stavu-standardu-.doc>
- [17] Inteligentní domácnosti zažívají na západě boom, v Česku tvoří pouze 6 %. *Hypindex.cz* [online]. Praha, 2015 [cit. 2016-04-22]. Dostupné z: <http://www.hypindex.cz/inteligentni-domacnosti-zazivaji-na-zapade-boom-v-cesku-tvori-pouze-6/>

- [18] Změny pro konečné zákazníky. Energetický regulační úřad [online]. Praha [cit. 2016-04-22]. Dostupné z: <https://www.eru.cz/zmeny-pro-konecne-zakazniky#2>
- [19] Jak se vyznat v sazbách elektřiny? *Cenyenergie.cz* [online]. 2015 [cit. 2016-05-04]. Dostupné z: <http://www.cenyenergie.cz/jak-se-vyznat-v-sazbach-elektřiny/#/promo-ele>
- [20] Energie pod kontrolou. *E.ON* [online]. České Budějovice: E.ON, 2015 [cit. 2016-04-22]. Dostupné z: <https://www.eon.cz/energie-pod-kontrolou>
- [21] *Komunál.info* [online]. České Budějovice: E.ON, 2015, **2015**(3) [cit. 2016-04-22]. Dostupné z: <https://www.eon.cz/-a22863?field=data>
- [22] Chytré měření. Pražská energetika a.s. [online]. Praha: Pražská energetika, 2015 [cit. 2016-04-22]. Dostupné z: <https://www.pre.cz/cs/firmy/sluzby-zakaznikum/technicke-sluzby-pre/chytre-mereni/>
- [23] ACTARIS ZÄHLER & SYSTEMTECHNIK GMBH. *Uživatelská Příručka: Uživatelská příručka ACE6000 DC4*. 2005.
- [24] Vnitrodenní trh s elektřinou. *OTE* [online]. Praha: OTE, 2016 [cit. 2016-04-22]. Dostupné z: <http://www.ote-cr.cz/kratkodobe-trhy/elektrina/vnitrodenni-trh/>
- [25] Inteligentní měření. *Cez.cz* [online]. [cit. 2016-04-29]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/vyzkum-a-vzdelavani/vyzkum-a-vyvoj/subjekty-v-oblasti-vyzkumu-a-vyvoje/eu-verejne-zdroje-financovani/smart-grids/info-k-pilotnimu-projektu-inteligentniho-mereni.html>
- [26] CARVALLO, Andres a John COOPER. *The advanced smart grid: edge power driving sustainability*. Boston: Artech House, 2011. ISBN 978-1608071272.



8 Seznam obrázků a tabulek

Seznam obrázků

1. Obr.: Normalizované porovnání TDD se skutečnou spotřebou 22. 2. 2016 [3]
2. Obr.: Uspořádání moderní sítě HDO [6]
3. Obr.: Vysílač HDO – paralelní vazba [4]
4. Obr.: Rušivé vyšší harmonické sítě a doporučené ovládací kmitočty HDO[6]
5. Obr.: Zatížení v ČR ze dne 22.2.2016 [10]
6. Obr.: Výroba elektřiny z obnovitelných zdrojů ze dne 22. 2. 2016 [11]
7. Obr.: Spotřeba pokrytá neobnovitelnými zdroji ze dne 22. 2. 2016
8. Obr.: Regulační energie ze dne 22. 2. 2016 [13]
9. Obr.: Řízení spotřeby přes smart meter [14]
10. Obr.: Princip PLC komunikace [16]
11. Obr.: Komunikační schéma smart metering
12. Obr.: Ochota spotřebitelů k přesunu spotřeby (ČEZ a.s. WPP AMM 2013)[5]
13. Obr.: Spotřeba stand-by režimů
14. Obr.: Spotřeba v měsíci lednu
15. Obr.: Spotřeba v měsíci únoru
16. Obr.: Spotřeba v měsíci březnu
17. Obr.: Registrační měřicí přístroj ACE6000 DC4 [23]
18. Obr.: Porovnání komunikačních struktur obou systémů

Seznam tabulek

1. Tab.: Spotřebiče v domácnosti
2. Tab.: Zúčtování elektřiny systém HDO – Leden
3. Tab.: Zúčtování elektřiny systém HDO – Únor
4. Tab.: Zúčtování elektřiny systém HDO – Březen
5. Tab.: Ekonomické porovnání systémů