

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

KATEDRA ELEKTROMECHANIKY A VÝKONOVÉ ELEKTRONIKY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Optimalizace ohřevu užitkové vody z pohledu chytrých sítí

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta elektrotechnická

Akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Petr MATĚJKA**
Osobní číslo: **E10B0383P**
Studijní program: **B2644 Aplikovaná elektrotechnika**
Studijní obor: **Aplikovaná elektrotechnika**
Název tématu: **Optimalizace ohřevu užitkové vody z pohledu chytrých sítí**
Zadávající katedra: **Katedra elektromechaniky a výkonové elektroniky**

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

1. Analyzujte principy ohřevu teplé užitkové vody.
2. Vypočítejte účinnost jednoho vybraného principu ohřevu vody.
3. Popište princip akumulace energie do vody.
4. Analyzujte princip akumulace do vody z pohledu napojení do elektrizační soustavy.
5. Popište princip vazby systému akumulace do vody na systémy chytrých sítí.

Rozsah grafických prací: **podle doporučení vedoucího**

Rozsah pracovní zprávy: **20 - 30 stran**

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. **Šubrt Roman: Tepelné izolace v otázkách a odpovědích, BEN - technická literatura, 2008**
2. **Rada a kol.: Elektrotepelná technika SNTL 1985**

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Aleš Krutina

Regionální inovační centrum elektrotechniky

Datum zadání bakalářské práce: **15. října 2012**

Termín odevzdání bakalářské práce: **7. června 2013**

Doc. Ing. Jifí Hammerbauer, Ph.D.

děkan



Prof. Ing. Václav Kůs, CSc.

vedoucí katedry

V Plzni dne 15. října 2012

Abstract

The bachelor thesis focuses on analyzing the possibility of domestic hot water with a connection to the power grid running HDO and then connected to the smart grid systems.

Key words

Water Heater, TUV, direct heating, indirect heating, heat exchanger, efficiency, accumulation, HDO, smart Grid.

Prohlášení

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

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

.....

podpis

V Plzni dne 7.6.2013

Petr Matějka

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu bakalářské práce Ing. Aleši Krutinovi za cenné profesionální rady, připomínky a metodické vedení práce.

Dále bych chtěl poděkovat celé mé rodině, která mě podporovala při studiu na vysoké škole.

Obsah

OBSAH	7
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK	9
ÚVOD	10
1 ZPŮSOBY OHŘEVU UŽITKOVÉ VODY	11
1.1 ZÁKLADNÍ ROZDĚLENÍ	11
1.2 PŘÍMÝ OHŘEV	11
1.2.1 Zásobníkový ohřev TUV	11
1.2.2 Průtokový ohřev TUV	13
1.2.3 Smíšený ohřev TUV	15
1.2.4 Elektrodový ohřev TUV	15
1.2.5 Ohříváče na tuhá paliva	16
1.3 NEPŘÍMÝ OHŘEV	17
1.3.1 Výměníky tepla	17
1.3.2 Ohřev tepelným čerpadlem	18
1.3.3 Ohřev pomocí sluneční energie	19
1.3.4 Ohřev TUV z teplárny	20
1.4 KOMBINOVANÝ OHŘEV TUV	21
2 VÝPOČET ÚČINNOSTI OHŘEVU VODY	22
2.1 ÚČINNOST ELEKTRICKÉHO OHŘEVU	22
2.2 ÚČINNOST OHŘEVU PŘES TEPELNÝ VÝMĚNÍK	23
3 MOŽNOSTI AKUMULOVÁNÍ ENERGIE DO VODY	25
3.1 AKUMULACE V PODOBĚ PŘEČERPÁVACÍ ELEKTRÁRNY	25
3.1.1 Nádrž s umělou akumulací vody	25
3.1.2 Nádrž se smíšenou akumulací vody	25
3.1.3 Princip PVE	25
3.1.4 PVE Dlouhé stráně	26
3.1.5 PVE Dalešice	26
3.1.6 PVE Štěchovice II.	27
3.1.7 PVE Černé jezero	27
3.2 AKUMULACE CITELNÉHO TEPLA	27
4 AKUMULACE ENERGIE Z POHLEDU ELEKTRIZAČNÍ SOUSTAVY	28
4.1 SYSTÉM HROMADNÉ DÁLKOVÉ OVLÁDÁNÍ (HDO)	28
4.1.1 Princip HDO	29
4.1.2 Kódy HDO	29
4.1.3 Časy spínání HDO	30
4.1.4 Zařízení k funkci	30
4.1.5 Spotřebiče ovládané systémem HDO	30
4.2 CHYTRÝ ZÁSOBNÍKOVÝ OHŘÍVAČ VODY	31
5 OPTIMALIZACE OHŘEVU Z POHLEDU CHYTRÝCH SÍTÍ	32
5.1 ASPEKTY K ZAVEDENÍ CHYTRÝCH SÍTÍ	32
5.2 CO JSOU CHYTRÉ SÍTĚ	32
5.3 CHYTRÝ ELEKTROMĚR A JEHO POUŽITÍ	33
5.4 CHYTRÉ SÍTĚ V ČESKÉ REPUBLICE	34
ZÁVĚR	34

SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ36

Seznam symbolů a zkratek

η [-]	Účinnost
P_p [W]	Příkon
U [V]	Elektrické napětí
E [W. h]	Energie
T [s]	Čas
Q [m ³ / h]	Průtok
Q [J]	Teplo
ρ [kg/ m ³]	Hustota látky
Δt [°C]	Rozdíl vstupní teploty t_1 a výstupní teploty t_2
T_1 [°C]	Vstupní teplota
T_2 [°C]	Výstupní teplota
m [kg]	Hmotnost
V [m ³]	Objem
c_J [J/ kg. K]	Měrná tepelná kapacita v J
c_{Wh} [W. h/ kg. K]	Měrná tepelná kapacita ve Wh
f [Hz]	Frekvence
TUV	Teplá užitková voda
CZT	Centralizované zásobování teplem
DDZ	Denní diagram zatížení
HDO	Hromadné dálkové ovládání
PVE	Přečerpávací vodní elektrárna
ES	Elektrizační soustava
VT	Vysoký tarif
NT	Nízký tarif
Tzv.	Tak zvaně

Úvod

Předkládaná práce je zaměřena na různé druhy ohřevu užitkové vody za pomoci připojení do elektrizační soustavy se systémem hromadného dálkového ovládání (HDO), který je velice hojně využíván na celém území České Republiky, a kterým se také jako jedním z mnoha prostředků reguluje denní diagram zatížení, tak aby byla zajištěna rovnováha mezi výrobou a spotřebou. Spotřeba elektrické energie v posledních letech stále roste a s tím i její cena, proto požadavky každého spotřebitele jsou kladeny na co nejvyšší úsporu, v našem případě v České Republice je spořeno systémem HDO s nízkým cenovým tarifem. V zahraničí a už i u nás se rozvíjí nové distribuční sítě zvané „Smart grids”, neboli chytré sítě, které by měly mít daleko větší možnosti v úspoře a regulaci elektrické energie, než je doposud systémem HDO. K těmto distribučním sítím nové generace je také zaměřena část práce.

Text je rozdělen do pěti částí, první se zabývá principy ohřevu teplé užitkové vody. Druhá část je výpočetní, kde je ukazováno na účinnost dvou vybraných principů ohřevu vody, z nichž jeden je pomocí přímého ohřevu a druhý pomocí nepřímého ohřevu. Třetí část popisuje druhy akumulací energie do vody. Čtvrtá část se věnuje akumulaci energie z pohledu napojení do elektrizační soustavy systémem HDO a poslední pátá část se věnuje systému chytrých sítí.

1 Způsoby ohřevu užitkové vody

1.1 Základní rozdělení

Ohřev teplé užitkové vody můžeme rozdělit do několika specifických hledisek:

- 1) Podle předávání tepla:
 - Přímý ohřev
 - Nepřímý ohřev
- 2) Podle typu konstrukce zařízení:
 - Zásobníkové
 - Průtočné
 - Smíšené
- 3) Podle počtu hlavních zdrojů:
 - Jednoduché => neustálý přívod energie (elektřina, plyn)
 - Kombinované => kombinace dvou zdrojů energie (elektřina s plynem; elektřina se solární energií)
- 4) Podle umístění zařízení:
 - Lokální => zařízení je umístěno v blízkosti odběrného místa
 - Centrální => pro více odběrných míst je instalováno jedno zařízení s ohřevem

1.2 Přímý ohřev

Přímým ohřevem se myslí, že voda je ohřívána přímo teplem vzniklým průchodem proudu topným tělesem nebo vytvořeným teplem spalováním zemního plynu.

„V elektrotepelných zařízeních odporových se mění energie elektrická v tepelnou podle Joulova zákona: prochází-li elektrický proud vodičem, vzniká ve vodiči teplo. Teplo se předává do okolí za současného růstu teploty samotného vodiče. Množství tepla je úměrné druhé mocnině proudu a elektrickému odporu vodiče.” [1]

1.2.1 Zásobníkový ohřev TUV

Zásobníkové ohříváče vody volíme obvykle tam, kde je potřeba většího množství teplé vody pro větší počet odběrných míst nezávisle na sobě. Nebo také tam kde nelze zabudovat průtokový ohřev z důvodu energetické náročnosti. Tyto nádoby jako zásobníky jsou dobře

tepelně izolované tak aby měly co nejmenší tepelné ztráty. Vnitřek nádoby je nejčastěji vyroben z nerezové oceli nebo oceli samotné s vrstvou smaltu proti korozi.

1.2.1.1 Elektrický zásobníkový ohřivač vody

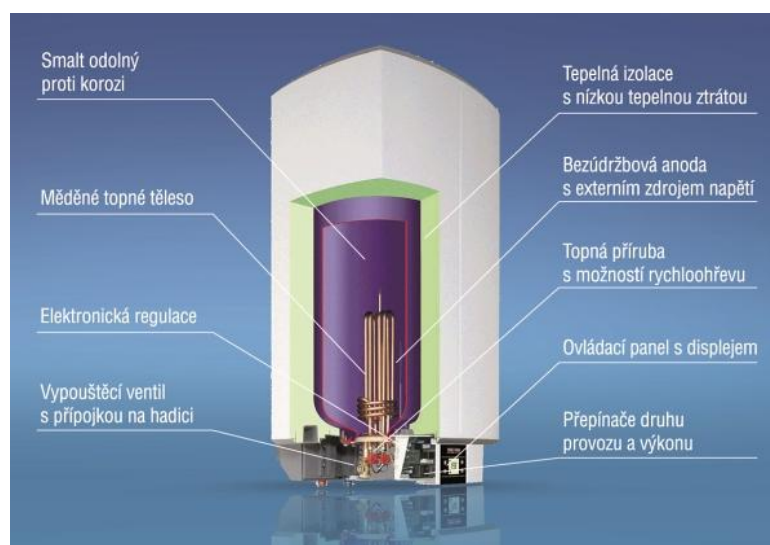
V elektrických zásobníkových ohřivačích vody se pomocí zabudovaných topných spirál mění energie elektrická na energii tepelnou. Teplota vody v zásobníku je regulována termostatem, který vypíná při dosažení teploty vody cca. 85°C. Obvyklý objem zásobníku se pohybuje v rozmezí od 80 až po 300 litrů teplé vody. Voda se ohřívá většinou v nočních hodinách, zhruba od 22 h do 6 h, nebo i ve vybraných denních hodinách při zapnutí HDO (se sníženou sazbou). [1]

1.2.1.1.1 Výhody

- teplota vody je konstantní => při vytékání je teplota vody stálá až do vyčerpání
- téměř ihned k dispozici teplá voda => není potřeba čekat, až se topné spirály ohřejí
- jeden zásobníkový ohřivač pro byt či dům => s instalovaným cirkulačním oběhem zaručí v místě odběru vytékající teplou vodu [2]

1.2.1.1.2 Nevýhody

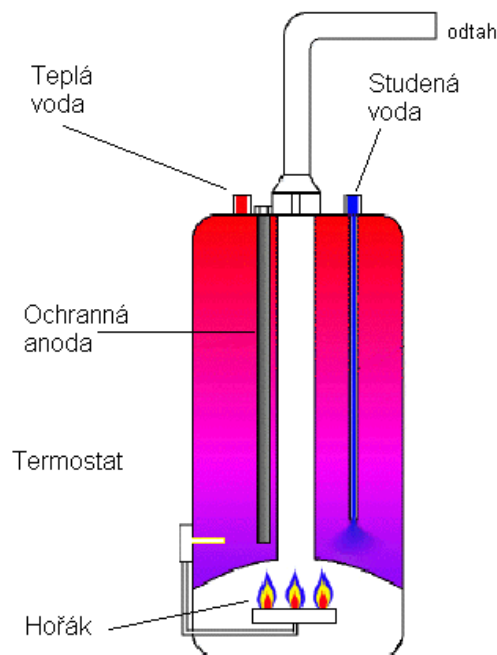
- Větší spotřeba elektrické energie => teplota vody v cirkulačním okruhu a v ohřivači mírně klesá a je proto nutné jí zahřívát, i přesto, že nedochází ke spotřebě
- Množství vody ke spotřebě je omezené => je omezeno velikostí zásobníku a ohřátou vodou v zásobníku [2]



Obr. 1.1: Elektrický zásobníkový ohřivač vody [3]

1.2.1.2 Plynový zásobníkový ohřívač

Plynové zásobníkové ohřívače se dělí podle způsobu odtahu zplodin. Ohřívač může mít konstrukci odvádění zplodin do komína, přes zeď, do místnosti, s přirozeným nebo nuceným odtahem zplodin. Teplota vody se udržuje pomocí termostatické regulace, tak že při poklesu teploty vody hořák sepne. Ohřívání vody není závislé na časovém intervalu, tudíž se ohřívá v jakoukoliv hodinu. [2]



Obr. 1.2: Schéma plynového zásobníkového ohřívače [4]

1.2.2 Průtokový ohřev TUV

Průtokové ohřívače disponují podstatně větším topným výkonem na ohřátí studené vody, než je u zásobníkových ohřívačů. Voda se začne ohřívát v okamžiku otevření vodovodní baterie a ohřívá se do té doby, než bude zavřena. Voda prochází výměníkem, který je zahříván zemním plynem nebo elektrickou energií.

1.2.2.1 Elektrický průtokový ohřívač vody

Elektrický průtokový ohřívač pracuje s vysokou účinností, jelikož přeměněná elektrická energie na tepelnou okamžitě ohřívá vodu, která je následně ihned spotřebována. Vodu regulujeme termostatem na hodnotu 20 až 80°C. Teplota vody vytékající z baterie je obtížně

regulovatelná, avšak u komplikovanějších průtokových ohřivačů je voda regulována elektrickou regulací, která poskytne konstantní vytékající vodu. [5]

1.2.2.1.1 Výhody

- vysoká účinnost => důvodem je krátká vzdálenost potrubí mezi ohřivačem a vodovodní baterií => zamezení tepelných ztrát
- malá hmotnost a rozměry [6]

1.2.2.1.2 Nevýhody

- vyšší spotřeba vody => je třeba nechat odpustit několik litrů vody, do té doby než začne vytékat voda na výstupu o stanovené teplotě
- nutno instalovat proudový jistič, který je dimenzován na velké proudy
- nutno instalovat samostatné ohřivače pro každou baterii, kuchyň či koupelnu
- je třeba umístit ohřivač v blízkosti vodovodní baterie => velká vzdálenost mezi ohřivačem a baterií prodlužuje čas výtoku ohřáté vody a její spotřebu
- u tohoto ohřevu nelze použít lacinější sazbu elektřiny
- nekonstantní teplota vody na výstupu v závislosti otevření baterie => horká voda teče při malém průtoku, při větším průtoku je pak chladnější [6]



Obr. 1.3: Elektrický průtokový ohřivač vody nad umyvadlo [7]

1.2.2.2 Plynový průtokový ohřivač vody

U plynového průtokového ohřivače se ohřev vody odehrává ve výměníku, který je vyroben z měděného plechu. Plynový hořák je zapálen v momentě poklesu tlaku vody, kdy uživatel otevře vodovodní baterii. Nejčastější plynové ohřivače jsou konstruovány s odtahem zplodin do komínu a přívodem vzduchu z prostoru kde je ohřivač instalován, ovšem jsou i otevřené ohřivače bez odtahu zplodin a uzavřené ohřivače s odtahem i přívodem zplodin

nuceně. Starší plynové ohřivače mají trvale zapálené zapalovací hořáky oproti novějším typům, kde zapalování plamene je řešeno elektronicky při každém odběru vody. To v porovnání přináší úsporu zemního plynu ve výši cca. 1 200 Kč ročně. [5, 8]



Obr. 1.4: Plynový průtokový ohřivač Karma [9]

1.2.3 Smíšený ohřev TUV

Smíšený ohřev je spojení ohřivače zásobníkového a průtokového. Zásobník o malém objemu 5 až 15 litrů je přidán k průtokovému ohřivači. Tento smíšený ohřev je podobný zásobníkovému ohřivači až na menší rozměrové provedení a nezbytný příkon. V praxi se obvykle používají tyto seskupení:

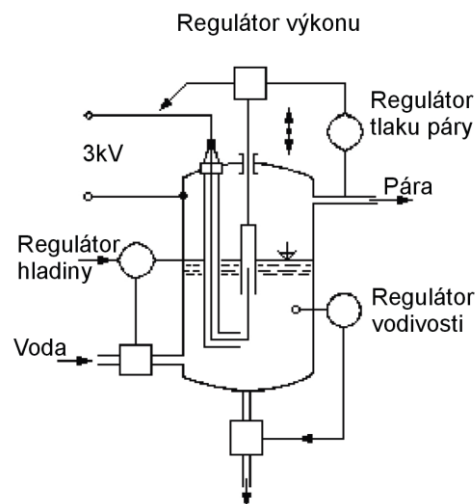
- Elektrický zásobník se zvětšeným výkonem topné spirály
- Elektrický kotel s ohříváním zásobníku nepřímo
- Plynový zásobník ohříváný napřímo [5]

1.2.4 Elektrodotový ohřev TUV

Elektrodotový ohřev využívá tepla, které vzniká přímým průchodem elektrického proudu ohřívanou látkou. Elektrický proud je veden tyčemi, které jsou vyrobeny pro malé příkony z grafitu nebo pro velké příkony z kovu. Elektrodotové tyče mohou být trubkové nebo deskové. U tohoto ohřevu se používá výhradně střídavý proud, který zamezí vznik koroze a výbušných plynů. Hustota proudu, který prochází povrchem elektrod, se volí v rozmezí 0,5 až 1,5 A.cm⁻². Elektrodotové kotle jsou jednoduchá a levná zařízení, avšak proměnlivá elektrická vodivost vody ztěžuje výpočty elektrodotových ohřevů, jelikož elektrická vodivost vody je závislá na teplotě a chemickém složení. U velkých průmyslových kotlů s velkým příkonem se voda musí chemicky upravovat.

Regulace výkonu je prováděna změnou elektrické vodivosti vody nebo vzdáleností elektrod od sebe, či jejich společným přepojováním nebo také plochou elektrod. Elektrodové kotle se vyrábějí jak pro domácnost, tak pro průmysl. Kotle jsou konstruovány na napětí 230 V a 400 V, ale i na vysoká napětí dosahujících až 30 kV.

U elektrodových kotlů s výkonem nad 2 MW na napětí vyšší než 6 kV, se provádí regulace prostřednictvím křemenných či porcelánových trubek, které jsou umístěny mezi elektrodami, tak aby proud změnil svou cestu. Tímto způsobem se mění elektrický odpor a tím pádem i výkon kotle. U těch největších výkonů se preferují trojfázové kotle. Ohřev vody může být ohříván i průtokovým elektrodovým kotlem, který se vyrábí od výkonu několika kilowatt až po několik megawatt a voda je ohřívána nejčastěji nočním proudem. [1]



Obr. 1.5: Jednofázový elektrodový kotel [10]

1.2.5 Ohřivače na tuhá paliva

Tyto ohřivače jsou jedny z nejstarších a použití najdou spíše na chatách a všude tam kde není dostupný jiný zdroj energie, jako například zemní plyn. Jak z názvu vyplývá, jedná se o ohřev tuhým palivem, to je uhlí, dřevo a brikety. Tyto ohřivače neboli lázeňská kamna mají topeniště a nad ním je zásobník na vodu vyrobený z nerezové oceli o nejpoužívanějším objemu 100 litrů. Konstrukčně se vyrábí beztlakové a tlakové zásobníky. U tlakové varianty lze kamna připojit k vodovodnímu řádu.

1.3 Nepřímý ohřev

U nepřímého ohřevu se voda nejčastěji ohřívá topnou horkou vodou v tepelném výměníku, která je ohřívána kotlem na tuhá paliva, plynovým kotlem nebo teplou vodou ze vzdálené kotelny.

1.3.1 Výměníky tepla

Slouží k předávání tepelné energie teplotnosného média médiu ohřivanému. Nejčastější zdroj pro ohřev teplé užitkové vody bývá horká voda ohřívána v kotli na tuhá paliva nebo plynovým kotlem. Důvodem použití výměníku je odlišnost teplotnosných látek (nemrznoucí kapalina => voda; topná voda => voda) a také jiné tlakové poměry v okruzích. Mezi základní typy tepelných výměníků patří trubkový tepelný výměník a deskový tepelný výměník.

1.3.1.1 Trubkový tepelný výměník

Z názvu je patrné, že tepelný výměník je konstruován z jedné nebo více stočených trubek. Jejich vnější povrch pak umožňuje přestup tepla. Charakteristické použití výměníků je v zásobnících teplé vody nebo také v akumulčních nádržích. Jelikož tyto výměníky mají nízký koeficient přestupu (to znamená, že k odevzdání poměrně malého výkonu je třeba velké přestupní plochy), používají se v systémech, které mají řádově několik desítek kilowat a současně není požadován malý rozdíl teplot topné a ohřívání kapaliny. [11]



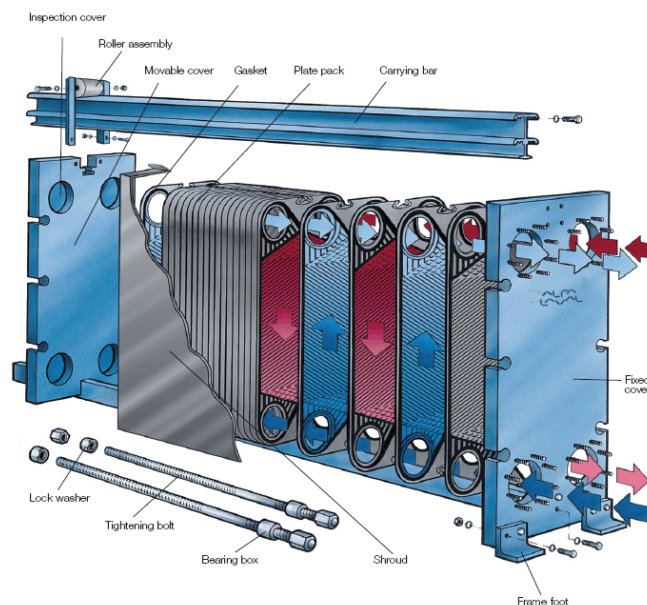
Obr. 1.6: Trubkový tepelný výměník [11]

1.3.1.2 Deskový tepelný výměník

Tento výměník se skládá ze slabých kovových desek, které jsou vzájemně spojeny letováním nebo svařením a konstrukce je tak nerozebíratelná. Pokud však požadujeme rozebíratelný výměník potom mezi desky vkládáme těsnění a je možné ho v budoucnu

vyčistit. Tyto desky mají po celé šířce vylisované kanálky, kde jedním kanálkem proudí jedna kapalina, druhým sousedním kanálkem druhá kapalina a mezi každou deskou je těsnění.

Na rozdíl od trubkových tepelných výměníků mají deskové výměníky až 10x větší koeficient přestupu. Použití je jako integrované už nelze a je nutnost aplikace dvou oběhových čerpadel, jak na stranu s topnou kapalinou tak na stranu s ohřívanou kapalinou. Nevýhodou je špatná těsnost při vyšších tlacích a dodržování čistoty obou médií, tak aby nedocházelo k zanesení kanálků. [5, 12]



Obr. 1.6: Deskový tepelný výměník [13]

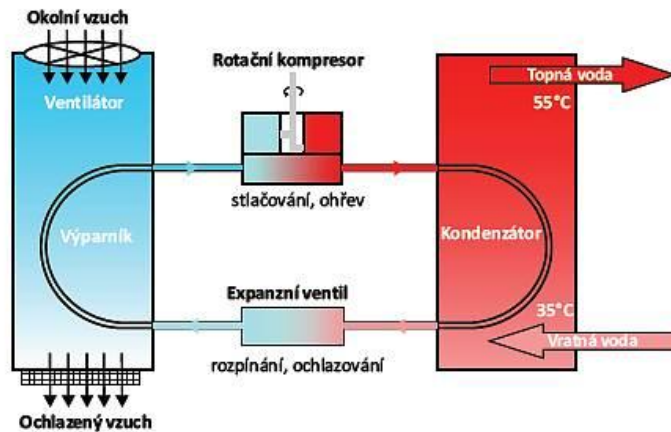
1.3.2 Ohřev tepelným čerpadlem

Tepelná čerpadla využívají energii, která je uložena slunečním zářením do vody, země a vzduchu. A podle toho se také tepelná čerpadla dělí:

- země/voda
- voda/voda
- vzduch/voda
- vzduch/vzduch

Princip tepelného čerpadla vychází z podoby funkce chladničky. Čerpadlo má svůj uzavřený okruh se speciálním médiem, toto médium je ve výparníku, které za nízké teploty pohlcuje energii. Kompresí chladiva získáme teplo, které následně putuje do kondenzátoru, kde předá svojí tepelnou energii vodě. Po předání chladivo zkapalní a celý průběh se opakuje.

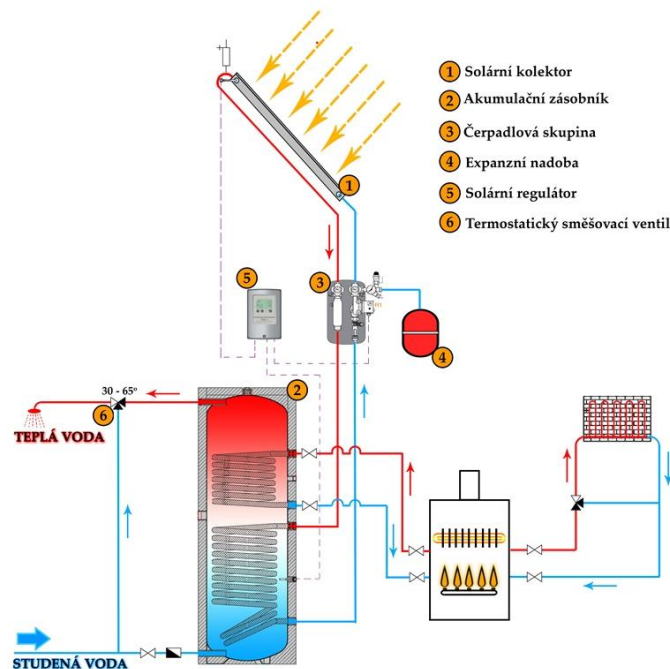
Například v České republice jsou dobré klimatické podmínky pro čerpadlo vzduch/voda, vzhledem k teplotě vzduchu v topné sezóně, která má v průměru cca. 3 °C, protože tepelné čerpadlo je schopné vytápět i při neuvěřitelně nízké teplotě -15°C. [14, 15]



Obr. 1.7: Schéma funkce tepelného čerpadla [16]

1.3.3 Ohřev pomocí sluneční energie

K ohřevu teplé užitkové vody se nejčastěji používají solární kolektory umístěné na střeše domu či přístavku se sklonem vůči vodorovné poloze od 30° do 45° stupňů. Solární kolektor jako samotný ovšem nestačí, proto ohřátá voda z kolektoru koluje do akumulární nádrže s tepelným výměníkem, kde předává svoji tepelnou energii užitkové vodě. Z hlediska užívání a provozu můžeme mít soustavu celoroční nebo sezónní, s oběhem teplotnosného média samotížně či nuceně a jednookruhový nebo dvouokruhový systém. Obvykle používaný solární systém je dvouokruhový, tudíž lze využívat sluneční energii celoročně pomocí nemrzoucí směsi, která cirkuluje v okruhu. Účinnost solárního systému závisí na velikosti a typu kolektorů, volbě velikosti akumulární nádrže a typu výměníku. V dny, kdy sluneční aktivita není moc velká a venkovní teplota není přívětivá, lze teplou užitkovou vodu ohřívat plynovým kotlem či elektřinou. Na obrázku 1.8, je varianta s plynovým kotlem.



Obr. 1.8: Schéma solárního systému s plynovým kotlem [17]

1.3.4 Ohřev TUV z teplárny

Teplárna je výrobní místo energie elektrické a zároveň energie tepelné. Teplárna využívá k výrobě elektrické a tepelné energie výrobní technologii, která se nazývá kogenerace. Pojem kogenerace znamená maximální využití uložené energie v palivu tak, že určitá část energie z páry, je použita na výrobu elektrické energie a zbytek parní energie je využit na ohřev vody, vytápění a teplé užitkové vody neboli dodání tepla do sítí centralizovaného zásobování teplem [18].

Kogenerační výroba vypadá následovně: V kotli spalováním paliva, získáváme energii obsaženou v palivu, která se přeměňuje na energii tepelnou, tuto energii využíváme k přeměně procházející vody kotlem na páru. Páru, kterou vháníme do turbíny a je spojená s generátorem na výrobu elektřiny, posléze vstupuje do výměňkové stanice, kde dochází k předávání tepla. Ochlazená voda, která předala teplo, se vrací zpět do kotle. Výstavbu výměňkové stanice lze provést třemi způsoby podle druhu použití:

- Zapojení výměňkové stanice pro daný objekt (menší objekty => rodinné domy)
- Zapojení centrální výměňkové stanice pro více objektů (bytové jednotky)

- Zapojení s transformační předávací stanicí s bytovými jednotkami pro jejich individuální regulaci vytápění a teplé užitkové vody v jednotlivých bytech

V praxi je nejčastější realizací bod jedna a dva, které budou více rozebrány. [18]

1.3.4.1 Zapojení výměňkové stanice pro menší objekty

Výměňková stanice pro menší objekty nebo rodinné domy, je rozměrově malá a připojení z vodovodního řádu teplárny tlakově nezávislá. Pro předávání tepla z horkého primárního okruhu je použit deskový tepelný výměňník, který předává teplo do sekundárního okruhu pro ohřev vody na vytápění a ohřev teplé užitkové vody. Sekundární okruh je poháněn dvěma čerpadly, která pohání okruh vytápění a okruh teplé užitkové vody. Ohřev teplé užitkové vody se provádí do akumulčního zásobníku, kdy teplota ohřívací vody je nastavitelná v rozmezí 50-80°C. Volba velikosti akumulční nádrže je závislá na špičkovém odběru. Tato předávací stanice je řízena plně automatickým řídicím systémem. [18]

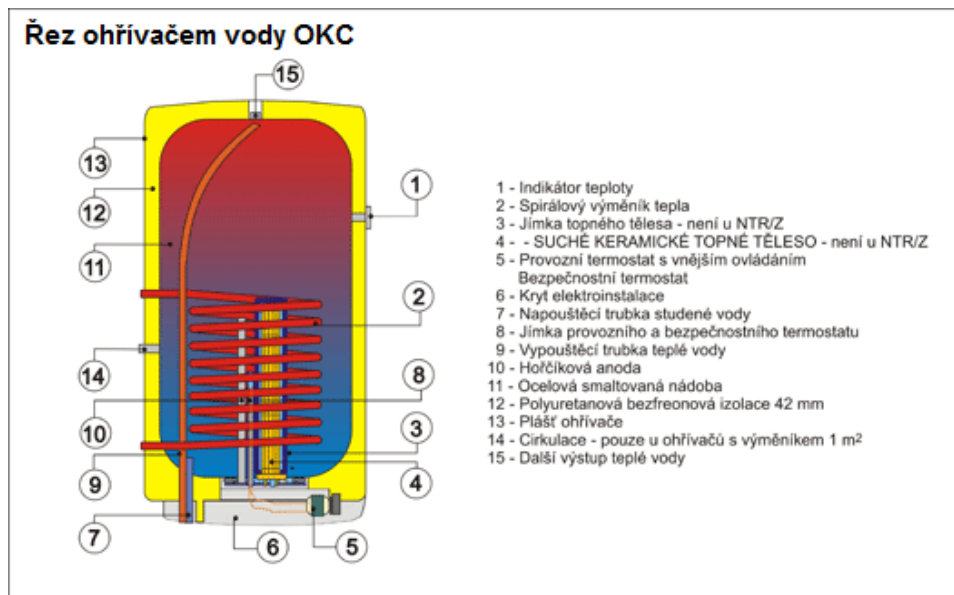
1.3.4.2 Zapojení centrální výměňkové stanice pro více objektů

Tento typ zapojení teplárna využívá nejčastěji pro větší objekty, jako jsou například: nemocnice, školy, hotely, obytné domy, které odebírají teplou vodu proměnlivě ale i speciální průmyslové továrny, administrativní budovy, potravinářský průmysl, kde odběr teplé vody je stálý. Paralelní zapojení výměňků tepla a teplé užitkové vody v předávací stanici určují parametr teploty vody primárního okruhu do 180°C. Ohřev teplé užitkové vody se taktéž realizuje pomocí akumulčních zásobníků. Použité tepelné výměňky jsou deskové, kde jednotlivé desky jsou vyrobené z nerezové oceli pájené mědí, pro zajištění nejefektivnějšího přestupu tepla. [18]

1.4 Kombinovaný ohřev TUV

Ke kombinovanému ohřevu je zapotřebí zásobníkový ohříváč, který dokáže přijímat tepelnou energii ze dvou zdrojů. U kombinovaného ohřevu bývá nejčastěji kombinace přímého a nepřímého ohřevu vody. Zástupce přímého ohřevu je elektřina přeměněná v tepelnou energii v topné spirále a druhý zástupce nepřímého ohřevu je tepelný výměňník (obvykle trubkový), ze kterého získáváme teplou užitkovou vodu pomocí topné vody, která je ohřívána kotlem na tuhá paliva nebo plynovým kotlem. Zásobníkový ohříváč může být i konstruován na dva zdroje nepřímého ohřevu vody, v tom případě musí mít zásobník dva

tepelné výměníky. Jeden tepelný výměník na okruh topné vody ohřivané kotlem na tuhá paliva či plynovým kotlem a druhý tepelný výměník na okruh s nemrznoucí kapalinou ohřivanou solárními kolektory.



Obr. 1.9: Zásobníkový ohřivač vody Dražice OKC s topnou spirálou a trubkovým tepelným výměníkem [19]

2 Výpočet účinnosti ohřevu vody

Podle způsobu ohřevu teplé užitkové vody nám účinnost říká, jak účinná je přeměna elektrické energie nebo, jak je účinný přestup tepla přes výměník do ohřivané vody. Na to s jakou účinností je voda ohřívána těchto dvou principů ohřevu teplé vody se podíváme v následujících dvou kapitolách.

2.1 Účinnost elektrického ohřevu

Výpočet účinnosti elektrického ohřevu vody pomocí topné spirály, která je součástí zásobníkového ohřivače TUV. Jak je již známo, elektrická energie je přeměňována v topné spirále na tepelnou energii podle Joulova zákona, toto vzniklé teplo je předáváno ohřivané vodě.

K výpočtu jsem vybral zásobníkový ohřivač vody OKC 180 od firmy Dražice s objemem vody 180 litrů, který má vestavěnou topnou spirálu o příkonu 2200 W. Dále byla empiricky stanovena teplota vstupní přitékající vody do ohřivače 10°C a výstupní vytékající vody 65°C.

Parametry:

- $V = 180 \text{ l} \Rightarrow m = 180 \text{ kg}$
- $P_p = 2200 \text{ W}$
- $T_1 = 10^\circ\text{C}$
- $T_2 = 65^\circ\text{C}$
- $C_{wh} = 1,163 \text{ W} \cdot \text{h} / \text{kg} \cdot \text{K}$

Výpočet:

Potřebná energie k ohřátí 180 litrů vody z 10°C na 65°C :

$$E = m \cdot c_{wh} \cdot (t_2 - t_1) = 180 \cdot 1,163 (65 - 10) = 11\,514 \text{ Wh}$$

Doba ohřevu vody:

$$T = \frac{E}{P_p} = \frac{11\,514}{2\,200} = 5,23 \text{ h}$$

Účinnost ohřevu:

$$\eta = \frac{E}{P \cdot T} \cdot 100 = \frac{11\,514}{2\,200 \cdot 5,23} \cdot 100 = 100\%$$

2.2 Účinnost ohřevu přes tepelný výměník

U tohoto způsobu ohřevu, proudí horká topná voda do trubkového tepelného výměníku, který je zabudován v zásobníkovém ohříváči TUV a teplo je předáváno přes plochu vnější stěny trubky ohřívané vodě.

K výpočtu jsem zvolil kombinovaný zásobníkový ohříváč vody OKC 180 od firmy Dražice. Tento ohříváč má vestavěný trubkový tepelný výměník jehož plocha činí $1,08 \text{ m}^2$. Ohříváč disponuje objemem vody 175 litrů. Dále jsem zvolil oběhové čerpadlo Grundfos UPS 25-40, 180 mm, které zajistí oběh topné vody z kotle do tepelného výměníku. Čerpadlo je možné provozovat ve třech rychlostech průtoku, z nichž maximální průtok vody čerpadlem jsou 3 m^3 za hodinu. Čerpadlo budeme provozovat na první rychlostní stupeň o průtoku 1 m^3

za hodinu. Kotel bude dodávat výstupní topnou vodu do výměníku o teplotě 70°C a vstupní teplotou do kotle bude voda o teplotě 45°C, přičemž přitéká vstupní voda do ohřivače o teplotě 10°C a vytékající výstupní voda s teplotou 65°C.

Parametry:

- $V = 175 \text{ l} \Rightarrow m = 175 \text{ kg}$
- $Q_{1s} = 1 \text{ m}^3/\text{h} \Rightarrow m = 1000 \text{ kg}$
- $T_{2K} = 70^\circ\text{C}$
- $T_{1K} = 35^\circ\text{C}$
- $T_{2O} = 65^\circ\text{C}$
- $T_{1O} = 10^\circ\text{C}$
- $C_{wh} = 1,163 \text{ W} \cdot \text{h}/\text{kg} \cdot \text{K}$

Výpočet:

Energie potřebná k ohřátí 175 litrů vody v ohřivači:

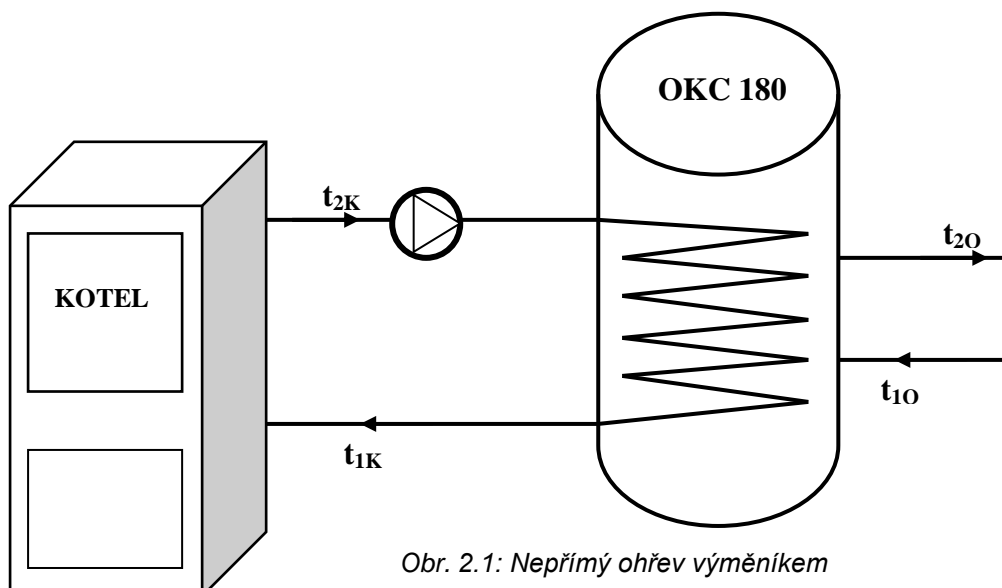
$$E_o = m \cdot c_{wh} \cdot (t_{2O} - t_{1O}) = 175 \cdot 1,163 \cdot (65 - 10) = 11\,194 \text{ Wh}$$

Energie odebraná výměníku za hodinu:

$$E_v = m \cdot c_{wh} \cdot (t_{2K} - t_{1K}) = 1000 \cdot 1,163 \cdot (70 - 45) = 29\,075 \text{ Wh}$$

Účinnost ohřevu:

$$\eta = \frac{E_o}{E_v} \cdot 100 = \frac{11\,194}{29\,075} \cdot 100 = 38,5\%$$



Obr. 2.1: Nepřímý ohřev výměníkem

3 Možnosti akumulování energie do vody

Na akumulaci energie do vody, lze pohlížet dvěma způsoby. Prvním způsobem je akumulace vody, která je využitelná k výrobě elektrické energie na okamžité dodání do sítě a druhým zcela odlišným způsobem je akumulace tepelné energie, která je nejčastěji akumulována do akumulčních zásobníků tepla.

3.1 Akumulace v podobě přečerpávací elektrárny

Vodní přečerpávací elektrárny se využívají ke špičkové výrobě elektrické energie, která je akumulována v nádrži nad elektrárnou v podobě potenciální energie vody. Přečerpávací vodní elektrárna tedy vykrývá špičky denního diagramu zatížení v době nedostatku elektrické energie, kterou je nutno ihned dodat do elektrizační rozvodné sítě. Toto je jediný možný způsob jak lze skladovat velké množství elektrické energie po delší dobu. Přečerpávací elektrárny je nutno ještě rozlišovat podle nádrží:

- Nádrž s umělou akumulací vody
- Nádrž se smíšenou akumulací vody

3.1.1 Nádrž s umělou akumulací vody

Tyto horní nádrže jsou uměle vytvořené a nemají vlastní přirozený přítok vody. Umělé hráze se staví jako sypané. Tudíž je zřejmé, že tyto elektrárny využívají uzavřeného koloběhu vody a voda se čerpá z dolní do horní nádrže a zpět. Odpařená či prosáklá voda se vždy doplňuje přítokem vody do spodní nádrže, proto je nutné spodní nádrž postavit u toku vody.

3.1.2 Nádrž se smíšenou akumulací vody

Tyto nádrže jsou umístěny v toku řeky, kde je postavená přehrada a v té je spádové potrubí. Horní nádrž je tedy s přirozeným tokem, neboli s přirozenou akumulací vody.

3.1.3 Princip PVE

Elektrárna disponuje dvěma nádržemi. Jedna je horní nádrž, která je vystavena na vyšším místě a do které se akumuluje elektrická energie a druhá je dolní nádrž, do které se vypouští horní nádrž nebo se z ní čerpá voda do horní nádrže. Obě dvě tyto nádrže jsou pak spojeny spádovým potrubím, které má velký průměr. Při nedostatku elektrické energie, (zejména v ranních a večerních hodinách) je otevřen kulový ventil a voda proudí do turbíny, která je

schopna dodávat plný výkon do jedné minuty. Naopak při přebytku elektrické energie (zejména v noci), se z turbíny stává čerpadlo a akumuluje vodu ze spodní do horní nádrže, v tomto režimu se generátor chová jako velký spotřebič napájen z elektrizační soustavy. Z režimu čerpání do režimu výroby elektrické energie je schopna elektrárna přejít za dobu cca. 3 až 6 minut. Elektrárna má v podobě akumulované vody z dolní do horní nádrže statickou funkci, ale stejně i tak dynamickou funkci, která má za účel vyrábět regulační výkon a účastnit se na řízení kmitočtu v soustavě, a v neposlední řadě i funkci kompenzační, která slouží k regulování napětí v soustavě. [20]

Celková účinnost novějších přečerpávacích elektráren se šplhá k 80%, jelikož za každou výrobou 1 kWh ve špičkovém provozu je nutné poté v nočních hodinách akumulovat 1,3 kWh do energie vody.

V současné době jsou v České republice vystavěny čtyři vodní přečerpávací elektrárny:

- PVE Dlouhé Stráně
- PVE Dalešice
- PVE Štěchovice II.
- PVE Černé jezero

3.1.4 PVE Dlouhé stráně

Mají největší instalovaný výkon v Česku a to 650 MW. Je umístěna na horském masívu Hrubého Jeseníku s výškovým rozdílem mezi nádržemi 510,7 metrů. Voda roztáčí dvě Francisovy turbíny, z nichž každé turbosoustrojí má výkon 325 MW. [21]

3.1.5 PVE Dalešice

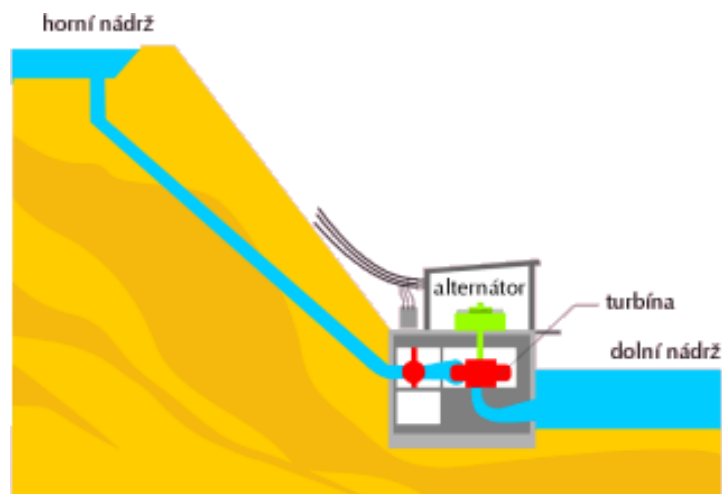
Je umístěna pod hrází Dalešické vodní nádrže se čtyřma reverzními Francisovy turbínami, z nichž každé turbosoustrojí disponuje výkonem 120 MW a spádem 90,7 metrů. Nejčastěji běží pouze dvě turbíny, všechny čtyři běží v době, kdy je odstávka některých tepelných elektráren při poruše či povodni, nebo je odstaven jeden blok Jaderné elektrárny Dukovany. [22]

3.1.6 PVE Štěchovice II.

Má uměle vybudovanou vodní nádrž na kopci Homole se spádem 220 metrů. Voda pohání reverzní Francisovu turbínu spojenou s motorgenerátorem o výkonu 45 MW. [23]

3.1.7 PVE Černé jezero

Je to jedna z nejstarších přečerpávacích elektráren v Česku, která byla postavena jako první. Nachází se na Šumavě u obce Hamry. Ve funkci horní nádrže je přírodní Černé jezero. Elektrárna má jednu Peltonovu turbínu, kde na hřídeli je umístěn motorgenerátor Škoda s výkonem 1500 kW a celkový spád činní 247,7 metrů. [24]



Obr. 3.1: Schéma uspořádání přečerpávacích vodních elektráren [25]

3.2 Akumulace citelného tepla

Tato akumulace je jedna z historicky nejstarších, a tudíž byla používána jako první. U akumulace s využitím citelného tepla dochází k ohřevu akumulární látky bez změny skupenství a je zde využito měrné teplo akumulární kapaliny. Požadavkem této kapaliny je velká tepelná kapacita a nízká cena. Tyto požadavky splňuje voda, která má měrnou tepelnou kapacitu c přibližně 4,2 kJ/(kg·K). Velikost akumulované energie ve vodě je závislá na výchozí a konečné teplotě vody. Pro výpočet akumulárního tepla lze využít této rovnice:

$$Q = \int_{t_1}^{t_2} V \cdot \rho \cdot c \cdot dt = V \cdot \rho \cdot c \cdot (t_2 - t_1) \quad (1.1)$$

kde Q [J] je potřebné množství tepla k ohřátí akumulární látky, V [m³] je objem akumulární

látky, ρ [kg/m^3] je hustota akumulární látky, c [J/kg.K] je měrná tepelná kapacita akumulární látky, t_{2-1} neboli Δt [$^\circ\text{C}$] je rozdíl konečné a výchozí teploty vody.

Své uplatnění najde u známých elektrických zásobníkových ohřivačů vody, kde v odporových topných tělesech vzniká teplo průchodem elektrického proudu nebo u akumulárních zásobníků s tepelným výměníkem. Nevýhodou akumulární látky je malé teplotní pracovní rozpětí, ve kterém lze vodu udržovat a také větší velikost zásobníků vody. Velikost hustoty akumulace tepelné energie s využitím citelného tepla je v rozmezí od 100 do 300 MJ/m^3 . [26, 27]

4 Akumulace energie z pohledu elektrizační soustavy

Provoz a stabilita elektrizační soustavy není lehkou záležitostí, protože je kladen důraz na vyrovnanost diagramu zatížení. To znamená, že je potřeba zajistit rovnováhu mezi výrobou a spotřebou elektrické energie v každém časovém okamžiku, proto je nutné regulovat spotřebiče a některé zdroje elektrické energie tak abychom zajistili rovnováhu při maximálních efektivnostech technologických procesů. Z hlediska částečné regulace na straně spotřeby je využívána potencionální energie vody ve vodních přečerpávacích elektrárnách a dalším způsobem je regulace pomocí zavedeného a rozšířeného systému hromadného dálkového ovládání (HDO), zejména elektrotepelných zařízení v domácnostech. Systém HDO byl právě zaveden kvůli velké energetické náročnosti spotřebičů v době, kdy není možný jejich provoz, z důvodu nerovnováhy výroby a spotřeby v ES. [28]

4.1 Systém hromadné dálkové ovládání (HDO)

Po České Republice velmi rozšířený systém instalovaný v domácnostech, ale i v průmyslu k regulaci spotřeby elektrické energie na dálku. Lze tak tímto způsobem spínání a odpínání elektrotepelných spotřebičů ovlivnit provaly elektrické energie na denním diagramu zatížení (DDZ), tak aby se poměr mezi maximálním a minimálním zatížením snížil. Systém HDO tak dává možnost změny průběhu DDZ.

V ES platí jedna důležitá podmínka, že musí být zajištěna rovnováha mezi výrobou a spotřebou elektrické energie, pokud by nebyla splněna, došlo by poté k rozpadu ES, neboli tzv. „blackout“. K této rovnováze nám systém HDO pomáhá tak, že v době nedostatku elektrické energie jsou elektrotepelná zařízení odpojena a v době přebytku elektrické energie

(zejména v noci) jsou sepnuta a distributor elektrické energie nám za tento odběr účtuje nižší sazbu za spotřebovanou energii, tzv. „nízký tarif“. [29]

4.1.1 Princip HDO

K přenosu informace se používají energetické sítě, po kterých je z vysílače HDO vysílán trojfázově signál s informací ve tvaru impulsního kódu, který má frekvenci v rozmezí 150 – 2500 Hz a poté je superponována v napájecím místě na napětí sítě vysokého, či velmi vysokého napětí s frekvencí 50Hz. Napájecí místo bývá transformovna 110/22 kV nebo 400/110 kV většinou na straně 110 kV nebo 22 kV. Výkon HDO vysílačů se pohybuje u sítí s napětím 110 kV kolem 1,5 MVA a u sítí s napětím 22 kV kolem 250 kVA. Na síť nízkého napětí 400/230 V, se dostane po transformaci. Na tento signál tak reagují všechny přijímače HDO, které mají v sobě nastaven kód, který je vysílán a nese tak určitý typ povelu. [29]

4.1.2 Kódy HDO

Kód HDO je složen ze tří čísel, z nichž každé zastupuje jednotlivý ovládací povel. Jejich počet je odlišen v závislosti na vybavení odběrného místa elektrospotřebiče a na přiznané sazbě.

U novějších elektroměrů je kód napsán přímo na elektroměru a jednotlivé povely jsou označeny K1 až K4, kde:

- K1 zajišťuje přepínání nízkého tarifu (NT) a vysokého tarifu (VT)
- K2 zajišťuje zapínání a vypínání elektrického spotřebiče (zásobníkového ohřívače vody, akumulární kamna, přímotopné topení)
- K3 zajišťuje zapínání a vypínání dalšího elektrického spotřebiče (např.: spínání ohřívače vody u přímotopných sazeb)
- K4 je uzpůsoben k servisním účelům (dnes se používají tyto servisní povely 581, 582, 584, 585, 587, 588, 590 až 596, nebo nově zavedené N81, N82 atd.)

Pokud je však přijímač HDO externí, povely nejsou označeny Kx, ale je nutné je identifikovat na základě pořadí a hodnoty, podobně jako je výše rozepsané K1 až K3, servisní povely pak mohou být před ovládacím kódem nebo za ním. [30]

4.1.3 Časy spínání HDO

Stanovené časy spínání HDO nejsou pro celou Českou Republiku stejné. Časy se dělí podle oblastí a krajů kde zejména firma ČEZ Distribuce, a.s. a firma E.ON Distribuce, a.s. poskytují elektrickou energii. Dále se časy liší podle používaných sazeb, které jsou určeny pro dané elektrotepelné spotřebiče a také podle typu povelu. Kód povelu se nachází na elektroměru, či externím přijímači HDO. Například sazby D25d, D26d, C25d, C26d jsou určeny pro ohřev teplé užitkové vody nebo nabíjení akumulčních topidel a mají tyto časy spínání v oblasti západ od ČEZ Distribuce, a.s.:

Spínání HDO oblast ZÁPAD					platnost : Po - Pá, So - Ne						
					od : 2.4.2013						
POVEL	Kód povelu	SAZBA	INFO	Platnost	Doba NT (prov. spotř.)	zapnout	vypnout	zapnout	vypnout	zapnout	vypnout
A1B4DP10	158	D25d	tarif+TUV	Po - Pá	8	0:00	4:55	14:35	16:35	22:55	24:00
				So - Ne	8	1:10	7:10	14:45	16:45		
A1B4DP15	163	D26d	AKU	Po - Pá	8	0:00	4:55	14:35	16:35	22:55	24:00
				So - Ne	8	1:10	7:10	14:45	16:45		
A1B1DP5	105	C25d	tarif+TUV	Po - Pá	8	1:10	6:10	15:50	17:50	22:50	23:50
				So - Ne	8	1:10	7:00	13:25	15:35		
A1B2DP12	128	C26d	AKU	Po - Pá	8	0:00	5:55	13:20	15:20	23:55	24:00
				So - Ne	8	0:00	5:55	12:30	14:30	23:55	24:00

Obr. 4.1: Časy spínání HDO v oblasti západních Čech [31]

Časy vysílaných povelů HDO jsou platné, když je distribuční soustava v základním stavu při normálních provozních podmínkách. V případě neočekávaných situací v distribuční soustavě, kdy je potřeba regulace elektrizační soustavy, mohou být časy spínání lokálně a časově omezeny.

4.1.4 Zařízení k funkci

Aby vše fungovalo, musíme mít instalovaný dvou-sazbový elektroměr, u kterého musí být také přijímač HDO, který přepíná tarif mezi vysokým tarifem (VT) a nízkým tarifem (NT), a v neposlední řadě spíná blokovaný stykač. Blokovaný stykač je pak připojen na daný spotřebič.

4.1.5 Spotřebiče ovládané systémem HDO

Systémem HDO se ovládají zejména spotřebiče elektrotepelné, které mají velký příkon. Mezi nejčastější domácí spotřebiče patří zásobníkové ohřívače vody (bojlery), akumulční kamna, přímotopné vytápění a tepelná čerpadla.

V průmyslu se systém HDO využívá u spotřebičů, které nejsou výrobního charakteru. Může to být například klimatizace, veřejné osvětlení, či k regulaci pracovního režimu výměňkových stanic. [32]

4.2 Chytrý zásobníkový ohřivač vody

Elektrický zásobníkový ohřivač vody OKHE SMART od firmy Dražice, jako člen skupiny Nibe nabízí tzv. „chytrý ohřivač vody,“. Ohřev vody je regulován pomocí elektronického termostatu E1, který nabízí několik režimů provozu s využitím připojení na HDO:

- NORMAL (udržuje teplotu vody nastavenou uživatelem v rozmezí 5 - 65°C)
- SMART (ohřev vody probíhá podle návyků uživatele)
- SMART HDO (ohřev vody probíhá podle návyků uživatele pouze v době nízkého cenového tarifu)
- HDO (voda je ohřívána na nastavenou teplotu pouze v době detekování nízkého cenového tarifu)
- ECO (funkce je stejná jako v režimu Normal, akorát maximální teplota je nastaven na 55°C)
- PROG/ANTIFROST (zajišťuje, aby voda v ohřivači neklesla pod 5°C)

Ohřivač však přináší největší úsporu elektrické energie v režimu SMART HDO. Tato funkce funguje následovně: Na začátku provozu ohřivače v prvním týdnu je teplota vody ohřívána na 65°C. Termostat zaznamenává po celý týden odběr teplé vody a druhý týden ohřívá vodu podle životního stylu uživatele. To znamená, že na každý den ohřivač nastavuje teplotu zvlášť podle návyků uživatele a to vše v době sepnutí nízkého cenového tarifu elektřiny. [33]



Obr. 4.2: Chytrý zásobníkový ohřivač vody OKHE SMART Dražice [34]

5 Optimalizace ohřevu z pohledu chytrých sítí

5.1 Aspekty k zavedení chytrých sítí

Každým rokem přibývají nároky na výrobu a dodávku elektrické energie. Především výroba elektrické energie z obnovitelných zdrojů bude stoupat, vzhledem ke snižujícím se zásobám fosilních paliv, zvedání jejich cen a v neposlední řadě ke snížení vlivu emisí CO₂. Provoz obnovitelných zdrojů má však nevýhody oproti běžným zdrojům na fosilní paliva, a to takové, že jejich četnost, velikost výkonů a hlavně proměnlivost dodávaného výkonu může způsobit nestabilní síť a její následné rozpadnutí. Podle průzkumu Mezinárodní agentury by měl vzrůst podíl vyrobené elektřiny v Evropě z obnovitelných zdrojů z celkové vyrobené elektřiny z hodnoty 13% na 26% do roku 2030. Nároky vzrůstají ovšem také na straně spotřebitele, kdy spotřebitel chce efektivně hospodařit se svojí spotřebou elektrické energie, chce mít přehled o tarifech, které by vyhovovaly jeho požadavkům.

Toto však není do budoucnosti možné provozovat bez řídicích, regulačních a přenosových změn, z toho důvodu se postupně snaží energetické společnosti vytvářet novou generaci distribučních sítí, které se nazývají smart grids, neboli tzv. chytré sítě. [35]

5.2 Co jsou chytré sítě

Chytré sítě jsou označovány ty, které dokážou samy regulovat a řídit přenosovou a distribuční soustavu, bez minimálních zásahů operátora. Jsou schopné přenášet elektrickou

energii jak z primárních, tak i z obnovitelných zdrojů až ke koncovému spotřebiteli s maximálně efektivním využitím obnovitelných zdrojů a tím značné snížení emisí CO₂. Další schopností chytrých sítí je detekce přetížení v síti, jež řeší v podobě změny toku elektrické energie nebo v případě poruch též dokáže odklonit elektrickou energii a místo poruchy tak izoluje. Chytrá síť obsahuje plně automatický řídicí a kontrolní systém s automatickou obnovou po poruše. Nedílnou součástí jsou informace v reálném čase o přerušení, kvalitě dodávky a celkovém zatížení sítě. Spolu s chytrými elektroměry, které jsou dělané na obousměrnou komunikaci tak spotřebitel, bude dostávat přesné informace o své spotřebě a o výhodných tarifech, kdy je elektřina nejlevnější, či naopak nejdražší, podle aktuální situace v síti. Jeli v síti přebytek energie, zapínají se některé „chytré“, domácí spotřebiče, jako například jeden z nejčastěji používaných, kterým je zásobníkový ohřivač vody, dále tepelná čerpadla a mnoho dalších zařízení. Distributor elektrické energie tak má o všem přehled a vlivem automatizace vzniká lepší kontrola nad celou sítí a dochází tak k efektivní spotřebě s maximální možnou úsporou. Síť také umožňuje obousměrný tok elektrické energie ke spotřebiteli i od něj, při jeho vlastním přebytku z malé větrné elektrárny, či solárních panelů. Připojené však budou i veškeré menší elektrárny, které budou dodávat elektrickou energii do sítě nebo naopak odebírat v případě nedostatku. Všechna ta výroba a spotřeba elektřiny bude automatizovaná a soustava bude optimálně regulovaná se spolehlivou dodávkou a efektivní spotřebou elektřiny. [35]

5.3 Chytrý elektroměr a jeho použití

Smart meter neboli, chytrý elektroměr dělá tu samou práci jako analogový elektroměr, na který jsme zvyklí: měří a zaznamenává spotřebu elektrické energie. Rozdíl je v tom, že využívá obousměrnou komunikaci mezi distributorem elektrické energie a našim domovem. Pravidelně poskytuje hodnoty distributorovi a spotřebu poté můžeme vidět se zpožděním online nebo ihned na obrazovce chytrého elektroměru. Jelikož je komunikace obousměrná, může být dálkově aktualizován k poskytnutí technických vylepšení. Naměřené hodnoty posílá elektroměr pomocí radiové frekvence do koncentrátoru RF, kde se shromažďují data z více elektroměrů a ty jsou následně posílány energetické společnosti pomocí vysokorychlostního paketového spojení Broadband po pevném komunikačním vedení.

Nejefektivnější využití chytrého elektroměru je spojení s inteligentním domem, kde na elektroměr jsou napojeny „chytré spotřebiče“, jako například: zásobníkový ohřev vody,

pračka, myčka, klimatizace, sporák, nabíjení elektromobilu a v neposlední řadě fotovoltaické panely, či malá větrná elektrárna. [35]



Obr. 5.1: SmartMeter [36]

5.4 Chytré sítě v České Republice

V roce 2010 přišla energetická společnost ČEZ s prvním projektem „Smart Region“, který je soustředěn na distribuční síť ve Vrchlabí. V průběhu pěti let chce společnost ČEZ zavést zhruba 4,5 tisíce chytrých elektroměrů do vrchlabských domácností a podniků a instalovat plnou automatizaci a monitoring distribuční sítě se zapojením místních zdrojů elektrické energie. Monitoring bude prováděn na síti nízkého a vysokého napětí a distribučních trafostanicích, které v případě výpadku dokážou odklonit tok elektrické energie. Spotřebitelé ve Vrchlabí budou tak mít mnohem větší přehled o své spotřebě a změně tarifů, které budou k dispozici na míru každého zákazníka. Další součástí je výstavba více dobíjecích míst pro elektromobily a poskytnutí městu několik elektromobilů. Do pěti let by tento region měl být prvním inteligentním místem v České Republice. [37]

Závěr

Práce poukázala na všechny možné druhy a způsoby ohřevu teplé užitkové vody, které se využívají jak v domácnostech, v průmyslu, tak i pro zásobování města, či sídliště. Ze všech způsobů ohřevu vyplývá, že nejpoužívanějšími spotřebiči v rodinných domech, bytech a chatách převládá zásobníkový ohřev teplé užitkové vody, ať už elektřinou ohřívána voda, či ohřívána voda přes tepelný výměník z kotle na tuhá paliva nebo plynovým kotlem. Druhým hodně využívaným spotřebičem je průtokový ohřev vody, který musí být správně navrhnout s ohledem na spotřebu a energetickou náročnost. Naopak při ohřevu vody pro města, je voda ohřívána párou z kotle na tuhá paliva a ta poté putuje do výměňkových stanic. Jako druhý

způsob masivního ohřevu vody se prosazuje elektrodový ohřev, kde vodou prochází přímo elektrický proud.

Dále jsem poukázal na účinnost dvou vybraných způsobů ohřevu výpočtem. Vodu jsem ohříval elektrickou energií a poté topnou vodou přes výměník. Vypočtená účinnost elektrického ohřevu vyšla 100%, avšak udávající účinnost se pohybuje okolo 96-98%, tento procentní rozdíl může být dán nezapočítáním tepelných ztrát do výpočtu. Z výsledku účinnosti ohřevu přes tepelný výměník, vyplývá, že dodané teplo výměníku nepředá veškerou energii ohřivané vodě a tepelné ztráty jsou u tohoto ohřevu značné.

Pojem akumulace energie do vody jsem pojmal způsobem akumulování tepelné energie do akumulární látky a druhým zcela odlišným způsobem akumulování elektrické energie v podobě potencionální energie vody. Důvodem akumulování tepelné energie do vody a tudíž používání zásobníkových ohřivačů vody je ten, že voda má nejvyšší měrnou tepelnou kapacitu z používaných materiálů na akumulaci energie, a proto voda dokáže pojmout velké množství tepelné energie.

Práce je ovšem zaměřena i na napojení elektrických zásobníkových ohřivačů vody do elektrizační soustavy se systémem HDO, který umožňuje částečné regulování diagramu denního zatížení a zajištění tak rovnováhy mezi výrobou a spotřebou. Tento systém je v České Republice hojně využíván, avšak pomalu stárne, naproti tomu chytré sítě by měly do budoucna vyřešit hospodárnější nakládání s elektrickou energií a s jejím regulováním a řízením. S takovými sítěmi mají zkušenosti energetické společnosti na území Kalifornie, kde fungují velice dobře.

U nás ovšem v České Republice je zatím osazován chytrými elektroměry jeden region a to Vrchlabí, který je testován a měřen, zdali lze tyto sítě rozvinout i u nás. Problémem ve Vrchlabí je přenos dat z elektroměru k distributorovi, z důvodu poměrně rozsáhlých sítí, které jsou špatně impedančně zakončené a signál je značně tlumen. Proto data chodí se značným zpožděním k distributorovi, nicméně tento problém se intenzivně řeší a výsledná veškerá komunikace by se měla odehrávat na silovém vedení, do roku 2015 má být síť kompletně vybudována. Po určitém měřeném období se projeví, zdali zavedení chytré sítě bylo přínosem, či ne. Pokud bude vše samostatně provozu schopné a ekonomicky výhodné, pak by neměl být problém s celoplošným instalováním těchto technologií.

Seznam literatury a informačních zdrojů

- [1] *Elektrotepelná technika*. Praha: SNTL, 1985, s. 66-130. ISBN L25-C3-IV-41f/58593.
- [2] *Zásobníkové ohřivače teplé užitkové vody TUV - bojler*. Instalátorské práce | Instalátér voda - kanalizace - plyn - topení [online]. [cit. 2013-05-26]. Dostupné z: <http://www.vodari.eu/voda/ohrivace-vody/bojlery.php>
- [3] *Ohřev vody*. TZB-info [online]. 2013, 13.3. [cit. 2013-05-26]. Dostupné z: <http://voda.tzb-info.cz/docu/clanky/0082/008273o5.jpg>
- [4] *PRÍPRAVA TEPLÉ VODY*. Hestia VIVID 5 [online]. [cit. 2013-05-26]. Dostupné z: <http://hestia.energetika.cz/encyklopedie/img/img095.gif>
- [5] *Rozvody vody v hotelu*. Brno, 2011. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technických zařízení budov.
- [6] *Průtokové ohřivače teplé užitkové vody TUV*. Instalátorské práce | Instalátér voda - kanalizace - plyn - topení [online]. [cit. 2013-05-26]. Dostupné z: <http://www.vodari.eu/voda/ohrivace-vody/prutokove-ohrivace.php>
- [7] *Mirava*. Www.mirava.cz [online]. [cit. 2013-05-26]. Dostupné z: http://www.mirava.cz/repository/images/produkty_po/ma1pk/typ_ma1pk.jpg
- [8] *Plynové spotřebiče*. TZB-info [online]. 2004 [cit. 2013-05-26]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/2019-plynove-spotrebice-i>
- [9] *PRÍPRAVA TEPLÉ VODY*. Hestia 5.0 VIVID - Encyklopedie 2008 [online]. [cit. 2013-05-26]. Dostupné z: <http://hestia.energetika.cz/encyklopedie/img/img094.png>
- [10] *Elektrotepelná technika* [online]. Praha, 2011 [cit. 2013-05-26]. ISBN 978-80-01-04938-9. Dostupné z: k315.feld.cvut.cz/CD_MPO/CVUT-3-Elektrotepelná.pdf
- [11] *Výměníky tepla*. Regulus [online]. [cit. 2013-05-26]. Dostupné z: <http://www.regulus.cz/cz/vymeniky-tepla>
- [12] *Výměníky tepla*. Brno, 2010. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Energetický ústav.
- [13] *Deskové výměníky tepla*. Vysoká škola chemicko - technologická v Praze [online]. [cit. 2013-05-26]. Dostupné z: <http://www.vscht.cz/uchi/echi/vt/obr11.gif>
- [14] *Princip tepelného čerpadla*. Tepelná čerpadla AC Heating [online]. [cit. 2013-05-26]. Dostupné z: <http://www.ac-heating.cz/princip-tepelneho-cerpadla.htm>
- [15] *Tepelná čerpadla*. Regulus [online]. [cit. 2013-05-26]. Dostupné z: <http://www.regulus.cz/cz/tepelná-cerpadla-regulus>
- [16] *Jak funguje tepelné čerpadlo?*. Servis chlazení [online]. 2011 [cit. 2013-05-26].

- Dostupné z: <http://www.servis-chlazení.com/wp-content/uploads/2011/09/obrorig-38.jpg>
- [17] *Solární systémy*. Solární ohřev vody, tuv, solární vytápění domu, solární systém pro rodinný dům, solární panely, solární kolektory, solární systém na klíč [online]. c 2013 [cit. 2013-05-26]. Dostupné z: <http://www.solarni-system.eu/obrazky/schemata/ov.jpg>
- [18] *Systém centralizovaného zásobování teplem* [online]. [cit. 2013-05-26]. Dostupné z: http://www.pltep.cz/upload/File/kniha_o_sczt.pdf
- [19] *Dražice OKC 125 - ohříváč vody kombinovaný zásobníkový OKC 125 - 120 l - závěsný, svislý*. Sanita a topení.cz [online]. [cit. 2013-05-26]. Dostupné z: <http://www.sanitaatopeni.cz/deploy/files/okc-rez2.png>
- [20] *Přečerpávací vodní elektrárna*. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-[cit. 2013-06-02]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/P%C5%99e%C4%8Derp%C3%A1vac%C3%AD_vodn%C3%AD_elektr%C3%A1rna
- [21] *Přečerpávací vodní elektrárna Dlouhé Stráně*. ČEZ Distribuce [online]. [cit. 2013-06-02]. Dostupné z: <http://www.cez.cz/cs/vyroba-elektriny/obnovitelne-zdroje/voda/dlouhe-strane.html#!&zoom=12>
- [22] *Přečerpávací vodní elektrárna Dalešice*. ČEZ Distribuce [online]. [cit. 2013-06-02]. Dostupné z: <http://www.cez.cz/cs/vyroba-elektriny/obnovitelne-zdroje/voda/dalesice.html>
- [23] *Vodní elektrárny Štěchovice*. ČEZ Distribuce [online]. [cit. 2013-06-02]. Dostupné z: <http://www.cez.cz/cs/vyroba-elektriny/obnovitelne-zdroje/voda/stechovice.html>
- [24] *Černé jezero*. ČEZ Distribuce [online]. [cit. 2013-06-02]. Dostupné z: <http://www.cez.cz/cs/vyroba-elektriny/obnovitelne-zdroje/voda/cerne-jezero.html>
- [25] *Cesty k akumulaci elektrické energie*. Energyweb [online]. [cit. 2013-06-02]. Dostupné z: http://www.energyweb.cz/web/EE/images/06/61_06.gif
- [26] *Akumulace tepelné energie - fyzikální principy*. TZB-info [online]. 2003 [cit. 2013-06-02]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/1482-akumulace-tepelne-energie-fyzikalni-principy>
- [27] *Akumulace tepla v solárních tepelných soustavách*. Brno, 2011. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Energetický ústav.
- [28] *Elektrizační soustava* [online]. [cit. 2013-06-02]. Dostupné z: http://home.pilsfree.net/fantom/FEL/MR/FEL_CVUT/lekce02_06.pdf
- [29] *Říjen 2005*. 3Pol [online]. [cit. 2013-06-02]. Dostupné z: <http://3pol.cz/388>
- [30] *Význam jednotlivých čísel kódu HDO*. PRE Distribuce [online]. [cit. 2013-06-02]. Dostupné z: <http://www.predistribuce.cz/distribuce/sluzby-a-ceny/sluzby/hdo/vyznam>

cisel-kodu.html

- [31] *Časy spínání HDO ke stažení*. ČEZ Distribuce [online]. [cit. 2013-06-02]. Dostupné z: <http://www.cezdistribuce.cz/cs/technicky-dispecink/hdo/casy-spinani-hdo-ke-stazeni.html>
- [32] *HDO*. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2013-06-02]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/HDO>
- [33] *Ohřivače vody - bojler OKHE SMART*. DZD Dražice [online]. [cit. 2013-06-02]. Dostupné z: <http://www.dzd.cz/index.php/cs/ohrivace-vody-bojlery/elektricke-ohrivace-vody/zavesne-svisle/okhe-smart>
- [34] *Ohřivače vody - bojler OKHE SMART*. DZD Dražice [online]. [cit. 2013-06-02]. Dostupné z: <http://www.dzd.cz/images/sortiment/inteligentni-ohrivac-vody-s-elektronickym-termostatem.jpg>
- [35] *Chytré sítě, chytré spotřebiče a akumulace elektrické energie*. Brno, 2010. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Energetický ústav.
- [36] *SmartMeter™ Network—How It Works*. PGE [online]. [cit. 2013-06-02]. Dostupné z: <http://www.pge.com/web/includes/images/myhome/customerservice/meter/smartmeter/electric.jpg>
- [37] *Inteligentní sítě vstupují do České Republiky*. ČEZ Distribuce [online]. [cit. 2013-06-02]. Dostupné z: <http://www.cez.cz/cs/pro-media/tiskove-zpravy/770.html>