

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2016

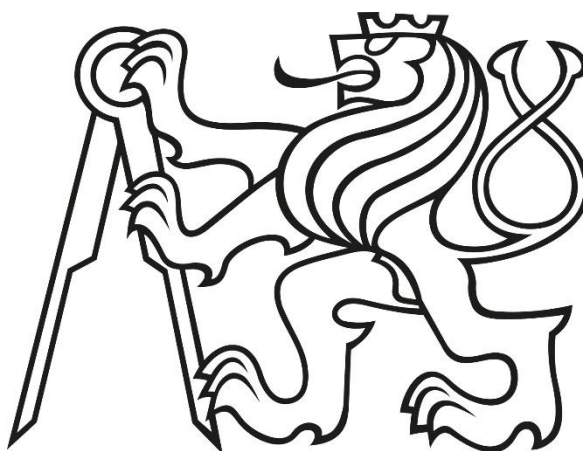
Bc. Jan Malý

České vysoké učení technické v Praze

fakulta elektrotechnická

katedra měření

obor inteligentní budovy



Diplomová práce

**Komplexní využití predikovatelných informací pro řízení
úspor elektrické energie v budovách**

Autor:

Bc. Jan Malý

Vedoucí práce:

Ing. Jindřich Kubec (Teco a.s.)

2016



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student:	Bc. Jan Malý
Studijní program:	Inteligentní budovy
Název tématu česky:	Komplexní využití predikovatelných informací pro řízení úspor elektrické energie v budovách
Název tématu anglicky:	Comprehensive use predictable information for management savings electric energy in buildings

Pokyny pro vypracování:

Navrhněte a programově realizujte automatické řízení spotřeby elektrické energie pro rodinný dům. Elektrická energie bude dodávána z fotovoltaických panelů a ze sítě s dvou tarifní sazbou s využitím akumulace. Zajistěte pomocí vhodných prostředků rovnoměrný odběr elektrické energie ze sítě s minimalizováním odběrových špiček. Pro všechny automatizační a řídicí úlohy i případné modelování využijte systém Tecomat Foxtrot. Funkčnost automatického řízení spotřeby demonstруйте na vzorových datech a vyčíslete možné úspory pro odběratele a snížení ztrát na straně distributora.

Seznam odborné literatury:

- [1] Staněk, K. 2012. *Fotovoltaika pro budovy*. 1. vyd. Praha: Grada pro Katedru konstrukcí pozemních staveb Fakulty stavební Českého vysokého učení technického v Praze.
- [2] Pohorský, J. 2002. *HDO: hromadné dálkové ovládání*. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura.
- [3] Homod, R. & Sahari, K. [2014]. *Intelligent HVAC control for high energy efficiency in buildings: achieving energy savings with developed nonlinear control strategies of central air-condition for intelligent buildings*. Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing.

Vedoucí diplomové práce:	Ing. Jindřich Kubec (Teco a.s.)
Datum zadání diplomové práce:	15. ledna 2016
Platnost zadání do ¹ :	31. srpna 2017

L.S.

Doc. Ing. Jan Holub, Ph.D.
vedoucí katedry

Prof. Ing. Pavel Ripka, CSc.
děkan

V Praze dne 15. 1. 2016

¹ Platnost zadání je omezena na dobu tří následujících semestrů.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ AUTORA PRÁCE

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.....

.....
Podpis autora práce

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto vedoucímu práce Ing. Jindřichu Kubcovi za vedení a odbornou, pedagogickou a metodickou pomoc a rovněž za důvěru ve mě vloženou, které si moc vážím. Velké poděkování patří také konzultantům z firem Thimm packaging, Mondi coating, ČEZ prodej a ČEZ měření, kteří mi pomohli v zodpovězení řady technických otázek.

Poděkování náleží i všem mým profesorům a učitelům, kteří mi věnovali svůj čas k předání hodnotných znalostí a zkušeností. Rovněž bych chtěl poděkovat celé své rodině za podporu, kterou mi poskytovala během celého mého studia.

Abstrakt

Tato práce je zaměřená na návrh systému řízení spotřeby elektrické energie v rodinném domě, který využívá elektrickou energii z energetické sítě a z fotovoltaických panelů. Prvním bodem je rešerše aktuálního stavu nasazování obnovitelných zdrojů energie, což přímo souvisí s následujícím bodem o požadavcích na řídicí systém. Dalším bodem je rozbor současných technických možností řízení spotřeby elektrické energie. Na základě pozorování a výpočetních vztahů jsou v této práci nastíněny možnosti u rodinných domů za použití automatického řízení, které je schopné optimalizovat spotřebu elektrické energie díky využití predikovatelných informací o lidech, počasí a spotřebě. Pro potřeby zhodnocení je systém navržen na konkrétní objekt.

Klíčová slova

Predikce, úspora energie, automatické řízení, řízení spotřeby, rovnoměrný odběr, inteligentní budova

Abstract

The thesis focuses on a designing how to manage electricity consumption in family house that uses electricity from the power grid and photovoltaic panels. Firstly there is described current state of deployment guidance renewable energy sources which are directly related to the following item on the requirements for the control system. Next part is an analysis of the current technical possibilities of power management. Based on observations and computational formulas the possibilities are outlined for family houses, using automatic control, which is able to optimize energy consumption through the use of predictable information about the people, the weather and consumption. The assessment system is designed according to the needs of a specific object.

Key words

Prediction, energy saving, automatic control, power management, steady power consumption, intelligent building

Obsah

1	Úvod	3
1.1	Téma práce	3
2	Současný stav vývoje	5
2.1	Cíle EU	5
2.2	Stav ve světě.....	5
2.2.1	Německo - Paroplynový paradox	5
2.2.2	Kalifornie - Kachní křivka	6
2.2.3	Dánsko - Pozastavení výstavby větrného parku	6
2.3	Stav v ČR	7
2.3.1	Nové tarifní struktury.....	8
3	Teoretický rozbor	9
3.1	Automatické řízení	9
3.2	Predikce.....	10
3.2.1	Vycházení z historie.....	10
3.2.2	Na základě pozorování.....	10
3.3	HDO	11
3.4	Akumulace elektrické energie.....	11
3.5	Fotovoltaické panely	12
3.6	Automatizace v budovách	13
3.6.1	Foxtrot.....	13
4	Požadavky na systém správy energetického hospodaření	15
4.1	Rovnoměrný odběr	15
4.2	Zvýšení účinnosti	15
4.3	Adekvátní rezervace.....	15
4.4	Podpora stabilizace.....	15
4.5	Obnovitelné zdroje	16
4.6	Aplikační oblast	16
4.6.1	Rodinné domy	16
5	Implementace do vybraného objektu.....	17
5.1	Vybraný rodinný dům	17
5.2	Potřeby	18
5.2.1	Spotřebiče	19
5.2.2	Vytápění.....	20

KOMPLEXNÍ VYUŽITÍ PREDIKOVATELNÝCH INFORMACÍ PRO ŘÍZENÍ ÚSPOR ELEKTRICKÉ ENERGIE V BUDOVÁCH

5.2.3	Chlazení.....	24
5.2.4	Voda	25
5.2.5	Vzduchotechnika.....	29
5.2.6	Fotovoltaika.....	29
5.2.7	Kompenzace výkyvů	30
5.3	Navrhované změny	31
5.3.1	Řídicí systém	31
5.3.2	Čítač osob.....	31
5.3.3	Nárůst teploty ohřevu TV.....	32
5.3.4	Efektivní příprava teplé vody.....	32
5.3.5	Tlakový rozvod	35
5.3.6	Sledování odběru.....	36
5.3.7	Závlaha	37
5.3.8	Prioritní chod spotřebičů	38
5.3.9	Přerušované vytápění	38
5.3.10	Noční chlazení.....	41
5.3.11	Odepínatelné okruhy	42
5.3.12	Větrání podle osob	43
5.3.13	FV sestava	44
5.3.14	Objekt jako řešení v energetické stabilizaci.....	45
6	Závěr	47
7	Seznam bibliografických citací, zkratk a obrázků	49
7.1	Seznam citací.....	49
7.2	Seznam zkratk.....	50
7.3	Seznam obrázků.....	51
8	Seznam příloh	53
	Příloha č. 1 – Kalkulace pořizovacích nákladů za hardware.....	55
	Příloha č. 2 – Data o výrobě elektrické energie z FV podle PV GIS	57
	Příloha č. 3 – Ukázka části navrhovaného řízení.....	59

1 Úvod

Elektrická energie spadá do oblasti nenahraditelných potřeb moderního člověka. V rámci boje Evropské unie proti globálnímu oteplování byly stanoveny cíle, které mají snížit vliv lidské činnosti na klimatické změny. Nejbližší mezník těchto cílů je rok 2020. Třetí cíl se týká změny klimatu a udržitelných zdrojů energie. Projevuje se v aktuálním dění v oblasti energetiky a ve značné míře se dotýká i domácností. Dokud byla výroba řízená jen regulací zdrojů a k jejímu řízení se využívalo modelů vytvořených z historických dat, tak stabilita dodávky elektrické energie byla na vysoké úrovni. Diference mezi odhadovanou a skutečnou spotřebou byla minimální a její kompenzaci zajišťovaly výhradně přečerpávací elektrárny. S příchodem neregulovatelných obnovitelných zdrojů, jako je energie slunce a větru, začíná docházet k problémům v regulaci výroby. Jednou z možností řešení nastalé situace za pokračování trendu v rostoucím využívání obnovitelných zdrojů elektrické energie je optimalizace spotřeby elektrické energie u domácností, jejichž největším zástupcem jsou rodinné domy. To si uvědomují i představitelé státu a definují pole budoucí působnosti ve státní energetické koncepci. Nároky kladené na velkou část rodinných domů souvisí především se zdroji tepla, ale počítá se i s umístěním fotovoltaických panelů na střechy objektů. Z důvodu omezení negativního vlivu těchto zdrojů na energetickou síť je potřeba využití akumulace. Dalším způsobem boje proti vlivu lokální výroby energie je „Nová tarifní struktura“, která v rámci nasazené cenové politiky zvýhodní rovnoměrný odběr.

1.1 Téma práce

Práce bude rozdělena do částí, a to aktuální dění, požadavky a návrh systémů pro rodinný dům. V aktuálním dění je poukázáno na problémy, kterým bychom se měli vyvarovat při plnění na nás kladených podmínek v oblasti obnovitelných zdrojů elektrické energie. Požadavky kladené na systém řízení definují vše, co by měl zvolený systém zabezpečovat, aby byl pro danou problematiku vhodný i v rámci chystaného budoucího vývoje. V návrhu systému zhodnotíme řízení v oblastech potřeb ve vybraném objektu, typu rodinný dům, k zajištění snížení energetické náročnosti při využití predikce založené na výpočetních modelech či na zkušenosti.

KOMPLEXNÍ VYUŽITÍ PREDIKOVATELNÝCH INFORMACÍ PRO ŘÍZENÍ ÚSPOR ELEKTRICKÉ
ENERGIE V BUDOVÁCH

2 Současný stav vývoje

2.1 Cíle EU

Cíle Evropské unie v oblasti energetiky nás jako jednoho z jejích členů staví před úkoly v oblasti energetického hospodaření. Nejvýznamnějším je třetí cíl, kterým je změna klimatu a udržitelné zdroje energie. Body tohoto cíle jsou snížení emisí skleníkových plynů o 20 %, zvýšení podílu energie z obnovitelných zdrojů na 20 % a zvýšení energetické účinnosti o 20 %. (1)

Nejvýznamnější body v závislosti k budovám jsou:

Snížení emisí o 20 %

Projev tohoto bodu se dotýká domů obytného charakteru hlavně v oblasti výroby tepla. Starší zdroje tepla nemají takovou účinnost a nelze u nich regulovat výkon. Proto je do budoucna nařízeno omezení výroby tepla ve zdrojích nižší než čtvrté třídy, přesněji od roku 2022. Tento záměr je sepsán v normě ČSN EN 303-5. (2)

Jedná se o ucelený tlak na majitele objektů s nevyhovujícím zdrojem tepla.

Podíl obnovitelných zdrojů 20 %

Druhý bod se týká hlavně podpory instalace fotovoltaických a větrných elektráren. V souvislosti s aktuální Státní energetickou koncepcí je v plánu větší důraz na zvýšení podílu instalací fotovoltaických panelů na budovy. (3)

2.2 Stav ve světě

Jelikož v oblasti využívání obnovitelných zdrojů elektrické energie nejsme v takovém popředí jako již některé státy ve světě, můžeme se ze situace, která u nich nastala, poučit a využít pozitivních zkušeností, nebo naopak vytvořit v dostatečném předstihu protipatření vůči negativnímu vlivu změn.

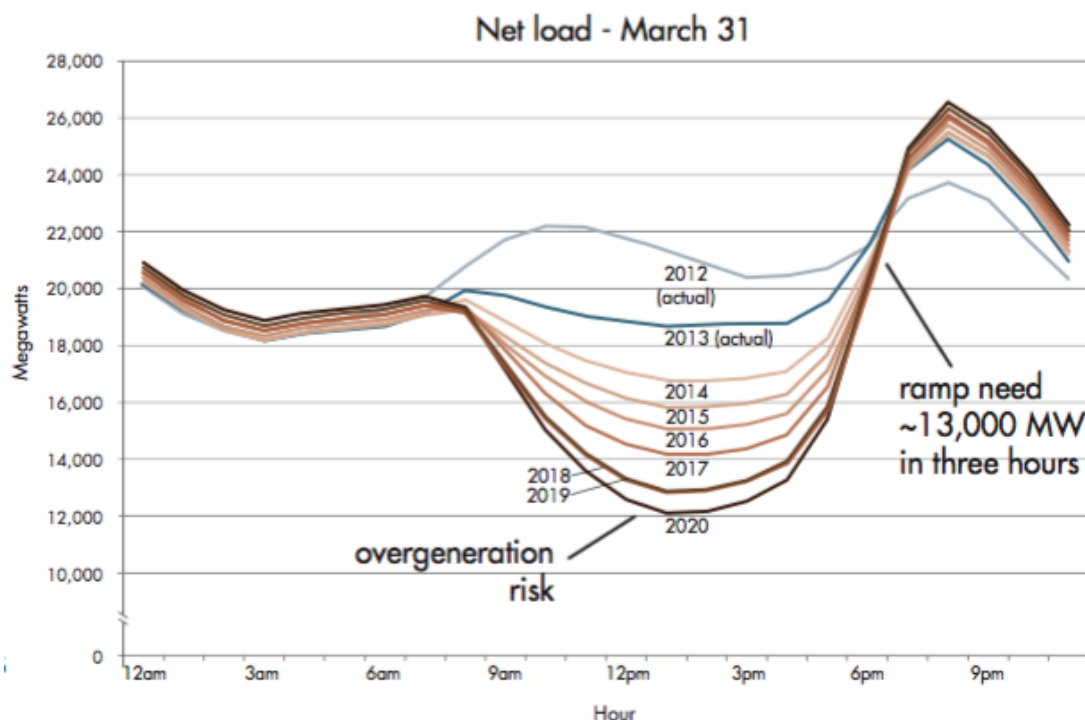
2.2.1 Německo - Paroplynový paradox

U našich sousedů v Německu je obdobný problém, jako je v Kalifornii. Velké nasazování OZE tvoří potřebu zajistit dostatečné výkony v rychle-náběhových zdrojích, které by zajistily kompenzaci výkyvu. V případě, že jsou vhodné podmínky pro obnovitelné zdroje elektrické energie, tak v aktuálním rozložení produkce nejsou schopni poklesnout s výkonem tradičních zdrojů elektrické energie tak rychle. Z tohoto důvodu je ve velkém využíváno paroplynových elektráren, které však mají velké náklady na vyrobenou energii. V současné situaci je výkupní cena elektrické energie z důsledku podpory obnovitelných zdrojů elektrické energie tak nízká, že nedokáže pokrýt náklady na výrobu v paroplynových elektrárnách. I když je tedy výroba ztrátová, je nutná kvůli stabilitě sítě. Tyto ztráty se pak projeví v ceně elektrické energie každého spotřebitele. (4)

2.2.2 Kalifornie - Kachní křivka

V Kalifornii vznikl problém přímo související s neuváženým nasazováním FV. Výroba elektrické energie v obnovitelných zdrojích elektrické energie je v době velké intenzity slunečního záření tak velká, že tvoří velký rozdíl mezi minimem a maximem dne. Jelikož zdroje, které jsou schopné docílit rychlého náběhu a poklesu k docílení produkce odpovídající spotřebě, jsou produkčně dražší, roste tak s využíváním této čisté energie i cena elektrické energie. (5)

Figure 2: The duck curve shows steep ramping needs and overgeneration risk



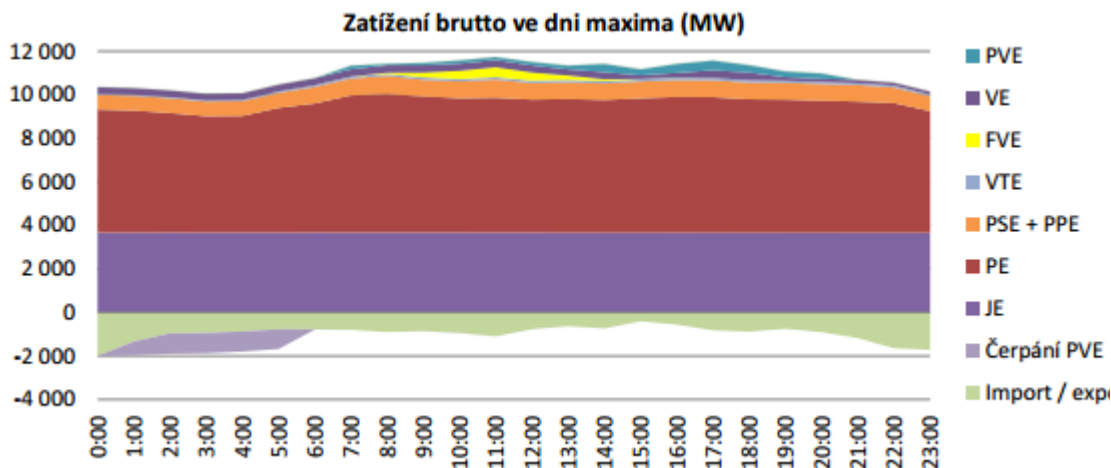
Obrázek 1 - Graf spotřeby elektrické energie v Kalifornii a předpokládaný vývoj [převzato z (5)]

2.2.3 Dánsko - Pozastavení výstavby větrného parku

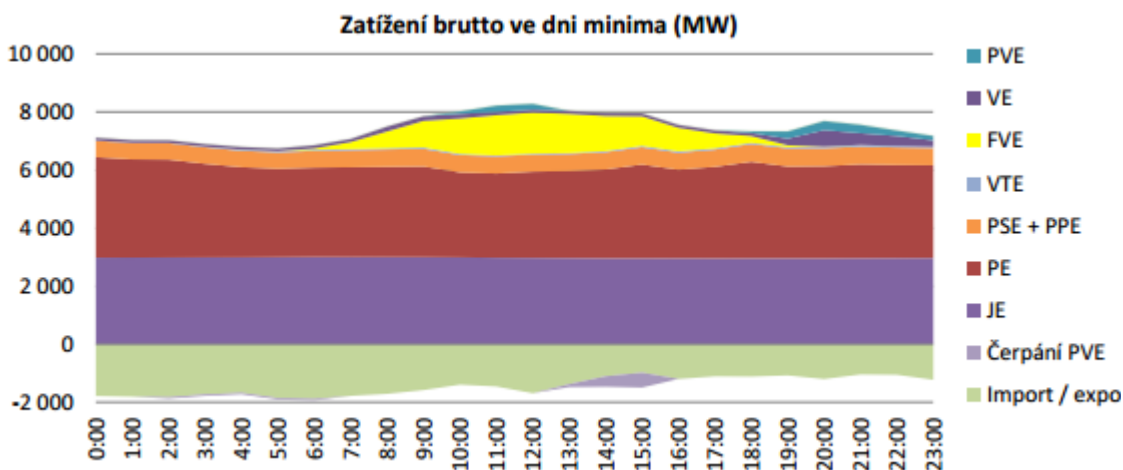
Jedna z mála zemí, která svou energetickou potřebu kryje již 40 % z obnovitelných zdrojů, tedy aktuálně výhradně z větrných elektráren, je právě Dánsko. Akční plán této země je pokračovat v tomto trendu a dostat se za magickou hranici 50 %. Od tohoto plánu se prozatím ustupuje, neboť velký vzestup obnovitelných zdrojů u okolních států navodil situaci záporné ceny elektrické energie z důvodu nadměrné produkce. Tedy za každou nadvyrobenou kWh pomocí krátkodobých výhodných podmínek pro produkci elektrické energie z OZE. (6)

2.3 Stav v ČR

Jednou ze základních potřeb v dnešní době je elektrická energie. Výrobu elektrické energie zajišťují v České republice různé zdroje. Jsou to elektrárny parní, jaderné, paroplynové, plynové, spalovací, vodní, větrné a fotovoltaické. Elektrická energie z těchto zdrojů je prostřednictvím distribuční sítě dopravena k odběrateli jako energetický mix. (ERÚ - Energetický regulační úřad)



Obrázek 2 - Odběrový graf spotřeby v ČR v den 10.12.2014 [převzato z (7)]



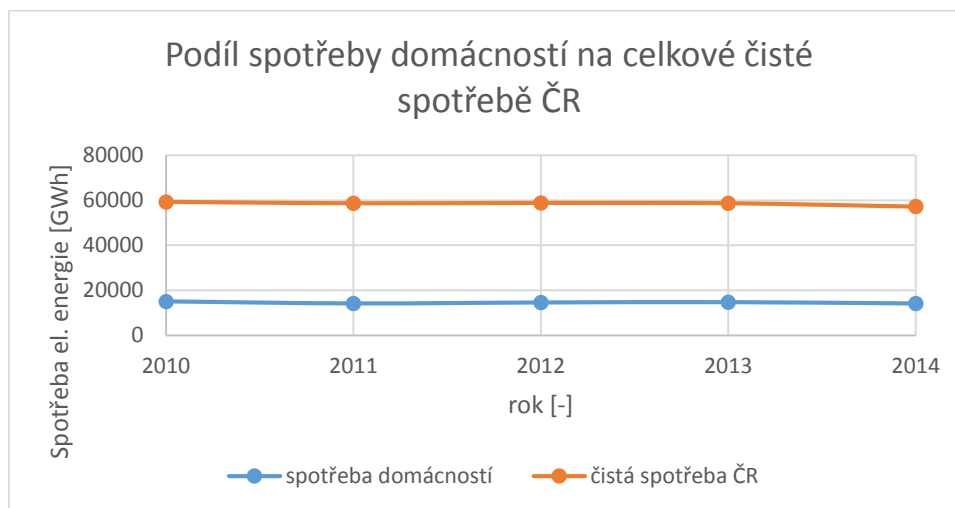
Obrázek 3 - Odběrový graf spotřeby v ČR v den 10.08.2014 [převzato z (7)]

V poslední době se na tomto poli udála spousta změn, které se dotýkají a nadále budou dotýkat budov a jejich vlastníků.

Každý zdroj elektrické energie, i když jeho konečný produkt je stejný, má jiné možnosti a potřeby. S příchodem využívání fotovoltaiky se vyskytují problémy se stabilitou sítě, kvůli kterým je potřeba zajistit vhodná opatření.

V oblasti energetiky se v posledních letech docílilo velkého nárůstu podílu obnovitelných zdrojů díky garantované výkupní ceně. Tento růst bude i nadále pokračovat, ale jeho směřování má být na výrobu v oblasti budov.

Spotřeba elektrické energie v domácnostech představuje v České republice podle údajů z ERÚ 25 % z čisté produkce elektrické energie. Domácnosti se tedy jeví jako možné místo řešení energetické situace, přičemž rodinné domy představují velký podíl domácností v ČR. (7)



Obrázek 4 - Podíl spotřeby domácností na celkové čisté spotřebě ČR [data z (8)]

2.3.1 Nové tarifní struktury

Kvůli zrychlenému objemu nasazovaných fotovoltaických panelů, na které není naše přenosová soustava stavěná a se kterými nepočítají ani aktuální tarify, je potřeba změny v této oblasti dosti aktuálním tématem. Toto si uvědomuje právě i Energetický regulační úřad a navrhuje tarifní strukturu založenou na rezervovaném příkonu.

V platbě za elektřinu jsou vázány jak částky za odebranou elektrickou energii, tak právě i za náklady s tím spojené. Jsou tu ale také náklady, které se nevážou na odebranou elektrickou energii, ale jsou způsobeny potřebou zajistit všem elektrickou energii v množství, které představuje rezervace pomocí hodnoty hlavního jističe. Aktuální tarifní struktura rozkládá veškeré náklady v závislosti na odebrané elektrické energii. Pokud tedy docílíme výrobou pomocí fotovoltaických panelů zmenšení odběru, tak snížíme i platbu za veškeré náklady, tedy i za ty spojené s rezervací. Jelikož se však tyto náklady musí zaplatit, tak dochází ke zvýšení ceny na úkor spotřebitelů nemajících výrobu elektrické energie a tedy tím nastává nepřímá dotace spotřebitele s fotovoltaickými panely. (9)

Nové tarify mají způsobit tlak na aktuální majitele objektů s předimenzovanou hodnotou hlavního jističe, aby uvážili možné snížení této hodnoty pro zajištění snížení nákladů.

3 Teoretický rozbor

3.1 Automatické řízení

Nebo také řízení probíhající na základě předem definovaného algoritmu bez potřeby lidského zásahu. Automatizaci je možno uskutečnit kdekoli, kde můžeme senzory a algoritmy zajistit bezproblémový průběh požadovaného cyklu. (10)

- Sensory – pasivní prvky automatizace, které informují o aktuálním stavu ve formě vstupních proměnných daného algoritmu
- Algoritmus – definovaný postup na základě vstupních proměnných, který vyvolává výstupní proměnnou
- Aktuátory – aktivní prvky automatizace jako motory, ventily, a další činné součásti, které na základě výstupní proměnné algoritmu vykonávají činnost.

Rozlišujeme mezi dvěma typy řízení, a tedy:

Otevřený obvod řízení

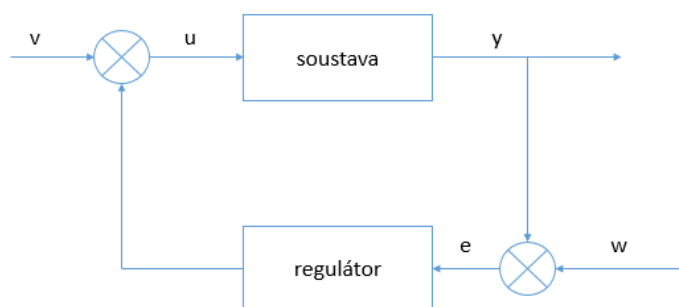
Využívá se ho výhradně u dvoustavového řízení.



Obrázek 5 - Otevřený obvod řízení [převzato z (10)]

Uzavřený obvod řízení

Také se mu říká zpětnovazebný obvod. Pro své řízení využívá informaci o stavu soustavy.



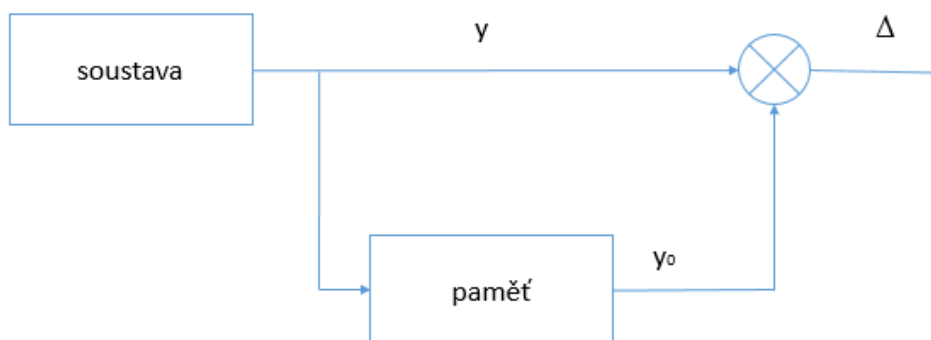
Obrázek 6 - Uzavřený obvod řízení [převzato z (10)]

3.2 Predikce

Předpověď na základě pozorování (měření) nebo zkušenosti je jedním z nástrojů řízení. Je jednou z možností, jak docílit optimalizace v mnoha typech odvětví.

3.2.1 Vycházení z historie

Pro některé z aplikací lze využít k predikci na základě porovnání s minulostí, jedná se hlavně o procesy, kde může docházet ke snižování účinnosti. Na obrázku 7 jde vidět porovnání řízené veličiny y s uloženou hodnotou řízené veličiny z minulosti y_0 . Rozdíl mezi řízenými veličinami jako ukazatel možného snížení účinnosti.



Obrázek 7 - Porovnání výstupů řízeného obvodu

Logický následek vycházející ze znalosti aktuálního stavu a stavu minulého.

V oblasti jako jsou rodinné domy, kde dochází k opakujícím se činnostem většinou s denním cyklem, je použití prediktivních nástrojů jednou z možností k zajištění efektivity spotřeby elektrické energie.

3.2.2 Na základě pozorování

V případě predikce v některých oblastech nelze využít vycházení z historických dat, ale na základě vypořádaných souvislostí, které nemají vždy logickou spojitost.



Většinou se jedná o zvyk v případě lidí, či o předem definovanou posloupnost činností u strojů.

3.3 HDO

Hromadné dálkové ovládání je nástrojem řízení, které bylo zavedeno do provozu již v 30. letech. Mělo nahradit elektromechanické spínací hodiny, kterých exponenciálně přibývalo a které byly náročnější na údržbu. Podstatnou nevýhodou spínacích hodin byla i jejich nemožnost centrální správy. To se projevovalo hlavně na velkých poklesech a růstech odběru. Princip dálkového řízení spočívá v modulaci řídicího signálu v hodnotách stovek Hz na nosnou síťovou frekvenci 50 Hz. Takto modulovaný signál se přenáší bez problémů z oblasti vysokého napětí VN až do oblasti nízkého napětí NN. Pro řízení na samotném místě odběru je používán přijímač HDO, který zajistí zapnutí a následné vypnutí ovládaných přístrojů a okruhů. (11)

Časy spínání HDO pro kód povelu 218

	1	2	3	4
<i>všední den</i>	0:00 - 01:15	02:35 – 05:55	13:10 – 15:50	23:10 – 24:00
<i>víkend</i>	0:00 – 0:55	04:15 – 8:10	12:50 – 15:30	23:15 – 24:00

Obrázek 8 - Tabulka časů nízkého tarifu pro kód povelu 218 [zdroj www.cez.cz]

Pomocí hromadného dálkového ovládání se kompenzují výkyvy v odběru elektrické energie během celého dne. Využívají se dva základní řídicí programy, je to program pro pracovní dny a program pro dny klidu. Tyto dny se totiž liší v rozložení odběru během dne. (11)

3.4 Akumulace elektrické energie

Otázka akumulace elektrické energie začíná být velmi podstatnou.

Nejčastěji se s akumulací setkáme u fotovoltaických systémů, a to konkrétně u hybridního a ostrovního systému, kde se využívá akumulace elektrické energie do baterií.

Nejběžněji užívanými bateriemi pro tyto účely jsou akumulátory PB, LiFePO₄ a Li-ion.

- PB – olovené akumulátory, jinak nazývané jako trakční, jejich velkou výhodou je měrná kapacita a nízká cena i velkých kapacit, nevýhodou však je v porovnání s dalšími typy značně menší životnost v hodnotách kolem tisíce cyklů
- LiFePO₄ – lithium-železo-fosfátové akumulátory, vyznačují se velkou životností v hodnotách pěti až deseti tisíc cyklů
- Li-ion – lithium iontové akumulátory, stejně jako u LiFePO₄ se vyznačují velkou životností, ale jsou finančně nákladnějším typem.

3.5 Fotovoltaické panely

Rozdělení podle zapojení:

- Síťový solární systém
- Ostrovní solární systém
- Hybridní solární systém

Síťový solární systém se vyznačuje přímým propojením s energetickou sítí, kde nadvýroba FV panelů nad vlastní spotřebu je přímo posílána do sítě. Tento systém se vyznačuje nižší cenou z důvodu absence baterií. Nejrozšířenější použití u fotovoltaických elektráren FVE, kde největší instalace v České republice je Ralsko s instalovaným výkonem 38,3 MW.

Ostrovní solární systém se vyznačuje nepropojeností s rozvodnou sítí. Vše co se vyrobí, tak se i na místě spotřebuje. Spotřeba je přímá či s využitím akumulace do baterií, rozložená v delším čase než je čistě produkční čas FV. S tímto systémem se setkáváme zřídka, spíše je využíván u odlehlých objektů pro rekreační užití nebo jako zdroj elektrické energie pro systémy atypických dopravních prostředků.

Hybridní solární systém je kombinací obou výše jmenovaných systémů, kde dochází jak k využívání veškeré elektrické energie vyrobené ve FV panelech, tak v případě nedostatku je využito distribuční sítě.

Výroba elektrické energie pomocí fotovoltaických panelů je omezená jen na oblast den, kde množství vyrobené elektrické energie je závislé na intenzitě slunečního záření a na aktuálním úhlu, pod kterým záření dopadá na panel.

Pro oblast severní polokoule je výhodná orientace FV panelů jižní, jihovýchodní a jihozápadní.

Jedny z mála objektů, které mají potenciál k tomu, aby hospodárně a bez vedlejších negativních účinků využívaly obnovitelné zdroje energie ve formě fotovoltaiky, jsou právě rodinné domy. Důvodem této možnosti je velká spotřeba elektrické energie, kterou tento typ objektů má. Výhodou je i minimální vliv na zmenšování podílu obdělávaných ploch a menší nároky na instalační materiál při instalaci na střechu. (3)

3.6 Automatizace v budovách

Automatizace v budovách představuje velkou škálu možností od řízení po spínání spotřebičů. Výhradně se zaměřuje na řízení technického zabezpečení budov – TZB.

Nejběžnějšími řízenými oblastmi jsou regulace teploty, řízení větrání, řízení osvětlení, zdravotní technika, zabezpečovací systémy.

Automatické řízení objektů je trendem současnosti. Již mnoho velkých firem, jako je ABB, Honeywell, Siemens, Teco a mnoho dalších, pocítilo příležitost na tomto trhu. Automatizace zajišťuje snížení nároků na lidský čas, tak i energetické úspory. Současnou nevýhodou je stále velká finanční náročnost, která dosahuje dostatečné návratnosti výhradně u velkých projektů.

Velkou výhodou automatizace je možnost řídit spotřebu elektrické energie. V případě použití řízení a monitoringu spotřeby v kombinaci s akumulací elektrické energie jde docílit i výrazných úspor.

3.6.1 Foxtrot

Celým názvem Tecomat Foxtrot je modulární řídicí a regulační systém. Jeho uplatnění je v oblasti průmyslové automatizace, inteligentních budov a Smart Grid. Základním stavebním kamenem tohoto systému je základní modul.

V oblasti inteligentních budov v České republice se tento systém nachází na jednom z předních míst. Aplikační možnosti tohoto systému představuje řízení HVAC, řízení a měření energií „energy management“, a zabezpečovací systémy. (12)

V závislosti na požadavcích je možné přidat rozšiřující a doplňkové moduly. Vstupy a výstupy jsou zajištěny přímým propojením nebo pomocí sběrnice. Samotný systém nabízí i možnost načítání dat z internetu.

KOMPLEXNÍ VYUŽITÍ PREDIKOVATELNÝCH INFORMACÍ PRO ŘÍZENÍ ÚSPOR ELEKTRICKÉ
ENERGIE V BUDOVÁCH

4 Požadavky na systém správy energetického hospodaření

4.1 Rovnoměrný odběr

Domácnosti jsou jedny z odběratelů elektrické energie, jejichž odběr je výrazně nerovnoměrný. Odpovídá výhradně zvyklostem uživatelů domácností a používaným spotřebičům. Jejich největší vliv na energetickou soustavu je v oblasti, která v grafu denní spotřeby (Obrázek 2 a Obrázek 3) představuje druhé maximum.

Pro potřeby energetiky by bylo nejvýhodnější, kdyby odběr domácností pokrýval oblasti menšího odběru sítě. Z tohoto důvodu je používáno hromadné dálkové ovládání – HDO, které využívá akumulačních možností v oblasti přípravy teplé vody a cenové politiky ke stabilizaci odběru sítě řízeným odběrem v čase.

4.2 Zvýšení účinnosti

Využíváním některých spotřebičů se snižuje jejich účinnost. Snížení účinnosti může být vratné či nevratné. U většiny spotřebičů nastávají oba stavy, kde z vratného snížení účinnosti dochází k nevratné změně, většinou ke zničení. Mezi vratné snížení účinnosti můžeme řadit například snížení účinnosti ohřevu teplé vody, zmenšení vydatnosti čerpadla či rozvodu a další. K nevratným patří postupná degenerace spotřebičů a jejich vyšší spotřební nároky k docílení požadovaného výsledku.

Díky využívání dat o spotřebě je možné dosáhnout odstranění vratného snížení účinnosti, popřípadě detekovat nevratné snížení účinnosti a nahradit daný spotřebič k docílení efektivnosti ve využívání elektrické energie.

4.3 Adekvátní rezervace

U velkého množství objektů je hodnota hlavního jističe předimenzovaná z důvodu historické potřeby, avšak s aktuálním vývojem se setrvávání u zbytečně vysoké hodnoty v globálním měřítku projevuje vyšší cenou za elektrickou energii. Část objektů má při stávajícím řízení spotřeby adekvátní hodnotu rezervace, ale řízením by bylo možné zajistit ponížení hodnoty hlavního jističe. (5)

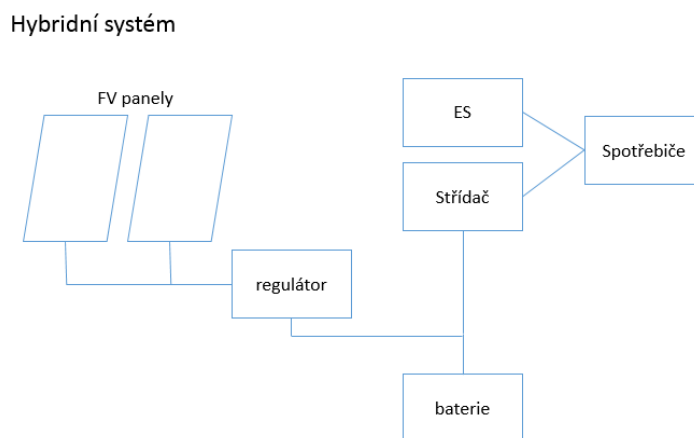
4.4 Podpora stabilizace

Oblast největší produkce FVE je výhradně v době nižší potřeby elektrické energie. Domácnosti, které se podílejí na celkové čisté spotřebě 25 %, jsou jedním z možných aktivních prvků stabilizace. Problémem aplikace FV u domácností je nesoulad mezi

potřebou a výrobou elektrické energie v tomto sektoru. Možným řešením se stává akumulace elektrické energie z času přebytku i pro potřeby sítě a řízené uvolněné čerpání k zamezení tvorby odběrového klidu.

4.5 Obnovitelné zdroje

Jedním ze základních požadavků na budovy, který vychází ze Státní energetické koncepce – SEK, je implementace obnovitelných zdrojů. Důvodem je využití potenciálu velké spotřeby v této oblasti a také snížení záběru zemědělských ploch instalací na objekt. Podporovanými variantami jsou akumulární ohřev vody pomocí kolektorů a pro výrobu elektrické energie se jedná o využití hybridního systému fotovoltaické elektrárny, kde jsou přebytky výroby ukládány do baterií pro následné využití. (3)



Obrázek 9 - Schéma hybridního systému FV

4.6 Aplikační oblast

4.6.1 Rodinné domy

Podle normy ČSN 73 4301 je rodinný dům definován takto:

„Stavba pro bydlení, která svým stavebním uspořádáním odpovídá požadavkům na rodinné bydlení a v níž je více než polovina podlahové plochy místností a prostorů určena k bydlení; rodinný dům může mít nejvýše tři samostatné byty, dvě nadzemní a jedno podzemní podlaží a podkroví.“

V České republice se dle sčítání lidu, domů a bytů z roku 2011, prováděného Českým statistickým úřadem, nachází 1901,1 tis. rodinných domů. Průměrné stáří těchto objektů je 49,3 let a 87 % těchto objektů je postaveno z cihel, tvárnic či kamene. (13)

Rodinné domy jsou v porovnání s byty energeticky náročnější a tedy i s přihlédnutím na jejich četnost se tato skupina jeví jako potenciální pro docílení většího množství úspor.

5 Implementace do vybraného objektu

5.1 Vybraný rodinný dům

Rodinný dům se nachází v obci Tišice. Jedná se o oblast Polabí, 16 km od soutoku Labe s Vltavou. Objekt byl navržen v roce 1946 architektem Jaroslavem Hojným z Neratovic.



Obrázek 10 - Oblast pozemku spadajícího k rodinnému domu [zdroj mapy www.cuzk.cz]

Aktuální zdroj elektrické energie je energetická soustava – ES. Instalovaný hlavní jistič 3 x 25 A.

Objekt je opatřen otevřenou (gravitační) otopnou soustavou s litinovými žebrovými otopnými tělesy a kotlem Ymka o výkonu 25 kW. Z důvodu nespádání kotle do alespoň třetí emisní třídy je dle zákona o ochraně ovzduší nutno provést jeho výměnu. To odpovídá novému zdroji tepla s regulací, které má i nároky na přívod elektrické energie pro podavač paliva, přívod vzduchu a odvod spalin pomocí ventilátorů. Aktuální uvažovaný zdroj tepla je Viadrus A3W se jmenovitým výkonem 25 kW odpovídající emisní třídě 5.

V objektu byla provedena výměna výplní oken a dveří za plastové s dvouvrstvým prosklením. Tento krok si vynutil instalaci vzduchotechnické jednotky pro zajištění přívodu čerstvého vzduchu a odvodu nadměrné vlhkosti, což v případě dřívějších výplní bylo zajišťováno spárovými netěsnostmi výplní. Vzduchotechnická jednotka je Atrea Duplex 300 easy.

Jelikož bylo pro stavbu domu využito těžké obvodové konstrukce, v objektu nedochází k výraznému přehřívání. Avšak s rostoucí četností nadměrně teplých dnů během roku se otázka chlazení stává aktuální.

Potřeba závlahy je krytá ze spodní vody a k jejímu čerpání je využíváno čerpadla o výkonu 5,5 kW.

V objektu se nacházejí dva oddělené rozvody vody. Jedná se o vodu pitnou, z řádu pro konzumní účely, a vodu užitkovou pro ostatní účely. Pro potřeby distribuce užitkové vody je soustava opatřena expanzní nádrží a čerpadlem o výkonu 1,5 kW.

Příprava teplé vody je zajišťována pomocí akumulčního ohřívače s topnou spirálou o výkonu 1 kW.

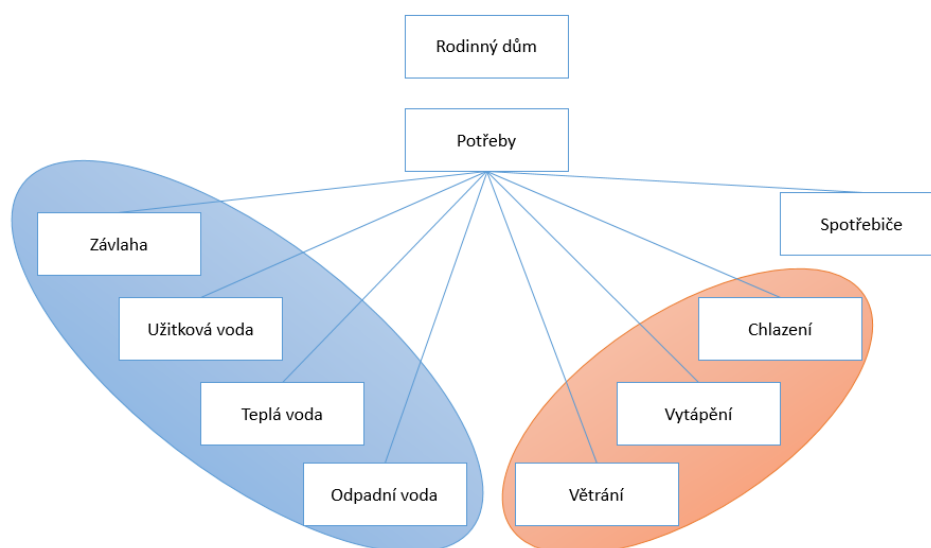
I když je předpokládán pokles spotřeby elektrické energie z důvodu využívání spotřebičů s vyšší účinností, potřeba nové instalace či obměny stávajících instalací systémů technického zabezpečení budov – TZB, vypovídá o opaku, tedy o vyšší potřebě elektrické energie.

Z důvodu dostatečné orientace části střechy na jihovýchod je zvažována instalace fotovoltaických panelů k výrobě elektrické energie pro potřeby objektu.

Na předcházejícím obrázku (Obrázek 10 - Oblast pozemku spadajícího k rodinnému domu [zdroj mapy www.cuzk.cz]) je vidět situování objektu vůči světovým stranám a podíl nezastavěné plochy pozemku ku ploše zastavěné.

5.2 Potřeby

Mezi základní potřeby tohoto objektu typu rodinný dům patří skupina zajišťující vodní hospodářství jako je závlaha, užitková voda, teplá voda a odpadní voda, úprava prostředí jako je větrání, vytápění a chlazení, a spotřebiče.



Obrázek 11 - Potřeby rodinného domu

Mezi nejrozmanitější a nejméně říditelnou skupinu potřeb patří právě spotřebiče. Tuto skupinu nejsme schopni dostatečně předvídat, neboť závisí výhradně na vůli člověka a jeho počínání zapnout či vypnout spotřebič. Jednou z mála možností, kdy alespoň elementárně tuto spotřebu dokážeme předvídat, je spotřeba v rámci doby lidské nepřítomnosti v objektu. Když není v objektu nikdo, kdo by mohl spotřebu svou vůlí vyvolat. Z důvodu eliminace pocitu omezeného řízení není záměr nikterak blokovat spotřebiče používané přímo uživatelem.

Úprava prostředí je skupinou plně vázanou na lidskou přítomnost. Když tedy není člověk v objektu, tak není potřeba využívat tato zařízení. Jistou potřebu nám však vytváří požadavek na komfortní prostředí pro obývání. Proto si potřeba chlazení a vytápění žádá i další informace. Jedná se hlavně o čas začátku a konce využívání objektu.

Vodní hospodářství tvoří nejvýznamnější skupinu. Většina spotřeby elektrické energie je právě zde. Celoroční je spotřeba na přípravu teplé vody, která má průměrnou spotřebu 5 kWh/den. Dalším významným spotřebičem v této skupině je zvlaha zajišťovaná čerpací soustavou (motor + čerpadlo), o výkonu 5,5 kW, využívaná v závislosti na vlhkosti půdy. Za předpokladu středoevropského klimatu v letním období s nulovou přehánkovou aktivitou to činí činnost zvlahy 1x za dva dny po dobu 1 hodiny. Pro potřeby odpadní vody je použito kalové čerpadlo, které přečerpává mezi dvěma jímajícími rezervoáry.

5.2.1 Spotřebiče

Více prostoru, který na rozdíl od bytů nabízí rodinné domy s pozemkem, se odráží i v rozmanitosti spotřebičů. U starších objektů je běžné, že součástí objektu jsou i spotřebiče s velkým odběrem. Většinou se jednalo o zařízení, která sloužila k vlastnoruční výrobě, úpravě či zpracování různých materiálů.

I když tyto spotřebiče s velkým příkonem odebírají jen při lidské potřebě, jejich spouštění je v době špičkové spotřeby. V tomto případě tedy již tak hodnotnou spotřebu ještě zvětšují. Odstranění efektu souběhu některých spotřebičů dokáže zamezit blokaci systémové spotřeby v době maximálního odběru.

Rozmanitost spotřebičů v rodinných domech omezuje možnosti optimalizace v této oblasti jen na eliminaci zbytečného odběru. Každý spotřebič s řídicí jednotkou, což jsou převážně ty nové, je spotřebičem elektrické energie, i když zrovna nevykonává požadovanou činnost. Jedná se o takzvaný „stand by“ režim činnosti.

5.2.2 Vytápění

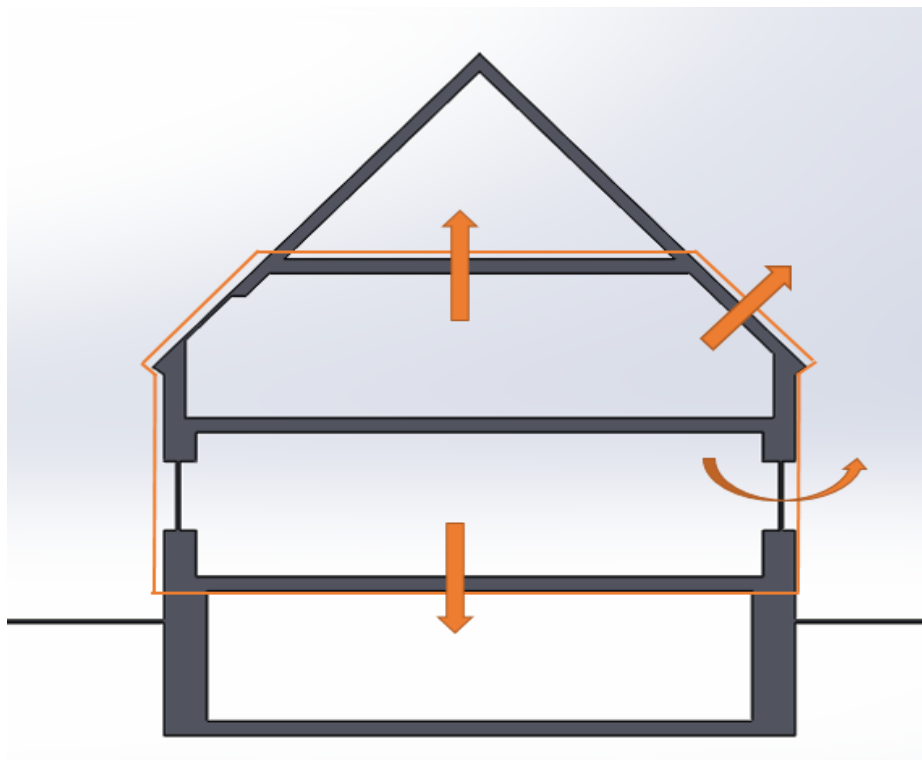
V naší zeměpisné šířce je nutnost vytápění jednou z nejdůležitějších potřeb. Ještě více ji umocňuje stárnutí budov, kdy v minulosti nebylo tak apelováno na stavebně energetickou koncepci, neboť nebyly materiály, které by tuto spotřebu snížily.

V současné době je velká rozmanitost zdrojů tepla. Teplo pro potřeby vytápění není už vyráběno jen prostřednictvím čistého spalného procesu. Pro svůj objekt si můžeme zvolit z více variant. Vytápět můžeme pomocí elektrického kotle, kde je elektřina přeměňována v teplo například v odporových drátech. Dále pomocí kotle na paliva, kde je elektrická energie spotřebována za účelem řízení výkonu a ekologické stopy. Jsou i další možnosti, jako napojení na centrální zdroj tepla, pro nízkoenergetické objekty je výhodné tepelné čerpadlo. Pro potřeby rodinného domu, kterých je v České republice nejvíce z let sedmdesátých a i starší, bude se tato práce více ubírat tímto směrem.

Způsob vytápění větších starších objektů je za pomoci spalného procesu energonositele v kotli. U starších typů kotlů sice není elektrická energie potřeba, ale v závislosti na zákonu o životním prostředí se blíží doba jejich globálního nahrazení za regulovatelné zdroje.

Potřeba tepla na vytápění

Potřeba kompenzuje ztrátu tepla prostupem a větráním za účelem udržení konstantní teploty v objektu. Oproti přípravě TV se potřeba tepla na vytápění řídí více proměnnými vstupy.



Obrázek 12 - Znázornění ztráty tepla v objektu

Ztráta tepla prostupem

Ztráta tepla prostupem odpovídá vzorci s množstvím proměnných hodnot prostředí jako je vnitřní a vnější teplota, a množství konstant definujících konstrukci samotnou.

$$Q_z = \frac{(t_1 - t_2) * S}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{d_1}{\lambda_1} + \dots + \frac{d_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (5-1)$$

Kde:	Q_z	-	ztráta prostupem tepla [W]
	α_1	-	součinitel přestupu tepla na vnitřní straně [$\text{W m}^{-2} \text{K}^{-1}$]
	α_2	-	součinitel přestupu tepla na vnější straně [$\text{W m}^{-2} \text{K}^{-1}$]
	t_1	-	vnitřní teplota [$^{\circ}\text{C}$]
	t_2	-	vnější teplota [$^{\circ}\text{C}$]
	S	-	plocha konstrukce [m^2]
	d_1	-	tloušťka prvního materiálu [m]
	d_n	-	tloušťka n-tého materiálu [m]
	λ_1	-	součinitel přestupu tepla prvního materiálu [$\text{W m}^{-1} \text{K}^{-1}$]
	λ_n	-	součinitel přestupu tepla n-tého materiálu [$\text{W m}^{-1} \text{K}^{-1}$]

Požadavky na maximální hodnotu součinitele prostupu tepla stanovuje pro nové či rekonstruované budovy norma ČSN 73 0540-2. Díky tomuto kroku není potřeba energie na vytápění v celkovém množství potřebné energie tak dominantní, jako tomu je například u budov, které neměly stanovené normové požadavky na obvodovou konstrukci v oblasti součinitele prostupu tepla. Jsou to hlavně budovy postavené před rokem 1992.

Ztráta tepla větráním

Ztráta je ve formě tepla v odchozím vzduchu, které nejsme v rámci omezené účinnosti zpětného získávání tepla schopni předat vzduchu přichozímu.

$$Q_v = \dot{V} * \rho * c * (t_i - t_e) * \mu \quad (5-2)$$

$$\dot{V} = n * D \quad (5-3)$$

- Kde: Q_v - ztráta tepla větráním [J]
 \dot{V} - objemový průtok [$\text{m}^3 \text{s}^{-1}$]
 ρ - hustota vzduchu [kg m^{-3}]
 c - měrná tepelná kapacita vzduchu [$\text{J kg}^{-1} \text{K}^{-1}$]
 t_i - teplota vnitřního vzduchu [$^{\circ}\text{C}$]
 t_e - teplota venkovního vzduchu [$^{\circ}\text{C}$]
 μ - účinnost ZZT [-]
 n - počet osob [os]
 D - dávka venkovního vzduchu na osobu [$\text{m}^3 \text{h}^{-1} \text{os}^{-1}$]

Ztráta větráním je složena z větrání přirozeného a nuceného. Požadavky na větrání udává norma ČSN EN 15665/Z1, která stanovuje potřebu touto tabulkou.

Požadavek	Trvalé větrání (průtok venkovního vzduchu)		Nárazové větrání (průtok odsávaného vzduchu)		
	intenzita větrání [h^{-1}]	Dávka venkovního vzduchu na osobu [$\text{m}^3 \text{h}^{-1} \text{os}^{-1}$]	kuchyně [$\text{m}^3 \text{hod}^{-1}$]	koupelny [$\text{m}^3 \text{hod}^{-1}$]	WC [$\text{m}^3 \text{hod}^{-1}$]
minimální hodnota	0,3	15	100	50	25
doporučená hodnota	0,5	25	150	90	50

Obrázek 13 - Tabulka s požadavky na větrání obytných budov dle ČSN EN 15665/Z1

Sledovatelné informace:

Kde:	t_e	-	teplota venkovní [°C]
	t_i	-	teplota vnitřní [°C]
	t_{ip}	-	požadovaná vnitřní teplota [°C]
	t_{op}	-	předpovídaná venkovní teplota [°C]
	φ	-	relativní vnitřní vlhkost [%]
	P_{max}	-	maximální výkon kotle [W]
	t_{min}	-	minimální provozní teplota [°C]
	t_n	-	čas náběhu teploty primární oblasti [s]
	t_d	-	dojezdový čas [s]
	s_d	-	dojezdová vzdálenost [km]
	t_p	-	předpokládaný čas příjezdu [s]

Žijeme v době, kde přívlastek chytrý má už snad každé používané zařízení. Nejvíce využívaným zařízením je mobilní telefon. Je tedy možné jej s možností nainstalované aplikace použít pro řízení objektu.

Důležitá informace, kterou pro potřeby prediktivního řízení v objektu můžeme využít, je hlavně aktuální poloha jedince. Poloha nám určí dojezdový čas, za který by se měl objekt stát komfortním místem k obývání. V čase bez přítomnosti obyvatel není potřeba vytápět na tak velkou teplotu a stačí, když systém sjede na minimální provozní hodnotu, či v případě blízkosti osob na hodnotu, která je v případě návratu obyvatel dostatečná k náběhu na komfortní. Google, jako jeden z předních dodavatelů software pro mobilní telefony, je známý svými vychytávkami na všechno možné. Jednou z nich jsou i chytré karty. Ta může dát na základě odhadu nejkratší cesty informaci o času dojezdu domů či do práce. Co ale využít právě tuto informaci k řízení domu? Nemusíme tak nijak namáhavě a zdlouhavě v aplikaci nastavovat, že jedeme domů, ale vlastní dům se zeptá osobního telefonu v potřebných intervalech na aktuální polohu.

Zdroj tepla by na základě informace o přítomnosti lidí pracoval dle tohoto časového diagramu. Časový diagram má dvě krajní polohy, ty označují minimální teplotu potřebnou pro činnost systémů a pak maximální teplotu v objektu.

Touto variantou se dosáhne jak zajištění komfortního prostředí, tak i snížení potřeby tepla na vytápění. Spotřeba tepla na vytápění jakožto potřeba zajišťována za pomoci elektrické energie či elektrické energie a paliv.

Potřebný výkon a náběhový čas je tedy závislostí času a výkonu. Veškerá zařízení na výrobu tepla jsou opatřena náběhovými diagramy. Objekt jako takový nám tvoří druhou stranu mince, parametry budovy, které souvisí s potřebou tepla, jsou hlavně akumulace a větrání.

Budovy již nejsou stavěny jen z plných pálených či sušených cihel, ale k běžným materiálům této doby se vrátilo dřevo a přišly i nové materiály nebo i tvarové modifikace běžných materiálů. Jedním z předních materiálů je beton, ale jako materiál pro stavbu rodinných domů je v pozadí.

Každá budova tedy v závislosti na materiálu, ze kterého je postavená, bude reagovat na vytápění jinak. Příklad tvoří budovy lehké obvodové konstrukce a budovy těžké obvodové konstrukce. Lehkou obvodovou konstrukcí je dřevěná trémová konstrukce s výplňovou minerální izolací. Zdi jako takové pak nemají tak velkou akumulační schopnost a tedy náběh a pokles teploty je tam výrazně strmější. U těchto budov si tedy můžeme dovolit krátké náběhové časy při zajištění komfortního prostředí. U objektů těžkých obvodových konstrukcí je bez použití izolace náběh i pokles teploty pozvolný, neboť při vytápění budovy se nezanedbatelná část tepla ukládá do konstrukce takové. Výhodou oproti tomu je pozvolný pokles teploty v případě odstavení zdroje tepla.

5.2.3 Chlazení

Je to opačný případ zdroje tepla, kdy chlad jako takový je zajišťován v rámci přívodu vzduchu, který prochází přes chladič. Instalace zdroje chladu je jednou z potřeb, které nové stavby mají. Již zmíněná akumulační schopnost konstrukce budovy je do značné míry schopna posunout dobu, kdy se budova začne přehřívat díky naakumulovanému chladu. Výhodou u některých z objektů jsou nevyužívané prostory, které mohou sloužit jako zásobárna chladu. Jedná se hlavně o prostory sklepní. Jejich účel sám o sobě má potřebu většího chladu, neboť jde většinou o úložné prostory pro trvanlivé potraviny.

5.2.4 Voda

Teplá voda

Ohřev teplé vody je řešen ve většině objektů různě. Někdy to bývá plynová karmá, fotovoltaické kolektory, průtokové ohřivače nebo akumulární ohřivač. Objekty, které mají dvoutarifní sazbu elektrické energie, jsou právě ty, které nechávají část spotřeby v řízení distributora. Nejčastěji to bývá právě pomocí elektrického akumulárního ohřivače, který je i jako spotřebič svým charakterem odběru velmi výhodný pro stabilizaci energetické sítě. Aktuálně je spotřeba elektrické energie pro tento spotřebič vázaná na čas spuštění HDO a na aktuální potřebu tepla pro dohřátí na požadovanou teplotu.

Potřeba tepla odpovídá potřebě obyvatel objektu a ztrátě prostupem tepla.

Potřeba teplé vody na obyvatele vychází z rozsahu užívání TV z daného zdroje tepla. V případě více odběrů je celkový odběr sumou jednotlivých odběrů.

$$Q_o = \sum Q_{o,i} \quad (5-4)$$

Výpočet ztrát u akumulárního ohřevu

Ztráty prostupem tepla jsou jedním z ukazatelů daného zařízení, které je promítnuto ve ztrátách tepla za 24 hodin.

Ztráta prostupem je přímo úměrná rozdílu teplot a velikosti přestupní plochy. Jelikož se většinou jedná o válcovou nádobu, tak výpočet prostupu tepla válcovou stěnou je tento:

$$Q_{z,pl} = \frac{(t_1 - t_2) * L}{\frac{1}{2 * \pi * r_1 * \alpha_1} + \frac{1}{\lambda_1} + \frac{1}{\lambda_2} + \frac{1}{2 * \pi * r_2 * \alpha_2}} \quad (5-5)$$

Pro prostup tepla na podstavách je výpočet takovýto:

$$Q_{z,po} = \frac{(t_1 - t_2) * S}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (5-6)$$

Celkovou ztrátu můžeme tedy popsat rovnicí:

$$Q_z = Q_{z,pl} + 2 * Q_{z,po} \quad (5-7)$$

$$Q_z = \frac{(t_1 - t_2) * L}{\frac{1}{2 * \pi * r_1 * \alpha_1} + \frac{1}{\lambda_1} + \frac{1}{\lambda_2} + \frac{1}{2 * \pi * r_2 * \alpha_2}} + 2 * \frac{(t_1 - t_2) * S}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (5-8)$$

Z rovnice (5-8) vyplývá, že ztráty jsou definovatelné pomocí součinu části proměnné, která charakterizuje teplotní stav vzduchu a vody, a části konstantní, která se váže k danému zařízení.

Čidlem sledovaná hodnota: Teplota vody v akumulčním zásobníku

Znamé hodnoty: Množství vody a výkon ohřivače

Konstanty: Hustota vody a měrná tepelná kapacita vody

Potřebu tepla v jakémkoli okamžiku lze stanovit následující rovnicí (5-9).

$$Q_p = m * c * \Delta T \quad (5-9)$$

$$m = V * \rho \quad (5-10)$$

$$\Delta T = T_1 - T_2 \quad (5-11)$$

$$Q_d = P * \mu * t \quad (5-12)$$

Kde:	Q_p	-	potřeba tepla [J]
	Q_d	-	teplo, které je možno dodat [J]
	m	-	hmotnost vody [kg]
	c	-	měrná tepelná kapacita vody [$J \text{ kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$]
	V	-	objem vody v nádrži [m^3]
	ρ	-	hustota vody [kg m^{-3}]
	ΔT	-	rozdíl teplot [K]
	T_1	-	teplota vody v bojleru [K]
	T_2	-	požadovaná teplota vody [K]
	P	-	příkon ohřivače [W]
	μ	-	účinnost přeměny [-]

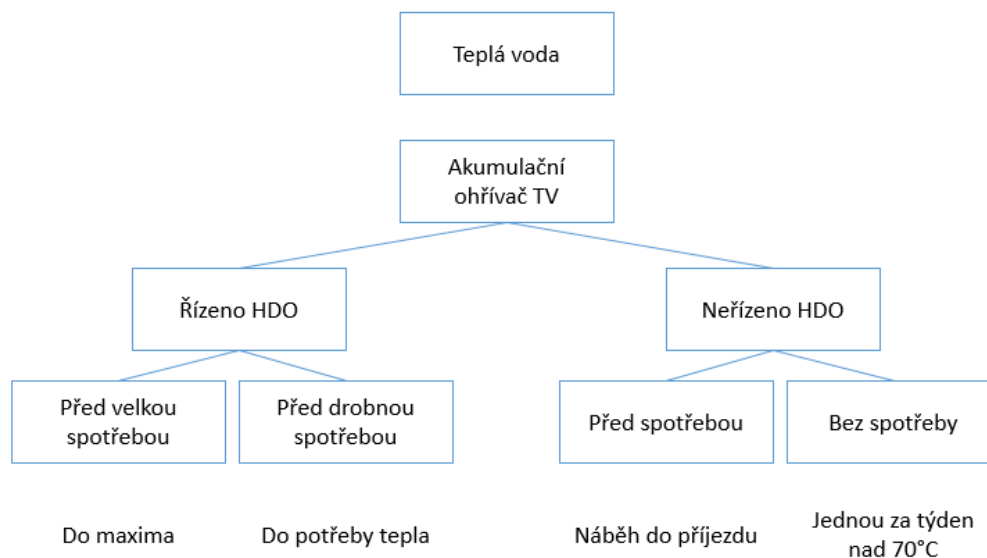
Z důvodu výskytu usazenin na topné spirále dochází ke snižování účinnosti přestupu tepla a tedy ke snižování účinnosti akumulčního ohřevu. Pomocí strmosti náběhu teploty za čas při aktivním ohřevu lze stanovit účinnost. Systémová hláška o snížené účinnosti ohřevu zadává informaci o potřebě odstranění usazenin.

Po odkalení akumulčního ohřivače je do systému uložena informace o čase, po který trvá ohřát vodu z hodnoty 70 °C na 80 °C. Každý den je měřen čas náběhu teploty v témže rozsahu, ale daná hodnota je jen informační a slouží pro porovnání s hodnotou základní.

Při prodloužení času o více než 10 % je vytvořena systémová hláška, která o tomto stavu informuje majitele.

I přes cenovou výhodnost využití nízkého tarifu pro potřeby výroby tepla v akumulčních zdrojích, je tato výroba tepla v lokálním měřítku prokazatelně důvodem větší spotřeby.

Pokud u přípravy teplé vody, za předpokladu dodržení norem a požadavků na napájení změním způsob ohřevu ze současného stavu na podmíněný ohřev, docílíme úspor prostřednictvím snížené ztráty tepla.



Obrázek 14 - Rozhodovací diagram

Senzory potřebné pro správnou funkci jsou 2x senzor teploty.

V oblasti TV je potřeba rozlišit ohřev podle typu, neboť se nedají všechny typy ohřevu zařadit do stejné skupiny spotřeby. Dalšími zdroji teplé vody jsou průtokové ohřivače. Spadají však do skupiny uživatelské spotřeby, neboť jejich sepnutí je plně na vůli člověka. Průtokový ohřev vody je charakteristický velkou účinností, neboť nedochází v tak krátkém čase k tak velkým ztrátám. Nevýhodou je velký příkon ohřivače (chladiče) pro docílení okamžitého efektu produkce média v požadované teplotě.

Užitková voda

V rodinných domech se většinou setkáváme s dvojitým rozvodem vody, jedná se o vodu pitnou a o vodu užitkovou (studniční).

Starší objekty typu rodinný dům mají většinou vodu pro nekonzumní potřeby z lokálních vrtů. Aby však bylo docíleno přívodu vody až k odběrnému místu v objektu, je potřeba vodu z vrtu do soustavy načerpat. Zajišťuje to čerpadlo s motorem. Aby však nedocházelo k velké frekvenci spínání, je v soustavě expanzní nádoba, která tvoří v soustavě potřebný transportní tlak a také dostatečnou zásobu vody pro minimalizaci spouštěcích cyklů u motoru.

Potřeba vody do soustavy je řízena pomocí tlakových čidel. Jedno určuje nízký tlak, na jehož popud je spouštěno čerpadlo. Druhé signalizuje vysoký tlak a tedy povel pro vypnutí čerpadla. Systém je řízen výhradně přes stykač motoru. Elektromotory jsou třífázové, tedy jejich odběr je najednou ve všech třech fázích. Aby bylo docíleno snížení špičkových odběrů na jednotlivých fázích, je možné rozvrhnout celý rozsah tlaků v expanzní nádrži na tři tlakové úrovně.

P_{min} - malý tlak, jež spíná motor čerpadla v případě, že není jiný aktuální odběr; všechny systémové odběry jsou v tomto čase utlumeny a je zabezpečeno, že nedojde k současnému chodu jiných nárazových odběrů.

P_{minp} - malý tlak prioritní, označuje stav kriticky malého tlaku, jež spíná motor čerpadla bez ohledu na chod jiných odběrů, je jen zabezpečeno utlumení systémových odběrů.

P_{max} - velký tlak, označuje plné tlakové zajištění systému, což vypíná motor čerpadla.

Potřeba vody na závlahu

Potřeba vody na závlahu a s ní spojené energie jsou závislé na rozloze zavlažovaného pozemku, typu půdy, relativní vlhkosti půdy a informaci o počasí. Spotřeba energie je ovlivněna způsobem prováděné závlahy. Pro malé plochy je dostatečné využít tlakový rozvod užitkové vody. V tomto rozvodu jsou součástí, jako je expanzní nádoba a čerpadlo. Pomocí tlakového senzoru je spouštěno čerpadlo a tím je udržován potřebný tlak v rozvodné síti. U závlahy velkých pozemků by potřeba kladená na expanzní nádrž byla obrovská, proto je zvoleno přímé čerpání k potřebě závlahy. Čerpadlo je spouštěno v době potřeby a po dosažení požadované zálivky je vypnuto.

Spínání je v současnosti formou uživatelské potřeby, která je vyvolaná detekováním nízké vlhkosti a se znalostí, že nebudou následovat srážky. Spotřeba je vykonávána v době snížené intenzity slunečního záření, kdy závlaha studenou studniční vodou již nemá výrazný negativní vliv na vegetaci.

5.2.5 Vzduchotechnika

Pro tuto potřebu není zapotřebí ani tak predikce, jako poskytnout informaci o obsazenosti objektu řídicímu systému. Nejméně náročné řešení na počet vstupů, výstupů a přidanou logiku je použití proměnného odporu, který přímo řídí činnost vzduchotechnické jednotky pomocí 0 – 10V řídicího vstupu. Toto řízení tedy není potřeba řídit přes systém. Avšak pro potřeby systému je vhodné předat tuto informaci. Proto z řízení vzduchotechnické jednotky je brána informace ve formě napěťové úrovně či hodnoty odporu.

Pro zajištění dostatečného přísunu čerstvého vzduchu je potřeba na jednu osobu zajistit 15 - 50 m³ vzduchu za hodinu v závislosti na aktivitě. Daná hodnota se váže na druh prostor a aktuální venkovní teplotu. Požadavky upravuje norma.

N = počet lidí (hodnota čítače)

V = řídicí napětí

5.2.6 Fotovoltaika

Účelové využívání

FV a chlazení

Chlazení objektu je potřeba, kterou docílujeme zajištěním komfortního prostředí v objektu. Větší potřeba chlazení nastává u objektů s lehkým obvodovým pláštěm a velkým množstvím prosklených ploch. Zde v letním období hrozí z důvodu solárních zisků riziko přehřívání. Potřeba chlazení tedy časově koresponduje s časem produkce FV panelů. U objektů s těžkou obvodovou konstrukcí se projevuje akumulace konstrukce jako posunutí potřeby chlazení do pozdějších hodin či úplné eliminování této potřeby.

FV a TV

Potřeba teplé vody pro hygienické a konzumní účely se podílí velkou částí na spotřebě energie v domácnostech. Avšak jedná se o potřebu, která nastává ve velké míře až v pozdějších hodinách a tedy nekoresponduje přímo s výrobou pomocí FV. Jedním z řešení je akumulační ohřev vody. Nevýhodou však je, že potřeba vody nijak nezávisí na intenzitě slunečního světla, takže v případě menší produkce FV je zapotřebí docílit ohřevu jiným způsobem.

FV a závlaha

Potřeba závlahy koresponduje s intenzitou slunečního záření přes snižování vlhkosti zeminy pomocí odparu. Avšak z důvodu zvýšení efektivity závlahy a snížení negativního vlivu závlahy na vegetaci v době velké intenzity slunečního záření je potřeba akumulovat energii pro posun uspokojení potřeby. Takto naakumulovaná energie je pak k tomuto účelu využita v době soumraku či úsvitu.

- Akumulace vody
- Akumulace elektrické energie

FV a Back-up

Záložní systém dodávky elektrické energie při výpadku sítě je jednou z možností pro využití FV. Avšak je si potřeba uvědomit, že v oblastech, jako je Česká republika, je potřeba tohoto systému z důvodu velkého zabezpečení dodávky elektrické energie minimální. U těchto systémů je pak důležité docílit spotřebu elektrické energie v případě plnosti baterií.

FV a akumulace

Jednou z aktuálních možností, která je v poslední době hojně uvažovaná, je akumulace elektrické energie do akumulátorů.

Ostrovní systém

Systém fungující jen na dodávce elektrické energie z fotovoltaických panelů, a tedy je nefunkční v případě nulové produkce elektrické energie v panelech. Pro případ potřeby elektrické energie i mimo čas produkce FV panelů jsou součástí systému i akumulátory.

Hybridní systém

Využívá kombinace zdrojů, ve většině případů fotovoltaické panely a distribuční síť. Tento způsob využívání FV je v této době jediný, i s akumulací energie ze solárních kolektorů do vody, dotačně podporovaný v rámci dotačního programu „Zelená úsporám“.

K eliminaci možného vzniku kachní křivky je přenesení větší spotřeby do oblasti výroby, nebo akumulace elektrické energie k jejímu využití v době větší spotřeby.

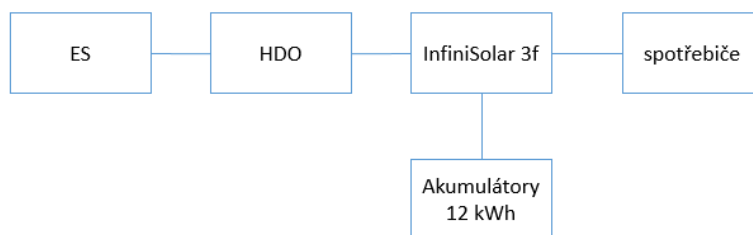
5.2.7 Kompenzace výkyvů

Rodinné domy jako řešení kompenzace vlivu obnovitelných zdrojů na výrobu elektrické energie.

Alternativa podpory obnovitelných zdrojů

Instalace fotovoltaických panelů není jedinou možností podpory obnovitelných zdrojů elektrické energie. Při předpokladu využití výše definované sestavy lze zvolit při minimálních možnostech na instalaci panelů ukládání elektrické energie ze sítě v době NT, či na základě řízené spotřeby distributorem. I když se nejedná o přímou podporu, stává se tento systém jedním z těch, které budou v budoucnu nejvyhledávanější z důvodu potřeby rychlé regulace výkyvů ve výrobě elektrické energie.

Navrhovaný systém stabilizace



Obrázek 15 - Blokové schéma navrhovaného systému stabilizace

5.3 Navrhované změny

5.3.1 Řídicí systém

Pro rozbor možností a jejich nasazení byl zvolen rodinný dům, který je v současnosti postaven před všechny požadavky současné doby a je tedy potřeba, aby je vyřešil. Jedná se o výměnu zdroje tepla a jeho řízení, instalaci nuceného větrání a jeho řízení, zvážení možností pro instalaci FV a optimalizace stávající spotřeby. K zajištění automatického řízení je potřebné využití řídicích systémů. Pro tento případ je uvažováno se systémem Foxtrot.

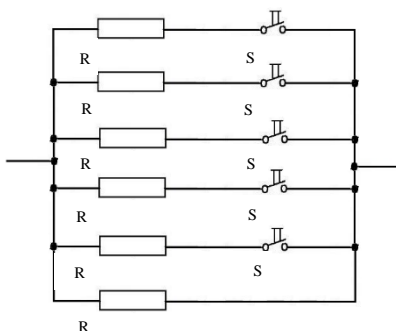


Obrázek 16 - Nákres řídicího modulu CP-1008 [převzato z (12)]

Požadavky kladené na řídicí (regulační) systém odpovídají měření teplot, měření vlhkosti, měření tlaku, měření spotřeby elektrické energie, měření odporu, sledování HDO, kontrola stavu akumulátorů, řízení pomocí výstupu 0 – 10 V, spínání stykačů, spínání elektromagnetických reléových kontaktů, komunikaci se systémem. Mezi data dodávaná do systému patří informace o srážkové činnosti, informace o vývoji teplot, údaje o dojezdovém čase obyvatel.

5.3.2 Čítač osob

Jednou z důležitých informací je počet osob v objektu. I když je předpoklad využit pro potřebu zjištění pozice osob smartphone a tuto informaci použít k úpravě teploty na komfortní hodnotu, tak kvůli omezení signálu GPS vlivem stropních konstrukcí není zajištěno, že bude lokace správně definována i pro použití jako informace o obývání objektu.



Obrázek 17 - Schématický nákres čítače osob

Pro tyto potřeby je tedy čítač vytvořený paralelní kombinací odporů ve spínaných větvích. Počet osob je následně vyvozen z hodnoty odporu.

5.3.3 *Nárůst teploty ohřevu TV*

Časová závislost růstu teploty by za ideálních podmínek měla být vždy stejná za předpokladu dodržení stejného scénáře. Jelikož však voda používaná pro potřeby TV je ve větší části našeho území čerpána z hlubinných vrtů, tak se jedná o vodu s větším obsahem rozpuštěných látek, které mají tendenci se usazovat na povrchu ohřívací spirály. Z tohoto důvodu se zhoršuje přestup tepla mezi spirálou a ohřívaným médiem. Což odpovídá rovnici prostupu tepla (5-8), při vložení další vrstvy materiálu.

K detekci většího množství usazenin je možné využít porovnání s historickými hodnotami.

$$\frac{\frac{dT}{dt}}{\frac{dT_0}{dt}} \rightarrow \Delta\mu \quad (5-13)$$

Kde:	dT	-	změna teploty vody v nádrži [K]
	dT ₀	-	změna teploty vody v nádrži prvního cyklu [K]
	dt	-	čas [s]
	Δμ	-	změna účinnosti ohřevu [-]

Změna teploty při ohřevu za čas v den měření ku uloženému změně teploty při ohřevu za čas v den prvního spuštění či po provedení odkalování koresponduje se změnou účinnosti.

V případě uložení strmosti náběhu do paměti a jeho porovnávání s dalšími strmostmi náběhu každodenního opakujícího se cyklu, je možno zjistit účinnost ohřevu a naplánovat potřebu demineralizace. Pro porovnání adekvátních údajů je potřeba jak senzor teploty vody, tak senzor teploty vzduchu v místnosti pro eliminaci vlivu ztrát tepla obálkou nádrže.

5.3.4 *Efektivní příprava teplé vody*

Jakožto objekt s velkou spotřebou teplé vody, je instalován akumulární ohřev.

Pro potřeby tohoto objektu byl zvolen bojler o objemu 80 litrů a potřeba teplé vody pro počet pěti osob v objektu je zajišťována ohřevem na 80 °C. Výkon topné spirály instalovaného zařízení je 1000 Watt. Jakožto akumulární spotřebič je bojler řízen pomocí HDO v časech odpovídajících kódu povelu 218.

V případě řízení výhradně pomocí HDO a nastavené požadované teploty dochází ke stavu, kdy je voda v bojleru po většinu času na teplotě 75 - 80 °C, což způsobuje velké ztráty tepla (viz. rovnice 5-8).

Navrhované řízení počítá s využitím informací o teplotě vody v akumulární nádrži, historické znalosti času maximálního odběru, času spínání hromadného dálkového ovládání, teplotě udržované v místnosti a odběru během dne.

System z důvodu opakovatelnosti využívá denního cyklu. Využit je odpočet 24 hodin po vteřinách tedy numericky z hodnoty 86 400 a odpočet hodin nízkého tarifu (pro HDO pro potřeby akumulace to odpovídá 8 hodinám) také po vteřinách tedy numericky z hodnoty 28 800. Přepočet na uskutečněný NT je zvolený z důvodu skutečnosti, že distributor elektrické energie si vyhrazuje právo na změnu časů, avšak zaručuje dodržení přislíbeného rozsahu NT.

Začátek odpočtu představuje čas po posledním odběru teplé vody a zároveň před nástupem nízkého tarifu po tomto odběru (v aktuálním případě se jedná o čas 23:00).

System by pro zhodnocení nutnosti využíval aktuálního stavu potřeby tepla k dosažení požadované teploty vody v akumulační nádrži TV.

$$Q_p = (t_p - t_a) * c_w * \rho_w * V_w \quad (5-14)$$

Kde:	Q_p	-	potřeba tepla [J]
	t_p	-	teplota požadovaná [°C]
	t_a	-	teplota aktuální [°C]
	c_w	-	měrná tepelná kapacita vody [J kg ⁻¹ K ⁻¹]
	ρ_w	-	hustota vody [kg m ⁻³]
	V_w	-	objem vody [m ³]

Další důležitou informací je kvantum dodaného tepla, které je otopná spirála schopná dodat za zbývající čas nízkého tarifu při své účinnosti.

$$Q_d = P * \mu * t \quad (5-15)$$

Kde:	Q_d	-	teplo dodané topnou spirálou [J]
	P	-	výkon topné spirály [W]
	μ	-	účinnost ohřevu [-]
	t	-	čas [s]

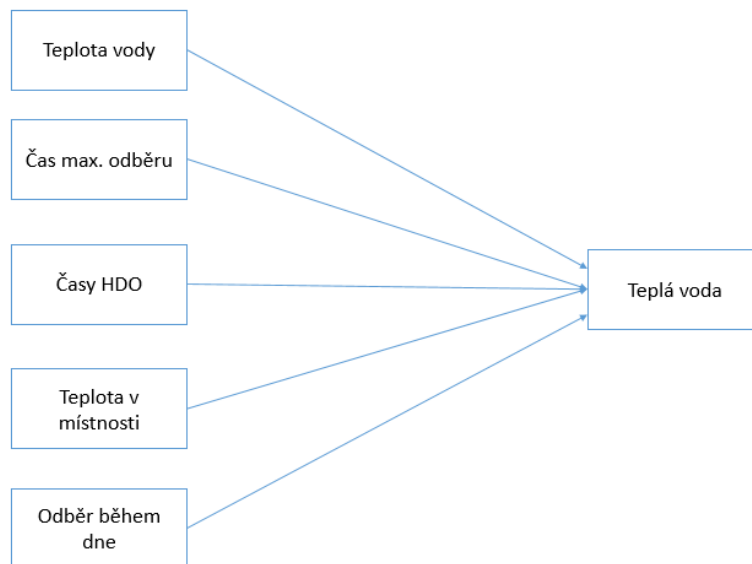
K včasnému sepnutí ohřevu k dosažení odpovídající teploty je také potřeba znát ztrátu tepla prostupem. Pro univerzální užití je použita maximální ztráta, která odpovídá teplotě vody v akumulační nádrži v hodnotě 80 °C a teplotě vzduchu 20 °C.

$$Q_{z,max} = Q_{z,pl,max} + 2 * Q_{z,po,max} \quad (5-16)$$

Kde:	$Q_{z,max}$	-	maximální ztráta prostupem do času spotřeby [J]
	$Q_{z,pl,max}$	-	maximální ztráta prostupem přes plášť [J]
	$Q_{z,po,max}$	-	maximální ztráta prostupem přes podstavy [J]

Hlavní podmínkou sepnutí je tedy stav, kdy potřebné teplo k docílení stavu maximální teploty v době maxima je menší nebo rovno teplu, které je otopná spirála schopná dodat, s přihlédnutím na možné ztráty tepla prostupem.

$$Q_p \leq Q_d - Q_{z,max} \quad (5-17)$$



Obrázek 18 - Souvislosti s přípravou teplé vody

Jelikož se čas největšího čerpání mění výhradně v závislosti na ročním období, je potřeba upravovat tento údaj.

Velký odběr je charakteristický výrazně větším poklesem teploty vody v nádrži z důvodu směšování s dotékající vodou s běžným poklesem způsobeným prostupem tepla pláštěm akumulční nádrže.

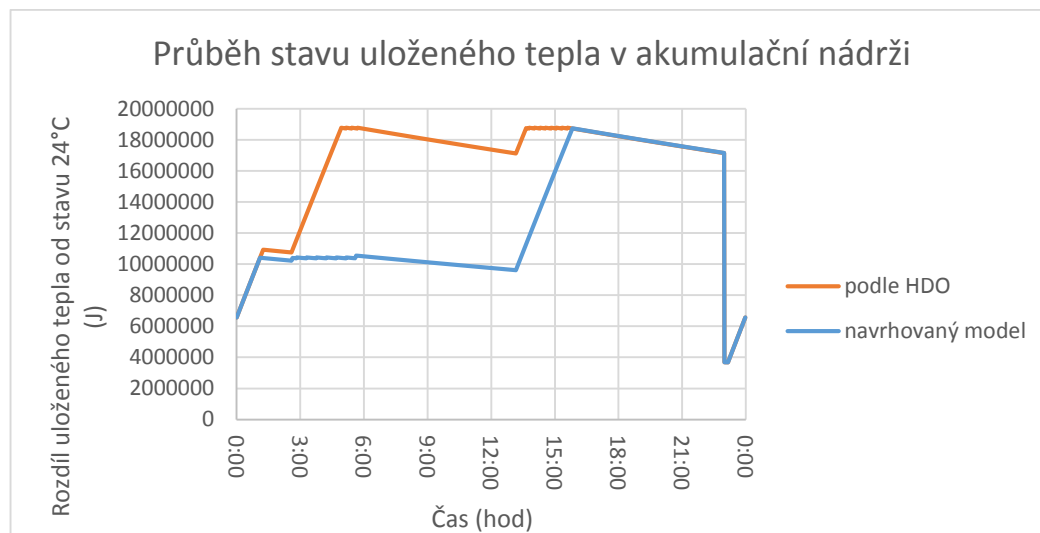
Začátek tohoto poklesu je tedy časem čerpání, jelikož však čidlo nemusí díky svému umístění zaznamenat tento pokles hned a také nejedná se o striktní hodnotu, neboť je závislá na vůli člověka, je potřeba upravit o korekci v rozmezí výskytů časů čerpání.

$$\frac{dT}{dt} \gg \frac{dT_z}{dt} \quad (5-18)$$

$$dt = t_0 - t \quad (5-19)$$

Kde:	dT	-	změna teploty vody v nádrži [K]
	dT _z	-	změna teploty vody v nádrži prostupem [K]
	dt	-	čas [s]
	Δμ	-	změna účinnosti ohřevu [-]
	t ₀	-	čas začátku [s]
	t	-	čas konce [s]

Když tedy známe požadovanou teplotu v daný čas, časy spínání, tak lze stanovit ekonomický čas spínání (Obrázek 19 - Graf stavu tepla ve vodě v akumulární nádrži). Pro oba případy bylo zvoleno vyčerpání teplé vody v rozsahu odpovídající následné teplotě v akumulární nádrži TV 35 °C.



Obrázek 19 - Graf stavu tepla ve vodě v akumulární nádrži

První průběh odpovídá řízenému spínání se dvěma sériově řazenými stykači, když jsou splněny obě podmínky, což odpovídá stavu, že teplota je menší než ta nastavená a je nízký tarif NT, probíhá ohřev.

Druhý průběh odpovídá témuž spínání, ale bere v potaz i budoucí čas velkého odběru pro snížení ztrát tepla a tedy i snížení spotřeby elektrické energie na kompenzaci této ztráty.

5.3.5 Tlakový rozvod

U tlakového rozvodu je potřeba čerpání plně vázána na uživatelskou spotřebu vody, tedy nemůžeme omezovat čas spouštění, ale jelikož je toto systém pracující s expanzní nádrží, tak je možné kontrolovat a ovlivňovat efektivnost čerpání.

Z principu fungování expanzní nádoby:

Nádoba je rozdělena na dvě části, na část s vodou a na část se vzduchem. Poměr vzduchu a vody v nádrži je tím, co ovlivňuje efektivitu dodávky vody. Nádoba využívá těchto médií pro jejich rozdílné vlastnosti v oblasti stlačitelnosti. Voda spadající do kapalin je téměř nestlačitelná, avšak vzduch je plynem, tedy je stlačitelný. Díky využití právě látky v plynném skupenství, je docíleno menšího tlakového spádu při čerpání, než kdyby se v nádobě nacházela jen látka v kapalném skupenství.

Nedostatečné množství vzduchu v expanzní nádrži tedy může způsobit neefektivní čerpání blížící se přímému čerpání z důvodu velkého spádu tlaku.

$$\frac{\dot{V}}{\dot{V}_0} \rightarrow \Delta\mu \quad (5-20)$$

- Kde: \dot{V} - objemový průtok vody [$\text{m}^3 \text{s}^{-1}$]
 \dot{V}_0 - objemový průtok vody prvního cyklu [$\text{m}^3 \text{s}^{-1}$]
 $\Delta\mu$ - změna účinnosti čerpání [-]

Pro sledování objemového průtoku je vyžadováno použití průtokoměru.

5.3.6 Sledování odběru

Pro zhodnocení samotné účinnosti zařízení je potřeba docílit oddělení analyzované spotřeby od celkové, kterou jsme schopni získat z instalovaného elektroměru. Účinnost dle spotřeby nelze stanovit u všech typů zařízení, avšak zařízení pracující na opakujícím se průběhu jsou vhodná. Těmito zařízeními mohou být například lednička, mrazák a jiná zařízení, která mají jen jeden program.

Při umístění sekundárního elektroměru na větví řízených spotřebičů se docílí stavu sledování spotřeby jednotlivých zařízení.

V případě již zmiňovaných zařízení, jako je lednička a mrazák je možné vypořádat neekonomický provoz způsobený námrazou vzdušné vlhkosti na vnitřních stěnách spotřebiče, která podporuje prostup tepla. Takto získané teplo je následně odváděno za spotřeby elektrické energie potřebné k činnosti kompresoru.

Naměřené hodnoty odběru elektrické energie se očistí o šum trvale běžících zařízení a v případě zvýšené intenzity spínání kompresoru těchto spotřebičů je informován majitel.

$$\sum W \gg \sum W_0 \quad (5-21)$$

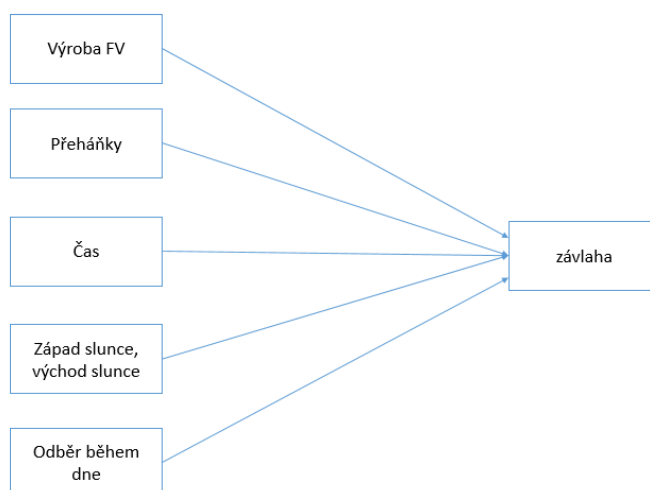
- Kde: W - spotřeba aktuálního dne [Wh]
 W_0 - spotřeba dne uvedení do provozu [Wh]

5.3.7 Závlaha

V případě, že využijeme poznatek o rychlejším odparu vlhkosti z půdy nezastíněného prostoru v porovnání se zastíněným prostorem, se dá určit intenzita slunečního záření jako proměnná, která odpovídá přímé úměře s odparem vlhkosti. Ze znalosti vztahu mezi intenzitou slunečního záření a výrobou elektrické energie FV můžeme říci, že potřeba vody ke krytí ztrát odparem vlhkosti z půdy je přímo úměrná výrobě FV panelů.

Množství vody ve formě deště nebo závlahy je stanoveno v mm představující hodnotu l/m^2 . S využitím znalosti potřeby vody při maximální intenzitě slunečního záření a spotřebičem, který zajišťuje dodávku vody pro tyto účely, se dá stanovit potřebný výkon FV panelů pro krytí potřeb závlahy. Protože množství vody pro potřeby závlahy není striktní hodnotou, nemají možné difference negativní vliv.

Akumulátory odpovídají hodnotě maximální možné výroby FV a rezervy pro zvýšení životnosti díky eliminaci efektu hlubokého vybití. Délka závlahy je stanovena vybitím akumulátoru do určené úrovně.



Obrázek 20 - Vstupy do systému pro ovládání závlahy

$$H_{s,n+1} \geq H_{p,n+1} \rightarrow H_{z,n+1} = 0 \quad (5-22)$$

$$H_{s,n+1} < H_{p,n+1} \rightarrow H_{z,n+1} = H_{p,n+1} - H_{s,n+1} \quad (5-23)$$

Kde: $H_{s,n+1}$ - srážková výše následujícího dne [mm]
 $H_{z,n+1}$ - závlahová výše následujícího dne [mm]
 $H_{p,n+1}$ - potřeba závlahy následujícího dne [mm]

5.3.8 *Prioritní chod spotřebičů*

Z důvodu plánované nové tarifní struktury je využití prioritizace chodu přístrojů jednou z možností, jak zajistit bezproblémový chod. Docílí se tím snížení potřeby rezervace elektrické energie. Jelikož je rezervace odpovídající hodnotě hlavního jističe, tak je sumární odběr souběžně běžících zařízení právě ta hodnota, na kterou musí být hlavní jistič dimenzován.

Ponížením hodnoty hlavního jističe musíme dát pozor, abychom nepřekročili hodnotu v kaskádě nižších jističů, ale také jističe hlavního.



Obrázek 21 - Odběr jako důvod snížení spotřeby systému

5.3.9 *Přerušované vytápění*

Objekt není využíván během celého dne, dochází tedy ke stavu, kdy není potřeba udržování komfortní teploty. Teplota v objektu nemusí být systémy udržována a je možné tedy docílit snížení energetické náročnosti na udržování. Pro tuto dobu je možné přejít k teplotě udržovací. Ta zajistí základní požadavky, které na vytápění máme. Požadavek na komfortní teplotu nastává zase až v době příjezdu obyvatel. Když bude systém obeznámen v dostatečném předstihu, dotáhne teplotu na komfortní.

Posloupnost chodu programu:

- Čítač obeznámí systém o nepřítomnosti osob v objektu, systém vyčká po dobu vyčkávacího času a pošle dotaz na polohu na osobní smartphone. Ze získaných informací o poloze určí nejmenší vzdálenost od objektu a nastaví udržovací teplotu na hodnotu, která odpovídá teplotě, jež je systém schopen upravit na požadovanou komfortní za polovinu času potřebného k dojezdu nejbližší situované osoby, systém se táže všech zařízení v intervalu jedna polovina času ke zdolání vzdálenosti k objektu pro aktualizaci polohy. S polohou je upravována i udržovací teplota. V případě, že je alespoň jedna osoba v objektu, systém se přestává ptát.
- V zimním čase je systém ovlivněn i relativní vlhkostí v objektu. Z vlhkosti je vypočten rosný bod a nejmenší možná udržovací teplota si drží od teploty rosného bodu odstup.
- V létě je stanovena maximální teplota k zamezení ničivých změn.

Základní nastavení se provádí na základě čítače, kde hodnota na čítači přepíná mezi udržovací teplotou a komfortní teplotou.

$$n = 0 \rightarrow t_{set} == t_u \quad (5-24)$$

$$n > 0 \rightarrow t_{set} == t_k \quad (5-25)$$

Kde:	n	-	hodnota na čítači [-]
	t_{set}	-	požadovaná teplota [°C]
	t_u	-	teplota udržovací [°C]
	t_k	-	teplota komfortní [°C]

Nastavení hodnoty udržovací teploty se mění na základě většího počtu proměnných. Základním hodnotícím kritériem je i datum, popřípadě vývoj teplot, který překlápá mezi letním a zimním profilem.

Profily určují kritické hodnoty, kterých se musí objekt při udržování teploty vyhnout.

Pro letní profil je maximální teplota stanovena na základě v objektu umístěné flóry, fauny a přístrojů. Určený rozsah představuje hodnoty 30 – 35 °C.

Pro zimní profil je minimální teplota stanovena také na základě umístěné flóry, fauny a přístrojů, ale také na základě rozvodů médií, kde by příliš nízké teploty mohly způsobit poškození rozvodů, a s přihlédnutím na relativní vlhkost v objektu k zamezení povrchové kondenzace. Rozsah tedy odpovídá hodnotám 10 – 16 °C.

Základní nastavení udržovací teploty odpovídá začátku času užívání. Jedná se však o čas, který není neměnný, neboť závisí na člověku a situaci.

Jednou z možností jak prediktivně určit začátek času užívání je využití polohy. Se znalostí polohy objektu a polohy obyvatel je možné prostřednictvím navigačních aplikací zjistit přibližný čas příjezdu.

Potřeba tepla na dosažení požadované komfortní teploty v případě prostoru bez akumulace je definovatelná následující rovnicí.

$$Q_p = (t_p - t_a) * c_a * \rho_a * V_a \quad (5-26)$$

Kde:	Q_p	-	potřeba tepla [J]
	t_p	-	teplota požadovaná [°C]
	t_a	-	teplota aktuální [°C]
	c_a	-	měrná tepelná kapacita vzduchu [J kg ⁻¹ K ⁻¹]
	ρ_a	-	hustota vzduchu [kg m ⁻³]
	V_a	-	objem vzduchu [m ³]

Zdroj tepla je schopen dodat do objektu teplo odpovídající výkonu kotle, době chodu a účinnosti výměny tepla.

$$Q_d = P * \mu * t \quad (5-27)$$

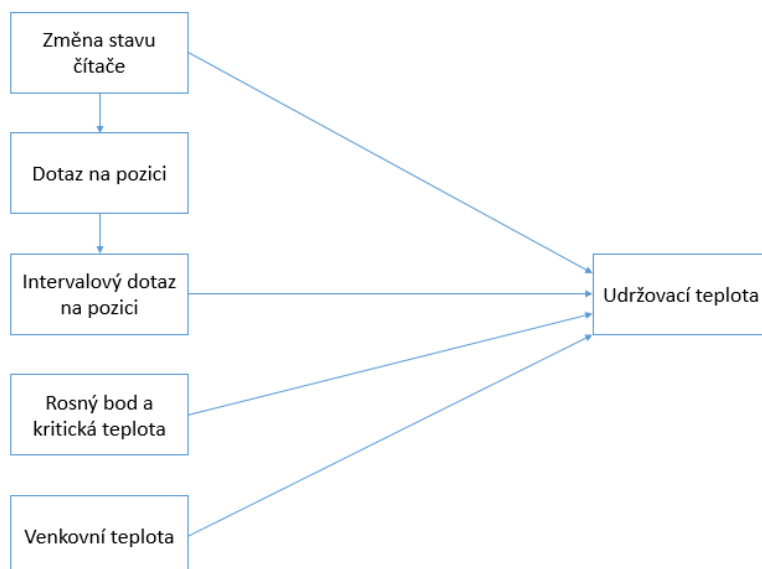
Kde: Q_d - teplo dodané otopnou soustavou [J]
 P - výkon kotle [W]
 μ - účinnost ohřevu vzduchu [-]
 t - čas [s]

Z důvodu kompenzace ztráty tepla akumulací do konstrukce je dále počítáno jako s hodnotou zjištěnou experimentálně.

$$Q_p \leq Q_d - Q_{z,max} - Q_a \quad (5-28)$$

Kde: $Q_{z,max}$ - ztráta tepla obálkou [J]
 Q_a - akumulace tepla do zdiva [J]

Znalost potřebného tepla k navýšení udržovací teploty na komfortní se znalostí možností zdroje dovoluje na základě času dojezdu snížit hodnotu udržovací teploty na odpovídající.



Obrázek 22 - Vstupy do systému pro řízení udržovací teploty

5.3.10 Noční chlazení

Velká část objektů je těžké konstrukce, takže není tak důležité chlazení. Jelikož však pociťujeme i ve střední Evropě změnu klimatu směrem k vyšším teplotám, je v roce pár dní, kdy se v objektech může projevit vyšší nekomfortní teplota. Tento stav ale nastává z důvodu akumulace tepla více extrémně teplých dní za sebou. Tento efekt jde však eliminovat nočním chlazením budovy pomocí vyšší intenzity větracího vzduchu. Tím se dosáhne snížení hodnoty naakumulovaného tepla a tedy snížení pravděpodobnosti stavu vysoké nekomfortní teploty.

Predikce situace přehřátí vychází ze znalosti vnitřních a vnějších teplot.

$$T_{e,max+1} \geq T_{e,max} \text{ AND } T_{i,noc-1} < T_{i,noc} \rightarrow T_{i,max+1} > T_{i,max} \quad (5-29)$$

Kde:	$T_{e,max+1}$	-	maximální předpovídaná teplota vně [K]
	$T_{e,max}$	-	maximální teplota vně [K]
	$T_{i,noc-1}$	-	předešlá vnitřní večerní teplota ustálená [K]
	$T_{i,noc}$	-	vnitřní večerní teplota ustálená [K]
	$T_{i,max+1}$	-	maximální budoucí vnitřní teplota [K]
	$T_{i,max}$	-	maximální vnitřní teplota [K]

Jak je dáno vztahem výše, dá se predikovat, že maximální teplota vnitřního prostředí následujícího dne bude vyšší než maximální teplota vnitřního prostředí současného dne za předpokladu, že předpovídaná venkovní teplota následujícího dne bude vyšší nebo stejná, jako maximální venkovní teplota aktuálního dne, a také ustálená vnitřní teplota během noci dne předešlého bude vyšší nebo stejná jako ustálená vnitřní teplota během noci.

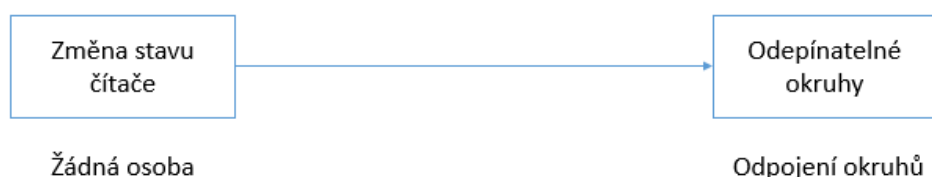
Pokud tedy je večerní venkovní teplo nižší jak vnitřní ustálená teplota, je vhodné využít nočního chlazení.

$$T_{e,noc} < T_{i,noc} \quad (5-30)$$

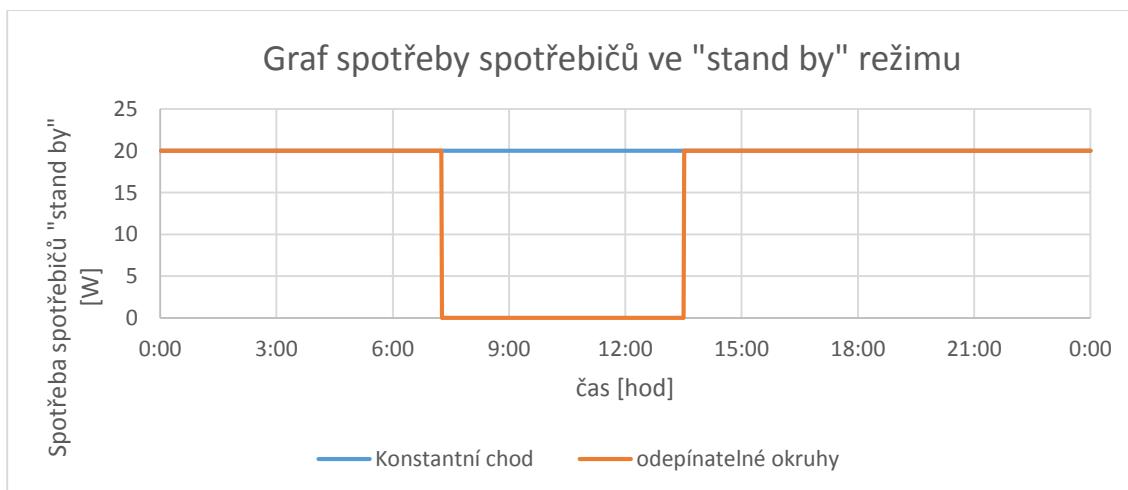
Kde:	$T_{e,noc}$	-	venkovní večerní teplota [K]
	$T_{i,noc}$	-	vnitřní večerní teplota ustálená [K]

5.3.11 Odepínatelné okruhy

Některé spotřebiče odebírají elektrickou energii, i když je aktuálně nepoužíváme. Jedná se o takzvaný režim „stand by“ zajišťující rychlý náběh zařízení. Pro každé zařízení se může jednat o necelé watty, ale těchto zařízení není zrovna nejmenší počet a celkově za rok mohou tvořit částku v hodnotě jednotek tisíc. Jde hlavně o stolní počítače, televize, videa, tiskárny, rádia, kávovary a další vymořky dnešní doby, které obsahují řídicí jednotku. I přes snahu EU ve snížení energetické náročnosti spotřebičů i v tomto bodu, změna se tak rychle neprojeví. Nastavují se nové maximální odběry ve „stand by“ režimu.



Pokud tedy chceme využívat komfortu rychlého náběhu, ale nechceme zbytečně spotřebovávat elektrickou energii, můžeme k systému řízení využít informaci z čítače ke spínání stykače, který odepne veškeré nepotřebné okruhy v době absence potřeby.



Obrázek 24 – Spotřeba odepínatelného okruhu

stav čítače	stykač
0	odpojeno
1	zapojeno
2	zapojeno
3	zapojeno
n	zapojeno

Obrázek 23 - Stavová tabulka pro odpojování okruhu spotřebičů

5.3.12 Větrání podle osob

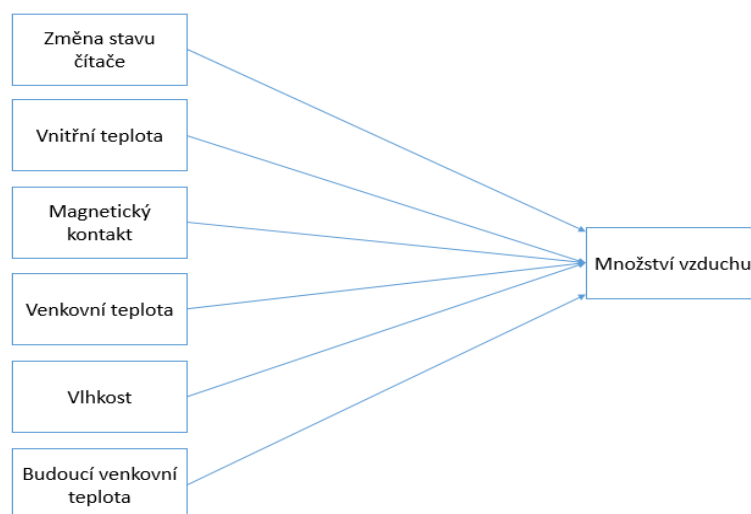
Základní požadavek na prostředí v objektu je kvalita vzduchu. Z důvodu snižování energetické náročnosti objektů jsou prováděny kroky, jako výměna okenních výplní. Z přechodu z dříve běžných výplní na současné dochází jak ke snížení ztrát tepla, tak i k eliminaci prostupu vzduchu a vlhkosti netěsnostmi. Vzduch tedy ztrácí na kvalitě a je potřeba obnovovat jeho kvalitu.

$$n = 0 \rightarrow \dot{V}_{set} == \dot{V}_u \quad (5-31)$$

$$n > 0 \rightarrow \dot{V}_{set} == \dot{V}_k * n + \dot{V}_u \quad (5-32)$$

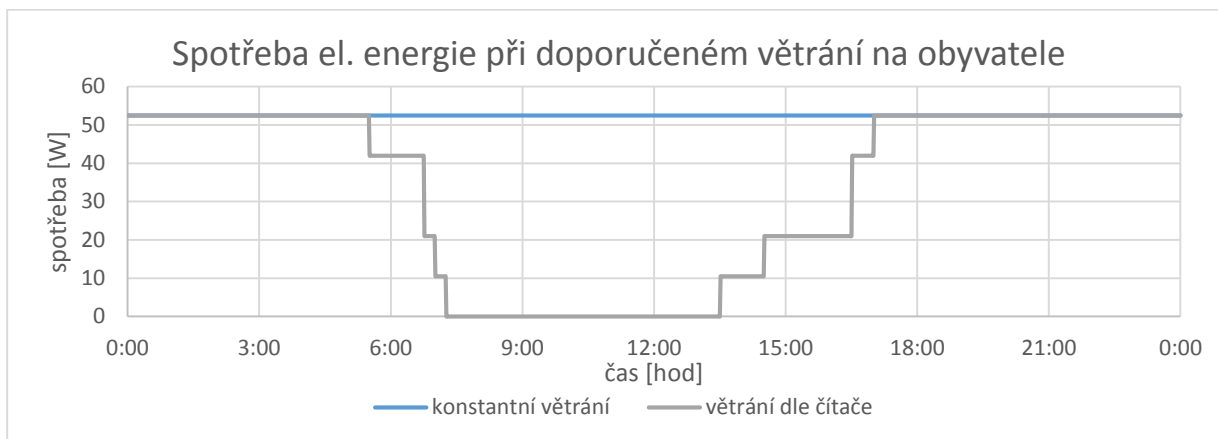
Kde: n	-	hodnota na čítači [-]
\dot{V}_{set}	-	nastavená hodnota větrání [m ³ hod ⁻¹]
\dot{V}_u	-	udržovací hodnota větrání [m ³ hod ⁻¹]
\dot{V}_k	-	komfortní hodnota větrání [m ³ hod ⁻¹]

K zamezení neefektivní činnosti větrání se z předpokladu instalovaných magnetických senzorů omezí činnost vzduchotechnické jednotky při detekování otevřené výplně oken. Naopak detekce zvýšené relativní vlhkosti je důvodem ke zvýšení intenzity větrání.



Obrázek 25 - Vstupy do systému pro řízení množství větracího vzduchu

Optimální množství vzduchu je závislé na více vstupních proměnných. Základním aspektem je potřeba zajistit kvalitní vzduch, čehož docílíme při větrání množství vzduchu, které z definovaných vlivů znehodnocení vzduchu, osoby a prvky v objektu, odpovídá míře znehodnocení vzduchu. Minimální intenzitu větrání nám stanovuje objekt minimální hodnotou obměny vzduchu. Další potřebu větrání definuje počet osob v objektu.



Obrázek 26 - Graf spotřeby na větrací vzduch podle osob

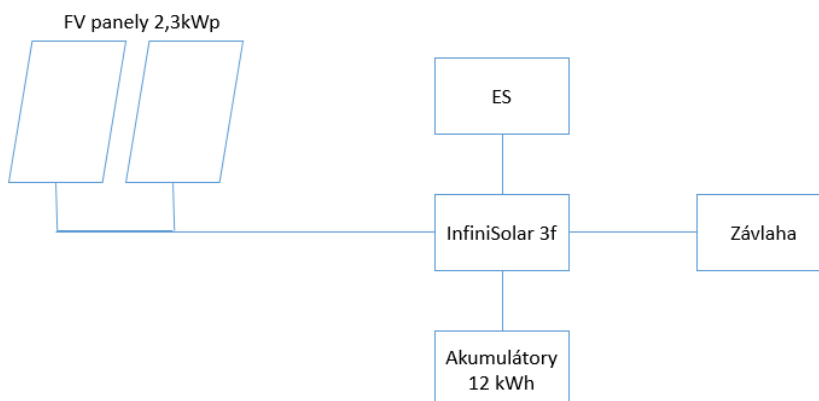
5.3.13 FV sestava

K účelové spotřebě elektrické energie z fotovoltaických panelů pro rodinný dům s rozlehlším pozemkem se jako nejvýhodnější jeví závlaha. V aktuálním provedení s použitím 5,5 kW motorem s čerpadlem se spouštěním v době soumraku podporuje negativní vliv domácností na odběr elektrické energie. V rámci orientace objektu viditelné na obrázku (Obrázek 27 - Blokové schéma navrhovaného systému), je použitelnou částí střechy k umístění panelů azimut -45° . Plošné možnosti střechy představují efektivní umístění 9 panelů o rozměrech 1 m x 1,65 m.

Prvky sestavy:

- Hybridní měnič Infinisolar 48V 10kW 3f
- 9 ks panelů GreenTriplex PM245P00 255Wp
- 2 ks akumulátor LiFePO4 48V 120Ah
- 2 ks balancování LiFePO4

Navrhovaný hybridní systém



Obrázek 27 - Blokové schéma navrhovaného systému

Dle PV gis (příloha 2) je daná orientace a výkon instalovaných panelů schopná produkovat během intenzivnějších měsíců v průměru 8,9 kWh elektrické energie. Tento výkon je plně dostačující k uspokojení potřeby závlahy při použití motoru o výkonu 3 kW.

Produkce elektrické energie je i v měsících, kdy není potřeba využívat závlahu, ale v tomto případě je zase vyšší potřeba tepla na vytápění. V mezičase je tedy možné zajistit spotřebu elektrické energie pro potřeby přitápění ke zmenšení délky provozu velkého zdroje tepla na tuhá paliva a tím i snížit nároky na palivo.

Pro zajištění čerpání energie při absenci potřeby energie na závlahu z důvodu přeháněk je veškerá spotřeba objektu v době VT přepnuta na provoz z akumulátorů k dosažení dostatečné kapacity k následnému ukládání elektrické energie. Dané čerpání je rozděleno proporcionálně na čas větší spotřeby k odlehčení sítě při běžném průběhu odběru (viz Obrázek 2 a Obrázek 3) při absenci energie z obnovitelných zdrojů a na čas špičkového odběru objektu.

Uvažovaný hybridní měnič dodává velké výkony ve třech fázích, což odpovídá aplikaci pro napájení spotřebiče typu motor. Výhodou je integrovaný regulátor. Akumulátory se vyznačují větší kapacitou z důvodu přesunu majoritní části vyrobené elektrické energie.

5.3.14 Objekt jako řešení v energetické stabilizaci

I když je tento krok méně oblíbený, je nutný pro budoucí vývoj ceny za elektrickou energii.

Pro podporu kompenzace výkyvů v energetice je Inteligentní dům spojencem, zvláště když má akumulční spotřebiče. V tomto případě je znalost možné spotřeby pro pokrytí potřeb akumulčních spotřebičů a vzdálené řízení jejich spínání vhodné pro kompenzaci.

Objekt, který bude opatřen takto situovanou automatizací, může pomoci ke stabilizaci sítě jak informacemi, které je možné využít, tak řízenou spotřebou, akumulací a přepnutím na čerpání z akumulátorů. Pro takovýto přístup je však aktuální způsob řízené spotřeby pomocí HDO nevyhovující. Samotný HDO je systém bez zpětného informování o potřebě. Objekt mající baterie a systém řízení se může stát pro energetickou soustavu ještě důležitější, než je tomu u akumulčního ohřevu vody. V oblasti takového pokrytí internetem, jako máme v České republice, je zavedení vzdáleného řízení a monitorování méně náročným krokem, než by byla výstavba regulačních elektráren.

V případě zrovnomměnění odběru prostřednictvím kooperace mezi odběratelem a distributorem je možné výrazně snížit ztráty elektrické energie ve vedení. Což prokazuje článek v odborném časopise, kde René Vápeník na grafu „Orientační velikost ztrát ve vedení“ poukazuje i na závislost ztrát na odběru. (14)

KOMPLEXNÍ VYUŽITÍ PREDIKOVATELNÝCH INFORMACÍ PRO ŘÍZENÍ ÚSPOR ELEKTRICKÉ
ENERGIE V BUDOVÁCH

6 Závěr

Cílem této práce bylo vytvořit návrh automatického řízení spotřeby elektrické energie v rodinném domě za předpokladu dodávky elektrické energie z fotovoltaických panelů a z energetické sítě.

Jako vstupní informace pro predikci spotřeby byla použita data z oblasti lokalizace lidí, počasí, spotřeby elektrické energie, lidské potřeby a stavu věcí. Na základě navržených predikcí chování v rodinném domě, byl vytvořen návrh automatizace řízení spotřeby elektrické energie.

Model vycházel z energetického hospodaření reálného budovy, které je charakteristické pro majoritní část veškerých rodinných budov nacházejících se v lokalitě vybraného objektu.

Výsledky této práce lze rozdělit do několika skupin. Jedná se o návrh řízení: závlahy, výroby elektrické energie ve fotovoltaických panelech, optimalizace výkonu vzduchotechnické jednotky a kotlového tělesa a ohřevu vody akumulacním způsobem. Dále návrh sledování efektivního chodu: spotřebičů, tlakového rozvodu užitkové vody a ohřevu vody akumulacním způsobem. V neposlední řadě prioritní chod spotřebičů. Na základě zjištěných údajů se jeví využití predikce pro potřeby optimalizace spotřeby elektrické energie jako vhodná.

KOMPLEXNÍ VYUŽITÍ PREDIKOVATELNÝCH INFORMACÍ PRO ŘÍZENÍ ÚSPOR ELEKTRICKÉ
ENERGIE V BUDOVÁCH

7 Seznam bibliografických citací, zkratk a obrázků

7.1 Seznam citací

- [1] Evropská komise. Evropa 2020 . [Online] [Citace: 11.3.2016.]
http://ec.europa.eu/europe2020/europe-2020-in-a-nutshell/targets/index_cs.htm
- [2] ČSN EN 303-5. *Kotle pro ústřední vytápění - Část 5: Kotle pro ústřední vytápění na pevná paliva, s ruční a samočinnou dodávkou, o jmenovitém tepelném výkonu nejvýše 500 kW - Terminologie, požadavky, zkoušení a značení*. Praha : ÚNMZ, únor 2013.
- [3] ODBOR 10500. Státní energetická koncepce 2014. *Ministerstvo průmyslu a obchodu*. [Online] [Citace: 24.9.2015.]
<http://www.mpo.cz/dokument158012.html>
- [4] OENERGETICE.CZ. V Německu nastává paroplynový paradox. *oenergetice.cz*. [Online] [Citace: 2.2.2016.]
<http://oenergetice.cz/zahranicni/v-nemecku-nastava-paroplynovy-paradox/>
- [5] Nová tarifní struktura, boj proti fotovoltaike a vliv kachní křivky na cenu elektřiny. *Energomonitor*. [Online] Energomonitor, s.r.o. [Citace: 19.3.2016.] <https://www.energomonitor.cz/nova-tarifni-struktura-boj-proti-fotovoltaike-a-vliv-kachni-krivky-na-cenu-elektriny/>
- [6] E15.CZ. Dáandko ruší stavbu větrných parků v moři, vyrábějí příliš drahou elektřinu. *e15.cz*. [Online] [Citace: 15.5.2016.]
<http://zpravy.e15.cz/byznys/prumysl-a-energetika/dansko-rusi-stavbu-vetrnych-parku-v-mori-vyrabeji-prilis-drahou-elektrinu-1295265>
- [7] Energetický regulační úřad. *Roční zpráva o provozu ES ČR 2014*. Praha : Oddělení statistiky a sledování ERÚ, 2015.
- [8] Český statistický úřad. Český statistický úřad. *www.czso.cz*. [Online] [Citace: 28.2.2016.] <https://www.czso.cz/csu/czso/spotreba-paliv-a-energie-2014>
- [9] TOUŠ, Ondřej. Nová tarifní struktura. *ERÚ Energetický regulační úřad*. [Online] [Citace: 12.3.2016.] <https://www.eru.cz/cs/tarify>
- [10] BALÁTĚ, Jaroslav. *Automatické řízení. 2. přeprac. vyd.* Praha : BEN - technická literatura, 2004. ISBN 80-7300-148-9.
- [11] POHORSKÝ, Jiří. *HDO: hromadné dálkové ovládání*. Praha : BEN - technická literatura, 2002. ISBN 80-7300-054-7.

- [12] KUBEC, Jindřich. Foxtrot - ovládej svůj dům, Příručka projektování CFOX, RFOX a Foxtrot. [Online] [Citace: 6.4.2016.]
http://www.tecomat.com/wpimages/other/DOCS/cze/TXV00416_01_CFoxRFoxProjektovani_cz.pdf
- [13] Ministerstvo pro místní rozvoj. Vybrané údaje o bydlení 2013. *Ministerstvo pro místní rozvoj*. [Online] [Citace: 19.2.2016.]
<http://www.mmr.cz/getmedia/0f40fca0-0fb5-4fb3-b7ec-9fe33f7bc67f/Vybrane-udaje-bydleni-2013.pdf>
- [14] VÁPENÍK, René. Regulace napětí v distribuční soustavě vn a nn. *Elektrorevue*. 2011, Sv. 13, 3.
- [15] TOUŠ, Ondřej. ERÚ Energetický regulační úřad. [Online] [Citace: 12.3.2016.] <https://www.eru.cz/cs/tarify>
- [16] Odbor 10500. *Ministerstvo průmyslu a obchodu*. [Online] [Citace: 24.9.2015.] <http://www.mpo.cz/dokument158012.html>

7.2 Seznam zkratk

zkratka	význam
ERÚ	Energetický regulační úřad
EU	Evropská unie
FV	fotovoltaika
GPS	globální poziční systém
HDO	hromadné dálkové ovládání
HVAC	heating, ventilating, air conditioning
NT	nízký tarif
OZE	obnovitelné zdroje energie
POZE	podporované zdroje elektrické energie
SEK	Státní energetická koncepce
SLDB	sčítání lidu, domů a bytů
TV	teplá voda
TZB	technické zabezpečení budov
UV	užitková voda
VT	vysoký tarif
ZZT	zpětné získávání tepla

7.3 Seznam obrázků

Obrázek 1 - Graf spotřeby elektrické energie v Kalifornii a předpokládaný vývoj [převzato z (4)].....	6
Obrázek 2 - Odběrový graf spotřeby v ČR v den 10.12.2014 [převzato z (6)]	7
Obrázek 3 - Odběrový graf spotřeby v ČR v den 10.08.2014 [převzato z (6)]	7
Obrázek 4 - Podíl spotřeby domácností na celkové spotřebě ČR [data z (7)]	8
Obrázek 5 - Otevřený obvod řízení [převzato z (9)].....	9
Obrázek 6 - Uzavřený obvod řízení [převzato z (9)]	9
Obrázek 7 - Porovnání výstupů řízeného obvodu.....	10
Obrázek 8 - Tabulka časů nízkého tarifu pro kód povelu 218 [zdroj www.cez.cz]	11
Obrázek 9 - Schéma hybridního systému FV	16
Obrázek 10 - Oblast pozemku spadajícího k rodinnému domu [zdroj mapy www.cuzk.cz]	17
Obrázek 11 - Potřeby rodinného domu.....	18
Obrázek 12 - Znázornění ztráty tepla v objektu	20
Obrázek 13 - Tabulka s požadavky na větrání obytných budov dle ČSN EN 15665/Z1 22	
Obrázek 14 - Rozhodovací diagram	27
Obrázek 15 - Blokové schéma navrhovaného systému stabilizace	30
Obrázek 16 - Náčrt řídicího modulu CP-1008 [převzato z (12)]	31
Obrázek 17 - Schématický náčrt čítače osob.....	31
Obrázek 18 - Souvislosti s přípravou teplé vody	34
Obrázek 19 - Graf stavu tepla ve vodě v akumulární nádrži.....	35
Obrázek 20 - Vstupy do systému pro ovládání závlahy	37
Obrázek 21 - Odběr jako důvod snížení spotřeby systému	38
Obrázek 22 - Vstupy do systému pro řízení udržovací teploty.....	40
Obrázek 23 - Stavová tabulka pro odpojování okruhu spotřebičů.....	42
Obrázek 24 – Spotřeba odepínatelného okruhu	42
Obrázek 25 - Vstupy do systému pro řízení množství větracího vzduchu	43
Obrázek 26 - Graf spotřeby na větrací vzduch podle osob.....	44
Obrázek 27 - Blokové schéma navrhovaného systému	44

KOMPLEXNÍ VYUŽITÍ PREDIKOVATELNÝCH INFORMACÍ PRO ŘÍZENÍ ÚSPOR ELEKTRICKÉ
ENERGIE V BUDOVÁCH

8 Seznam příloh

Příloha č. 1 – Kalkulace pořizovacích nákladů za hardware

Příloha č. 2 – Data o výrobě elektrické energie z FV podle PV GIS

Příloha č. 3 – Ukázka části navrhovaného řízení

KOMPLEXNÍ VYUŽITÍ PREDIKOVATELNÝCH INFORMACÍ PRO ŘÍZENÍ ÚSPOR ELEKTRICKÉ
ENERGIE V BUDOVÁCH

Příloha č. 1 – Kalkulace pořizovacích nákladů za hardware

<i>Seznam součástí systému</i>			
<i>jméno</i>	<i>počet</i>	<i>cena Kč/kus bez DPH</i>	<i>cena Kč bez DPH</i>
<i>Základní potřeby</i>			
<i>CP - 1008</i>	1	14500	14500
<i>zdroj DR-60-24</i>	1	1090	1090
<i>OS-1401</i>	1	3600	3600
<i>SDHC 32GB</i>	1	960	960
<i>MR-0114</i>	1	1225	1225
<i>teplá voda</i>			
<i>C-IT-0100H-P</i>	1	1785	1785
<i>tlakový rozvod užitkové vody</i>			
<i>stykač R 25-40 230V</i>	1	392	392
<i>TA-E/20</i>	1	560	560
<i>505_91541</i>	1	750	750
<i>závlaha</i>			
<i>stykač R 25-40 230V</i>	2	392	784
<i>účinnost spotřebičů</i>			
<i>SMM33</i>	1	4280	4280
<i>větrání</i>			
<i>magnetický kontakt SA-201A</i>	10	72	720
<i>tep. Čidlo SK8NTC12k-2SN-6</i>	3	301	903
<i>tep. Čidlo PL11PA</i>	1	485	485
<i>celková částka za doplňky v Kč</i>			32034

KOMPLEXNÍ VYUŽITÍ PREDIKOVATELNÝCH INFORMACÍ PRO ŘÍZENÍ ÚSPOR ELEKTRICKÉ
ENERGIE V BUDOVÁCH

Příloha č. 2 – Data o výrobě elektrické energie z FV podle PV GIS

Latitude:	50°16'18" North,
Longitude:	14°33'25" East
Nominal power of the PV system:	2.295kWp
Inclination of modules:	45deg.
Orientation (azimuth) of modules:	-45deg.

Fixed angle				
Month	Ed	Em	Hd	Hm
1	1.93	59.7	1.02	31.5
2	3.52	98.5	1.88	52.6
3	6.08	188	3.30	102
4	8.51	255	4.80	144
5	8.68	269	5.04	156
6	8.89	267	5.22	157
7	8.53	264	5.06	157
8	7.99	248	4.70	146
9	6.37	191	3.65	109
10	4.24	131	2.35	73.0
11	2.17	65.1	1.18	35.5
12	1.61	50.0	0.85	26.5
Year	5.72	174	3.26	99.2

Ed: Average daily electricity production from the given system (kWh)

Em: Average monthly electricity production from the given system (kWh)

Hd: Average daily sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m²)

Hm: Average sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m²)

KOMPLEXNÍ VYUŽITÍ PREDIKOVATELNÝCH INFORMACÍ PRO ŘÍZENÍ ÚSPOR ELEKTRICKÉ
ENERGIE V BUDOVÁCH

Příloha č. 3 – Ukázka části navrhovaného řízení

