

Ing. Matej Kubica

Autoreferát dizertačnej práce

**Príspevok k výskumu a návrhu kompaktných odovzdávacích staníc tepla nového smart
typu**

na získanie akademického titulu „doktor“, „philosophiae doctor“, v skratke „PhD.“

v doktorandskom študijnom programe: 3631 Teória a technika prostredia budov

v študijnom odbore: stavebníctvo

forma štúdia: denná



Dizertačná práca bola vypracovaná na Slovenskej technickej univerzite v Bratislave na stavebnej fakulte na katedre technických zariadení budov.

Predkladateľ: Ing. Matej Kubica
Slovenská technická univerzita v Bratislave
Stavebná fakulta, Katedra technických zariadení budov
Radlinského 11
810 05 Bratislava

Školiteľ: doc. Ing. Daniel Kalús, PhD.
Slovenská technická univerzita v Bratislave
Stavebná fakulta, Katedra technických zariadení budov
Radlinského 11
810 05 Bratislava

Oponenti: **prof. Ing. Ján Takács, PhD.**
Slovenská technická univerzita v Bratislave
Stavebná fakulta, Katedra technických zariadení budov
Radlinského 11
810 05 Bratislava

doc. Ing. Danica Košičanová, PhD.
Technická univerzita v Košiciach
Stavebná fakulta, Ústav pozemného staviteľstva
Letná 1/9
042 00 Košice-Sever

Ing. Jozef Lovász, PhD.
Veolia Energia Slovensko, a. s.
Odborník z praxe
Einsteinova 25
851 01 Petržalka

Autoreferát bol rozoslaný dňa202...

Obhajoba dizertačnej práce sa bude konať dňa202... o h. na Katedre technických zariadení budov v knižnici, Stavebnej fakulty STU, Radlinského 11, 810 05 Bratislava.

prof. Ing. Stanislav Unčík, PhD.
Dekan Stavebnej fakulty STU v Bratislave

Úvod

Dizertačná práca rozoberá problematiku spojenú so sprísňovaním požiadaviek na potrebu energie pre bytový sektor a bývanie. Bývanie je jednou zo základných ľudských potrieb, ktorá by mala byť uspokojovaná na úrovni zodpovedajúcej celkovému stupňu sociálno-ekonomického rozvoja spoločnosti.

Tromi hlavnými piliermi udržateľného bývania sú:

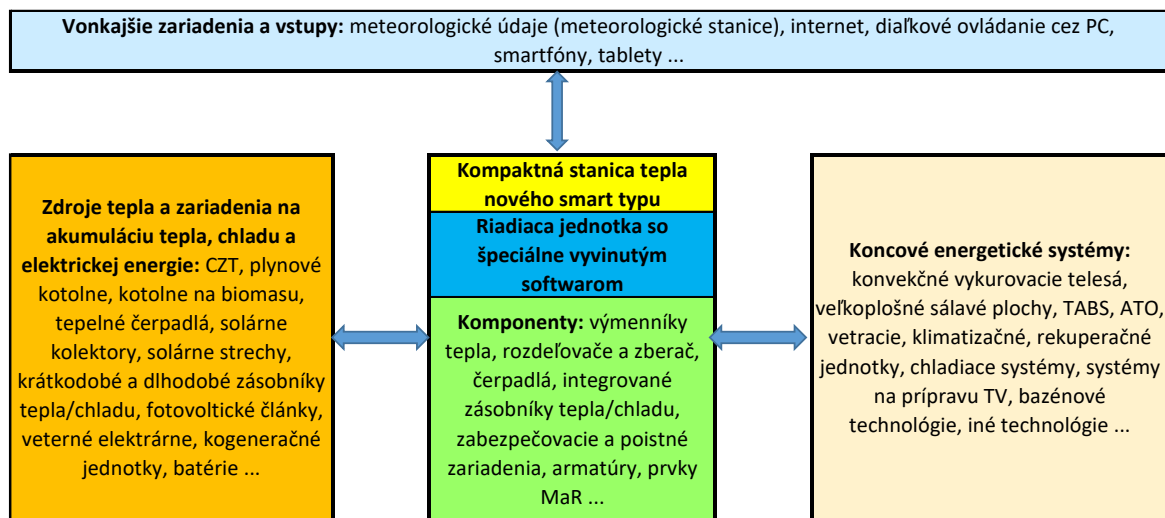
- pilier environmentálny- vzťah medzi okolitým prostredím a bývaním
- pilier ekonomický- vzťah medzi ziskom a spotrebou
- pilier sociálny- zabezpečenie kvality bývania pre každého

Výskum kompaktných staníc opisovaných v práci zasahuje do každého piliera. Pilier environmentálny dopĺňa efektívnejším využitím výkonu obnoviteľných zdrojov. Pilier ekonomický dopĺňa efektívnejším riadením akumulácie tepla a chladu vo vykurovacích sústavách. Pilier sociálny je doplnený unifikovaným riešením, ktorého výroba a vzdialený spôsob ovládania otvára dostupnú cestu ku kvalitnému bývaniu pre každého.

Vyvíjané kompaktné stanice predstavujú variantne riešenia na transpozíciu požiadaviek smernice 2018/844/EÚ, ktorou sa mení smernica 2010/31/EÚ o energetickej hospodárnosti budov a smernica 2012/27/EÚ o energetickej efektívnosti, ktorá zaviedla do nášho právneho poriadku nový pojem – budova s takmer nulovou potrebou energie, ekvivalent anglického “nearly Zero Energy Building”. Podľa tejto smernice musia spĺňať všetky nové budovy kolaudované po roku 2020 kritériá budovy s takmer nulovou spotrebou. Pre nové budovy, v ktorých sídlia a ktoré vlastní orgány verejnej moci, je lehota dokonca o dva roky kratšia, teda platnosť je už od 01.01.2019. Okrem sprísnenia požiadaviek na tepelno-technické vlastnosti obalových konštrukcií budov, ktorými sa má znížiť energetická náročnosť budov, je požadované aj zvýšené využívanie obnoviteľných zdrojov energie a zníženie produkcie skleníkových plynov, najmä CO₂.

Platná legislatíva prináša okrem zvyšovania požiadaviek na tepelnotechnické vlastnosti stavebných konštrukcií aj požiadavky na využívanie obnoviteľných zdrojov energie. Obnoviteľné zdroje energie nevedia výkonovo a kontinuálne pokryť dostatočne energetickú potrebu. Udržaním a zvyšovaním štandardu bývania sme nútený pri navrhovaní vykurovacích sústav používať technologicky náročnejšie zariadenia. Zariadenia medzi sebou nekomunikujú a neodskúšané zapojenia vykazujú chybovosť. Takto pretechnizované systémy nevedia plniť svoj účel. Dizertačná práca sa venuje zariadeniu, ktoré ponúka unifikované riešenie pre zvládnutie riadenia vykurovacích systémov a systémov na prípravu teplej vody.

Kompaktná stanica tepla nového smart typu predstavuje technologické zariadenie s radiacou jednotkou, ktorá dokáže monitorovať, analyzovať, detegovať a predvídať zlyhania, zabezpečuje komunikáciu a spoluprácu technologických komponentov kompaktnej stanice tepla vzájomne medzi sebou ale aj s externými zariadeniami pomocou softvéru špeciálne vyvinutého na tieto účely a umožňuje ovládanie na diaľku.



Obr. 0.1 Principiálna schéma kompaktnej stanice tepla nového smart typu

Kompaktná stanica tepla spája viaceré zdroje tepla a zdroj chladu s viacerými systémami odovzdávajúcimi teplo a chlad do priestoru. V modeloch je podstatným a odlišujúcim sa riešením od iných kompaktných staníc tepla spôsob akumulácie prebytočnej energie z obnoviteľných zdrojov energie. Takéto zapojenia neriešia súčasné kompaktné odovzdávacie stanice tepla.

Zakomponovaním predprogramovaného riadiaceho systému vykurovania a chladenia predchádzame potrebu zdĺhavého procesu programovania a riešime nedostatočné kapacity programátorov špecializujúcim sa na riadiace systémy budov na trhu.

Ciele a metodika práce

Progresívne energeticky efektívne budovy už nepotrebujú tradičné vykurovacie a chladiace sústavy, ale čoraz viac sa využívajú na vykurovanie a chladenie cez veľkoplošné stavebné konštrukcie s využitím obnoviteľných zdrojov energie. Do popredia sa dostávajú netradičné energetické systémy, ktoré sa navrhujú ako súčasť konštrukcie, napr. TABS (tepelná aktivácia betónových systémov) a ATO (aktívna tepelná ochrana), a tým sa podieľajú na tvorbe stavby už od samotného návrhu. Dizertačná práca je prioritne zameraná na nasledovné:

- na zhodnotenie potenciálu využitia obnoviteľných zdrojov energie kompaktnými stanicami tepla,
- na vývoj matematicko-fyzikálneho modelu kompaktnej stanice tepla nového S.M.A.R.T. typu vrátane vytvorenia alternatívneho algoritmu pre softvér riadiacej jednotky,
- vytvorenie funkčného konštrukčného modelu kompaktnej stanice,
- laboratórne merania a optimalizáciu konštrukčného modelu kompaktnej stanice tepla nového smart typu,
- rekapitulácia predpísaných úkonov pre programátora na vytvorenie riadiaceho softvéru pre kompaktnú odovzdávaciu stanicu tepla nového smart typu.

Celková konfigurácia kompaktných staníc tepla z bežne používaných komponentov v kombinácii s riadiacim systémom a automatizáciou riadenia pridáva nové možnosti ich využitia, a to najmä k smart riešeniam energetických systémov budov. Ciele dizertačnej práce sú opísané v nasledovných podkapitolách.

Komplexne spracovaná metodika práce sa dotýka viacerých častí vývoja kompaktnej stanice tepla nového S.M.A.R.T typu. Cieľom práce nie je samotné zostrojenie kompaktnej stanice, ale nasmerovanie a stanovenie pevných základov pre jej zostavenie. Stanovená metodika práce počíta aj so zapracovaním budúcich technických zariadení budov, ktoré prispievajú k zníženiu energetickej náročnosti budov. Kompaktná stanica je novým prvkom umiestňovaným do vykurovacej sústavy a bude zabezpečovať efektívnu výrobu, distribúciu a akumuláciu tepla a chladu v teplovodných sústavách s viacerými zdrojmi energie.

Vytvorenie schém zapojení

Vytvorenie schém zapojení energetických systémov pre aplikáciu kompaktných staníc tepla nového smart typu.

Na spracovanie cieľu č.1, vytvorenie schém zapojení sú aplikované doteraz známe ale aj novo vyvinuté komponenty energetických systémov (zdroje tepla – tepelné čerpadlá, solárne kolektory, fotovoltaické články, kotle na biomasu, akumulačné zásobníky tepla – dlhodobé aj krátkodobé na báze rôznych materiálov, rúry, armatúry a koncové prvky energetických systémov - vykurovanie, chladenie).

Podkladom pre tvorbu schém zapojení energetických systémov pre aplikáciu kompaktných staníc tepla je úžitkový vzor SK 5749 Y1: Spôsob prevádzky kombinovaného stavebno-energetického systému budov a zariadenie. Budú aplikované najmä nasledovné komponenty energetických systémov (zdroje tepla – tepelné čerpadlá, solárne kolektory, fotovoltaické články, kotle na biomasu, akumulačné zásobníky tepla – dlhodobé aj krátkodobé na báze rôznych materiálov, rúry, armatúry a koncové prvky energetických systémov - vykurovanie, chladenie, ATO).

Experimentálne merania zamerané na porovnanie využitia kapacity akumulačných zásobníkov

Experimentálne merania s porovnaním využitia kapacity akumulačných zásobníkov na konštrukčných modeloch energetických systémov kompaktných staníc tepla nového smart typu.

Experimentálne merania, cieľ č.2, sú uskutočnené na simulátore a optimalizátore energetických systémov – mobilnom laboratóriu. Experimentálne merania konštrukčných modelov energetických systémov kompaktných staníc tepla sú zamerané na porovnanie využitia tepelnej kapacity akumulačných zásobníkov, ktoré akumulujú teplonosnú látku pre vykurovanie, prípravu TV a chladenie. Experimentálne merania boli vykonané v mobilnom laboratóriu . (optimalizátore a simulátore inteligentných kompaktných zariadení). Metodika experimentálnych meraní konštrukčných modelov je rozdelená do nasledovných

časť:

- Metodika z hľadiska schém zapojenia a prevádzkových režimov,
- metodika z hľadiska prístrojov a zariadení,
- metodika z hľadiska času a priestoru,
- metodika experimentálnych meraní z hľadiska veličín.

Na základe úžitkového vzoru SK 5749 Y1 (autor: D. Kalús): “Spôsob prevádzky kombinovaného stavebno-energetického systému budov a zariadenie” a výskumného projektu HZ PR10/2015 (K-TZB SvF STU Bratislava, 2015, zodpovedný riešiteľ: D. Kalús): „Analýza energetických, ekonomických, environmentálnych aspektov a experimentálne merania kompaktných zariadení energetických systémov pre aplikáciu obnoviteľných zdrojov energie” bolo v rokoch 2016 a 2017 v spolupráci s firmou Regaluterm, s.r.o., vďaka externému investorovi Ing. Tomášovi Irchovi, zostrojené mobilné laboratórium, na ktorom vývoji a výrobe sme sa so svojim školiteľom od samotného začiatku zúčastnili.

Zariadenie slúži na komplexnú simuláciu a optimalizáciu technológií a materiálov s použitím obnoviteľných zdrojov energie v pozemných stavbách. Má možnosť pripojenia variabilného fyzikálneho modelu, ktorý je tvorený vymeniteľným zdrojom tepla a chladu, akumulárnym zásobníkom tepla a chladu, je vybavený distribučným systémom a koncovými prvkami vykurovacej a chladiacej sústavy.

Vytvorenie a optimalizácia konštrukčných modelov kompaktných staníc tepla

Vytvorenie konštrukčných modelov a optimalizácia, cieľ č.3, sú uskutočnené na simulátore a optimalizátore energetických systémov – mobilnom laboratóriu, kde je možné skúmať konštrukčné modely kompaktných staníc vytvorené z rôznych komponentov, monovalentné, bivalentné, trivalentné a viacvalentné energetické systémy s krátkodobou a dlhodobou akumuláciou tepla a odovzdávacími prvkami slúžiacimi na vykurovanie aj chladenie.

Optimalizácia konštrukčných modelov je rozdelená do dvoch úrovní. Na prvej úrovni sa jedná o konfiguráciu prvkov kompaktnej stanice do výsledných konštrukčných modelov s popisom funkcie a rozdelenie do výkonových radov. Na druhej úrovni sa optimalizácia týka správneho umiestnenia ovládacích prvkov a úprav na prepojení potrubí spájajúcich časti kompaktnej stanice ako aj opis nových funkcií kompaktnej stanice.

Konfigurácia prvkov novej kompaktnej stanice a rozdelenie do výkonových radov

K dosiahnutiu cieľa sú použité metódy a postupy vedeckej analýzy a dedukcie súčasných poznatkov

v danej problematike a vednej disciplíne (odborné články a publikácie, príspevky z vedeckých konferencií, technické podklady, normy, predpisy, vyhlášky a firemných podkladov od firiem, ktoré sa zaoberajú výrobou kompaktných staníc tepla, meracou a regulačnou technikou, riadiacimi systémami budov.

Optimalizácia polohy snímačov kompaktnej stanice

Experimentálne merania týkajúce sa optimálneho umiestnenia ovládacieho prvku sa sústredili na správne umiestnenie snímača teploty. Snímač teploty, ktorý ovláda chod tepelného čerpadla bol meraní v dvoch polohách.

Vytvorenie rekapitulácie predpísaných úkonov pre programátora pre softvér riadiacej jednotky

Cieľ č.4, vytvorenie rekapitulácie predpísaných úkonov pre programátora pre softvér riadiacej jednotky kompaktnej stanice tepla nového smart typu bude spracovaný na základe analytickej časti, vytvorených schém zapojení kompaktných staníc, experimentálnych meraní a optimalizácií na simulátore a optimalizátore energetických systémov – mobilnom laboratóriu.

Pod cieľ č.4 patrí vypracovanie krokov na ovládanie kompaktnej stanice. K dosiahnutiu cieľa sú použité metódy a postupy vedeckej analýzy a dedukcie súčasných poznatkov v danej problematike a vednej disciplíne (odborné články a publikácie, príspevky z vedeckých konferencií, technické podklady, normy, predpisy, vyhlášky a firemných podkladov od firiem, ktoré sa zaoberajú výrobou kompaktných staníc tepla, meracou a regulačnou technikou, riadiacimi systémami budov. Vytvorenie algoritmu pre softvér riadiacej jednotky kompaktnej stanice tepla nového smart typu bude spracovaný na základe analytickej časti, vytvorených schém zapojení kompaktných staníc, experimentálnych meraní a optimalizácií na simulátore a optimalizátore energetických systémov – mobilnom laboratóriu.

Vytvorenie schém zapojení

Vytvorenie schém zapojení vytvorilo podklad pre vytvorenie laboratória ako aj podklad pre návrh konštrukčných modelov novej kompaktnej stanice.

Schémy zapojenia predstavujú rôzne kombinácie zapojení viacerých zdrojov tepla a chladu a viacerých systémov odovzdávania tepla a chladu. V modeloch je podstatným a odlišujúcim sa riešením od iných kompaktných staníc tepla spôsob akumulácie prebytočnej energie z obnoviteľných zdrojov energie. Takéto zapojenia neriešia súčasné kompaktné odovzdávacie stanice tepla.

Zakomponovaním predprogramovaného riadiaceho systému vykurovania a chladenia predchádzame potrebe zdĺhavého procesu programovania a riešime nedostatočné kapacity programátorov špecializujúcim sa na riadiace systémy budov na trhu.

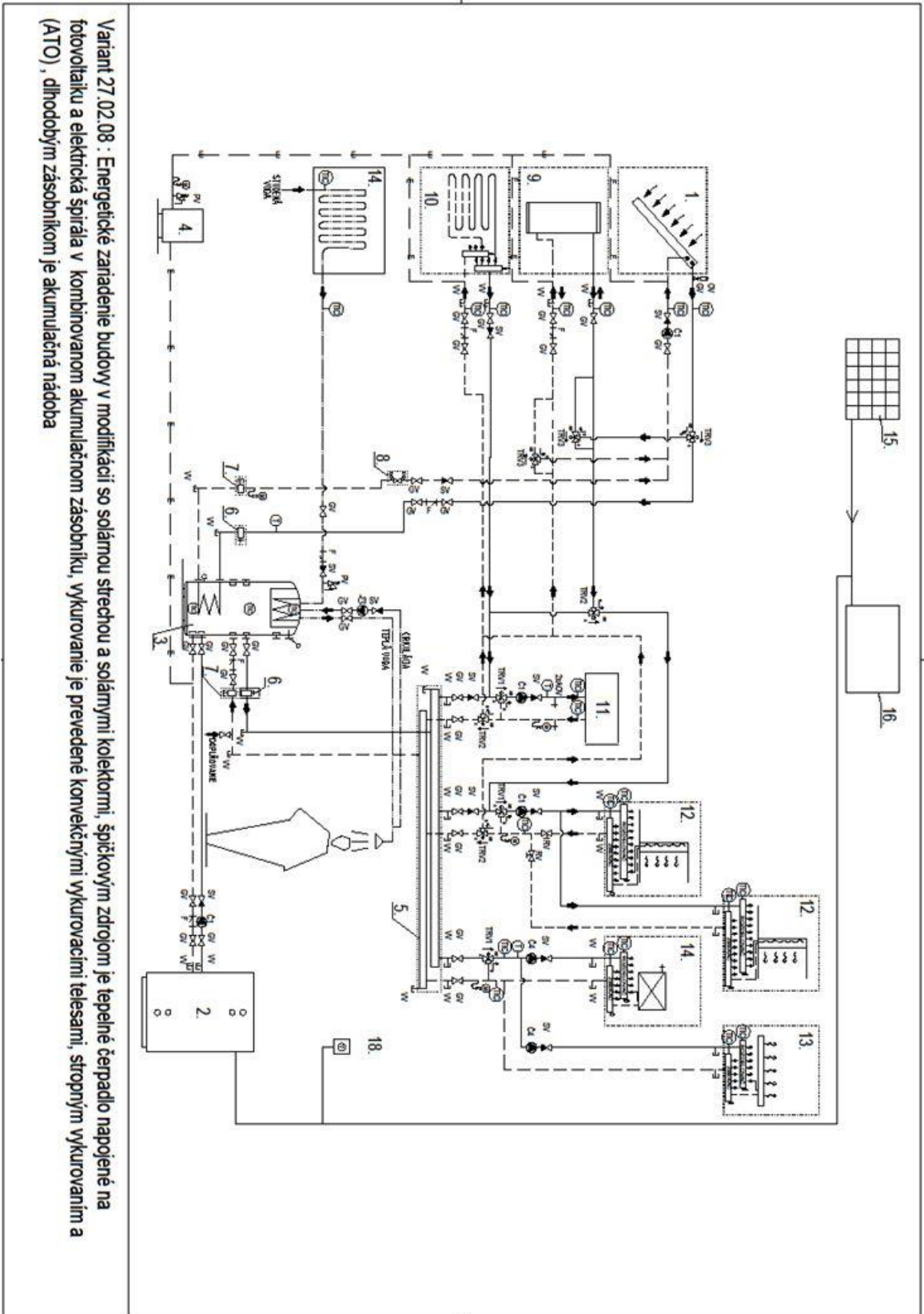
Na základe predmetných technických riešení boli vytvorené:

- **schémy zapojenia energetických systémov**, ktoré budú podkladom k teoretickému skúmaniu / simuláciám spôsobu prevádzky variantných zapojení technologických komponentov kompaktných staníc tepla nového SMART typu,
- **konštrukčné modely kompaktných staníc tepla nového SMART typu** (reálne zapojenie technologických komponentov do funkčných meracích celkov), ktoré budú slúžiť na experimentálne merania a optimalizáciu prevádzky.

Experimentálne merania a optimalizácia konštrukčných modelov kompaktných staníc nového SMART typu, sú uskutočnené na mobilnom laboratóriu (simulátore a optimalizátore energetických systémov), ktoré bolo naprojektované a vyhotovené firmou REGULATHERM, s.r.o. Bratislava na základe úžitkového vzoru č. 5749 Spôsob prevádzky kombinovaného stavebno–energetického systému budov a zariadenie.

Na projektovaní aj vyhotovení tohto predmetného mobilného laboratória som sa aktívne zúčastnil už počas štúdia na inžinierskom stupni a kontinuálne som pokračoval aj počas doktorandského štúdia.

Pri tvorbe schém zapojení sa zameriame na varianty zapojení so zariadeniami ponúkaných na slovenskom a rakúskom trhu. V číslovaní variantu xx.yy.zz určujú písmena xx spôsob získavania energie, písmená yy určujú spôsob akumulácie energie a písmená zz určujú spôsob odovzdávania energie do vnútornému prostrediu.

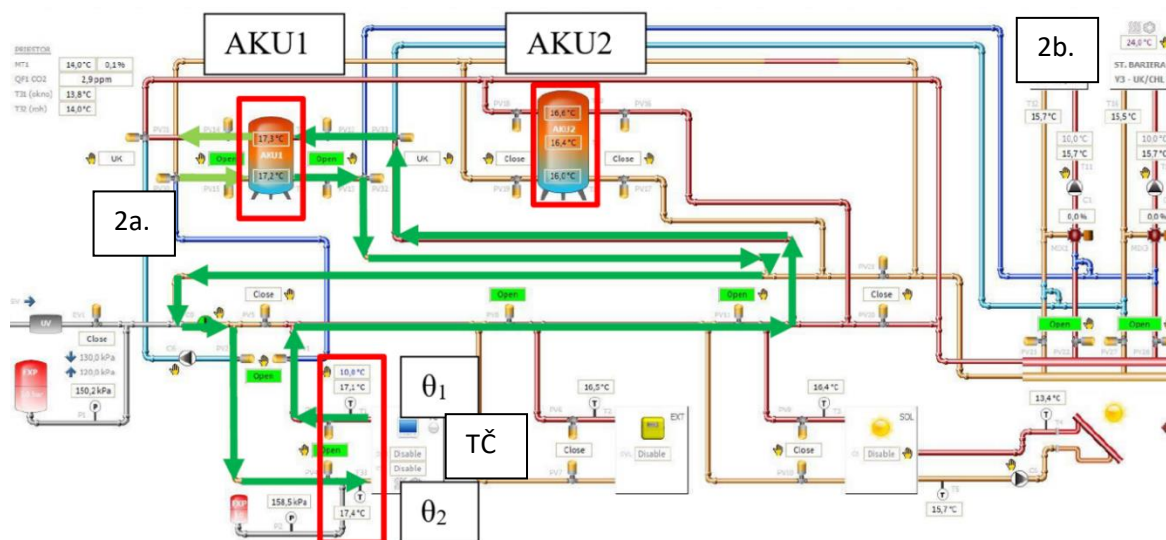


Variant 27.02.08 : Energetické zariadenie budovy v modifikácii so solárnou strechou a solárnymi kolektormi, špičkovým zdrojom je tepelné čerpadlo napojené na fotovoltaiku a elektrická špičľa v kombinovanom akumuláčnom zásobníku, vykurovanie je prevedené konvečnými telesami, stropným vykurovaním a (ATO), dlhodobým zásobníkom je akumuláčn nádoaba

Obr. 0.1 Schéma zapojenia – variant 27.02.08 [Ing. Matej Kubica], [71]

Experimentálne merania zamerané na porovnanie využitia kapacity akumulčných zásobníkov

Experimentálne merania s porovnávaním využitia kapacity akumulčných zásobníkov na konštrukčných modelov energetických systémov kompaktných staníc tepla nového smart typu.



1. V primárnom chladiacom okruhu je zapojené TČ a AKU1. Chladiacou látkou je voda.
2. V sekundárnom chladiacom okruhu 2a. a 2b. je zapojené sálavé veľkoplošné chladenie a AKU1. Chladiacou látkou je voda. AKU1 pracuje plní funkciu termohydraulického rozdeľovača.

Obr. 0.1 Schéma zapojenia A s napojením 100 litrového akumulčného zásobníka v prevedení plnenia zhora smerom dole [Ing. Matej Kubica].

Podrobný opis prevádzkových režimov mobilného laboratória je spracovaný v Tab. 5.1:

Tab. 0.1 Prehľad prevádzkových režimov experimentálnych meraní [Ing. Matej Kubica].

Režim číslo	Schéma zapojenia	Objem zásobníka V (l)	Objemový prietok Q (l/hod)	Plnenie zásobníka	Poznámka
R0	A	100	745	Zhora - dole	Bez akumulácie
R1	A	100	745	Zhora – dole	
R2	B	100	915	Zdola – hore	
R3	A	300	915	Zhora – dole	
R4	C	300	745	Zhora – dole	
R5	A	100	915	Zhora – dole	

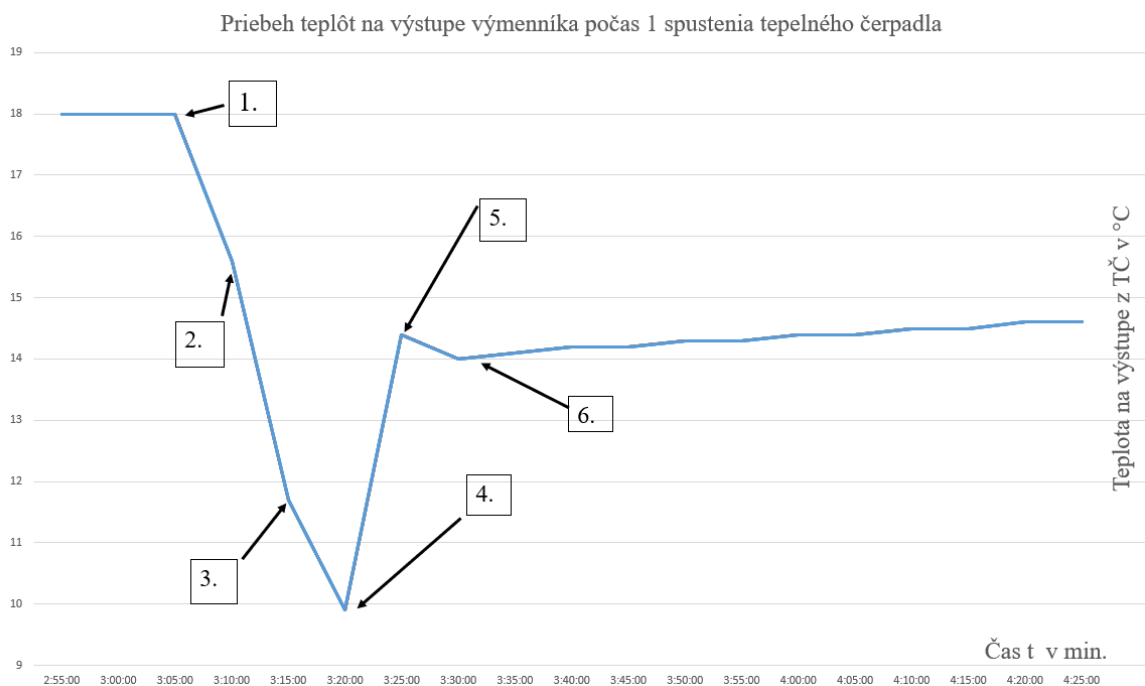
Okrajové podmienky pre spustenie tepelného čerpadla boli pre každý režim identické, pričom:

- Spustenie tepelného čerpadla je pri 18°C na výstupe z teplovodného výmenníka tepelného čerpadla,
- zastavenie tepelného čerpadla je pri 10°C na výstupe z teplovodného výmenníka tepelného čerpadla,
- akumulovaná energia v podobe chladu bola uvoľňovaná prirodzeným vedením tepla, oteplením zásobníka.

Vzhľadom na rozdielne okrajové podmienky exteriérovej teploty bolo možné porovnávať výsledky čiastkovo a na vybraných úsekoch. Vybranými úsekmi sú jednotlivé cykly spustenia tepelného čerpadla. Spustenie tepelného čerpadla je sledované cez snímač teploty umiestnený na výstupe z výmenníka tepelného čerpadla.

Analýzou nameraných hodnôt môžeme potvrdiť nasledovné:

- Obr. 5.15 znázorňuje, že po vypnutí tepelného čerpadla prudko narástla teplota na jeho výstupe. Prudký nárast je spôsobený dodatočným riedením teplej a studenej vody. Tepelné čerpadlo bolo vypnuté predčasne nesprávne umiestneným teplotným snímačom. Táto vada sa objavuje pri každom režime. Obr. 5.15 vykresľuje a vysvetľuje priebeh teplôt na výstupe z výmenníka tepelného čerpadla počas jedného spúšťacieho cyklu.

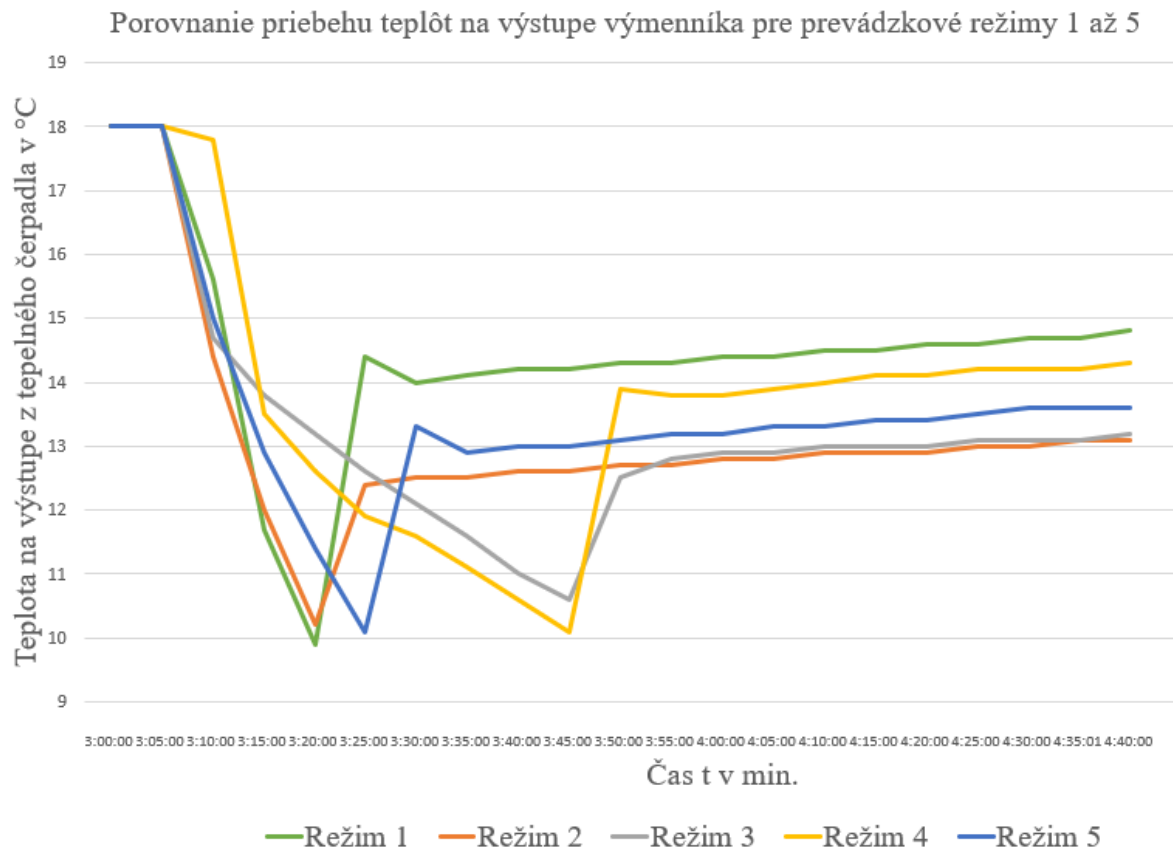


1. Spustenie čerpadla pri 18°C na základe teploty vody snímanej na vstupe do výmenníka TČ. TČ pracuje na nižšom výkone.
2. TČ začína pracovať na maximálny možný výkon.
3. TČ začína znižovať výkon. Teplota snímanej vody sa približuje k žiadanej teplote 10°C.
4. Znížený výkon nestačí vychladzovať premiešanú vodu v akumuláčnom zásobníku. Teplota vo vykurovacej sústave prudko stúpa. Dochádza k nedokonalému vychladeniu akumulácie nádoby. Strácame tepelnú kapacitu akumuláčného zásobníka.

- Voda v chladiacej sústave sa dostatočne premiešala. TČ je spustené a stále znižuje svoj výkon. Na grafe vidíme dochladenie a vypnutie.
- Plynulé ohrievanie vody vplyvom tepelných strát chladiacej sústavy.

Obr. 0.2 Priebeh teplôt na výstupe výmenníka tepelného čerpadla počas spustenia tepelného čerpadla [Ing. Matej Kubica].

- Porovnanie na základe teploty na výstupe z tepelného čerpadla všetkých meraných režimov vykresľuje Obr. 5.22 Teploty v jednotlivých režimoch sú vykreslené mediánom nameraných hodnôt. Z porovnania všetkých režimov môžeme dedukovať, že najvýhodnejší spôsob akumulácie chladu, ktorý má vplyv na počet spúšťacích cyklov tepelného čerpadla je použitie vyšších objemových prietokov pracovnej látky, použitie väčšej kapacity akumuláčnych zásobníkov a zapojenie plnenia akumuláčnych zásobníkov zhora smerom dole.



Obr. 0.3 Porovnanie priebehu teploty na výstupe z tepelného čerpadla pre prevádzkové režimy 1 až 5 [Ing. Matej Kubica].

Pri výrobe chladu má významný vplyv objemový prietok v primárnom okruhu medzi tepelným čerpadlom a zásobníkom AKU1 a AKU2. Znížením objemového prietoku to malo vplyv na správny moment vypnutia tepelného čerpadla. Tento stav vzniká v dôsledku nedostatočného odovzdania energie pracovnou látkou. Po spustení výroby chladu tepelným čerpadlom sa ochladí potrubie na snímači teploty, ktoré riadi tepelné čerpadlo a predčasne sa vypne tepelné čerpadlo.

Hlavným opatrením na zabránenie nedokonalému využitiu zásobníkov bude softvérový zásah. Softvérovým zásahom prostredníctvom posunu teplotného rozdielu na tepelnom senzore riadiacom činnosť tepelného čerpadla by sme dosiahli maximálny navrhovaný výkon akumuláčnej nádrže. Teplotný rozdiel by sa nastavil na základe spätnej analýzy teplotného profilu v trende teplotného snímača, ktorý riadi tepelné čerpadlo. Softvérové riešenie nijako nezvýši investičné náklady na pripojenie.

Merania prebiehali len na strane výroby studenej vody. Studená voda bola oteplená okolitým vzduchom v technickej miestnosti prostredníctvom vedenia tepla zo studenej vody na ocelovú stenu akumuláčnej nádoby, ďalej zo steny ocelevej nádoby na okolitý vzduch.

Merania preukázali princípy, ktoré sa uplatňujú pri akumulácii tepla alebo chladu. Akumulačnú účinnosť a zníženie počtu rozbehových cyklov tepelného čerpadla môžeme ovplyvniť zmenou objemového prietoku pracovnej látky, zmenou objemu nádrže na vodu, zmenou objemu nádrže na vodu ale aj správnym umiestnením teplotného snímača, ktorý ovláda tepelné čerpadlo. Téma správneho umiestnenie teplotného snímača, ktorý ovláda tepelné čerpadlo je podrobnejšie spracovaná v podkapitole 6.2.

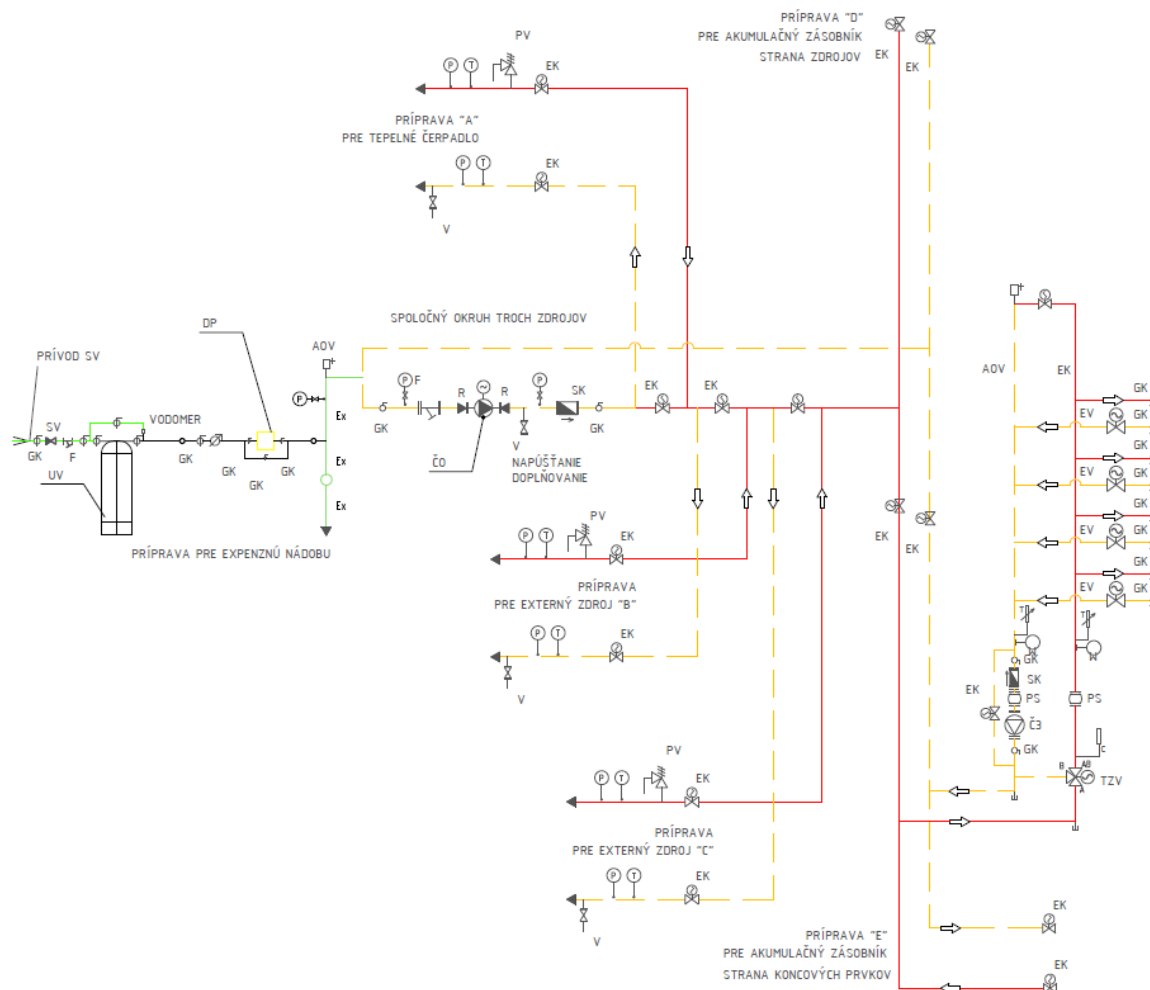
Vytvorenie a optimalizácia konštrukčných modelov kompaktných staníc tepla

Konštrukčné modely spájajú viaceré zdroje tepla a zdroj chladu s viacerými systémami odovzdávajúcimi teplo a chlad do priestoru. V modeloch je podstatným a odlišujúcim sa riešením od iných kompaktných staníc tepla spôsob akumulácie prebytočnej energie z obnoviteľných zdrojov energie. Takéto zapojenia neriešia súčasné kompaktné odovzdávacie stanice tepla.

Zakomponovaním predprogramovaného riadiaceho systému vykurovania a chladenia predchádzame potrebe zdĺhavého procesu programovania a riešime nedostatočné kapacity programátorov špecializujúcim sa na riadiace systémy budov na trhu.

Konfigurácia prvkov novej compactnej stanice a rozdelenie do výkonových radov

Pre producenta compactnej stanice je dôležité disponovať jednoduchým výrobným programom. Budúci užívateľ dostane do ponuky compactnú stanicu v dvoch výkonových radoch a dvoch odlišných funkčných prevedeniach. Výkonové rady sú rozdelené na výkon od 10 kW do 50 kW a od 50 kW do 150 kW. Zapojenie aj riadiaci systém vo výkonových radoch sú identické. Rozdiel vo výkonovom rade spočíva v dimenzii potrubí, armatúr a čerpadiel.



Obr. 0.1 Schéma zapojenia kompaktnej stanice nového SMART typu pri riadení tepelnej energie [Ing. Matej Kubica].

Umiestnenie prvkov ovládajúcich činnosť kompaktnej stanice

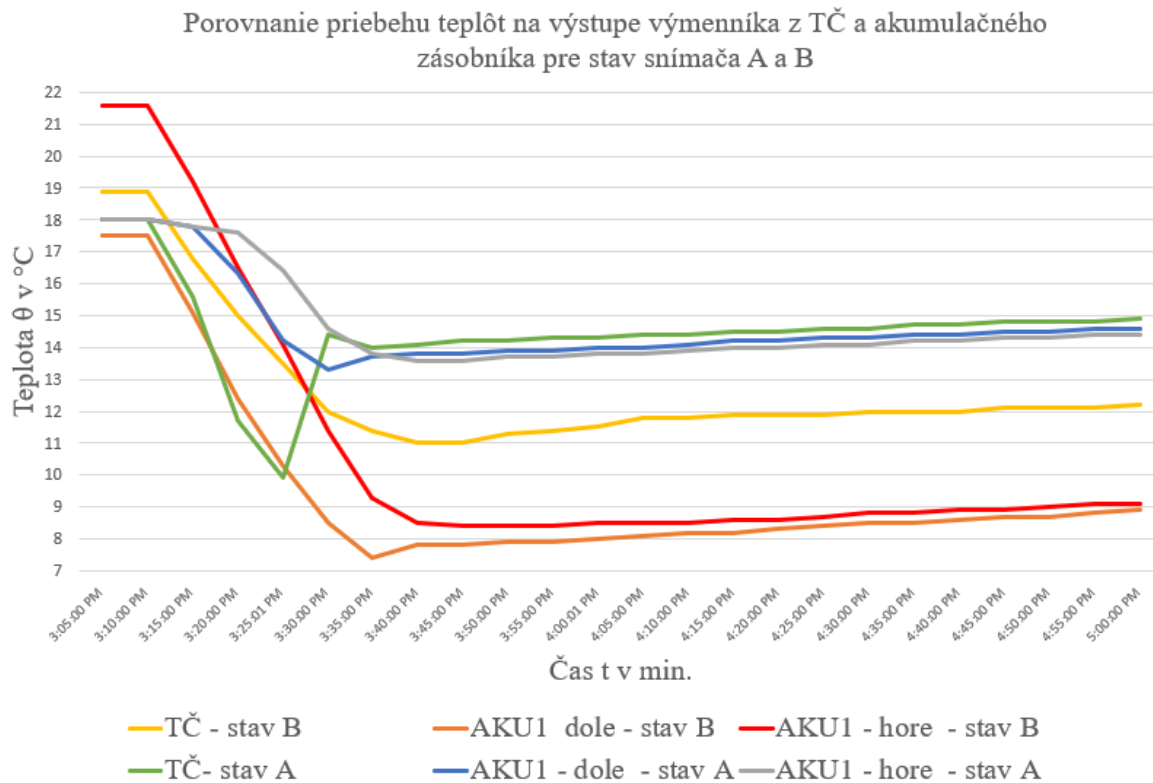
Klíčovým zásahom v prevádzke vykurovacieho alebo chladiaceho systému je oddelenie výroby tepla alebo chladu v zdroji od časti distribúcie do koncových prvkov. Táto úprava mohla nastať v dôsledku použitia akumulčných nádob, ktoré dovoľujú akumulovať energiu v podobe tepla alebo chladu. Týmto krokom sa dosiahnu nasledovné žiadané výsledky:

- Akumulácia aktuálne nevyužiteľného tepla a chladu,
- zmenšenie počtu spúšťacích cyklov zdrojov tepla alebo chladu.

Počas dňa, kedy vzniká zdroj tepelnej energie s takmer nulovými nákladmi a kedy je tepelná energia menej využitelná, tak je táto energia akumulovaná v krátkodobých zásobníkoch. Vykurovací systém vie energiu z krátkodobých zásobníkov využiť v čase kedy je potrebná. Tepelná energia z krátkodobých zásobníkov nahrádza zdroj tepla čiastočne alebo úplne. Energia z krátkodobých zásobníkov je uplatňovaná hlavne v prechodnom období roka a umožňuje dosahovať energetické úspory oddialením alebo skorším ukončením vykurovacieho obdobia.

Na základe analýzy nameraných hodnôt môžeme potvrdiť:

- Na Obr. 6.13 je porovnanie stavu A a B. Teplota v hornej a dolnej časti akumuláčného zásobníka je dlhšiu dobu odlišná pri stave B ako pri stave A. Pri stave B sme dosiahli požadovanú kapacitu akumuláčného zásobníka.



Obr. 0.1 Porovnanie priebehu teplôt na výstupe výmenníka z TČ a akumuláčného zásobníka pre stav ovládacieho snímača teploty A a B [Ing. Matej Kubica].

Na základe analýzy výsledkov vyslovujem nasledovné závery:

- Zmeny polohy snímača tepla alebo umiestnenie izolačnej podložky medzi snímač a potrubie, ktorý spúšťa tepelné čerpadlo, má zásadný vplyv na správnu dobu spustenia tepelného čerpadla
- Hlavným opatrením na zabránenie nedokonalému využitiu zásobníkov sú:
 - Softvérový zásah, ktorého prostredníctvom do posunu teplotného rozdielu na tepelnom senzore riadiacom činnosť tepelného čerpadla by sme dosiahli maximálny požadovaný výkon akumuláčnej nádrže. Softvérovým zásahom vieme v prípade potreby navyšovať alebo znižovať požadovanú kapacitu akumuláčnych zásobníkov bez fyzického zásahu do vykurovacej sústavy alebo jej riadiaceho systému.
 - Pri systémoch, ktoré nedovoľujú softvérový zásah je riešením zmena polohy snímača teploty, ktorý ovláda chod TČ, pričom platí, že čím ďalej sa snímač teploty nachádza od výmenníka na zdroji chladu, tým viac bude naplnená požiadavka využitia akumuláčného zásobníka.

- Pri systémoch, ktoré nedovoľujú softvérový zásah ani zmenu polohy snímača teploty, ktorý ovláda chod TČ je riešením umiestnenie izolačnej podložky medzi snímač teploty a potrubie na, ktorom je priložený. Takéto riešenie si vyžaduje ďalšiu kontrolu využitia kapacity akumulčných nádrží a zabezpečenie tepelnej izolácie snímača teploty voči teplote okolitého prostredia.

Vytvorenie rekapitulácie predpísaných úkonov pre programátora pre softvér riadiacej jednotky

Na základe existujúcich riadiacich systémov vykurovacích a chladiacich sústav ako aj na základe meraní na mobilnom laboratóriu. Riadiaci systém kompaktnej stanice pracuje na dvoch úrovniach.

Prvá úroveň riadenia kompaktnej stanice je rozdelená na 4 riadiace algoritmy alebo inak povedané aj režimov, ktoré sa striedajú v priebehu jedného roka šesťkrát. Prepínanie medzi algoritmi nastáva na základe priemernej dennej teploty vonkajšieho vzduchu po dlhšiu dobu ako 72 hodín, t.j. 3 dni a na základe priemernej teploty vnútorného vzduchu v referenčnej miestnosti.

Druhá úroveň riadenia je ekvitermická regulácia pomocou referenčných kriviek, podľa ktorých je na základe vonkajšej teploty vzduchu upravovaná teplota vykurovacej a chladiacej vody v sústave. Posunom ekvitermickej krivky po osi x a y alebo zmenou sklonu krivky docielime optimálne nastavenie vykurovacej a chladiacej vody.

Rekapitulácia predpísaných úkonov pre programátora pre riadiaci režim 1/2 prechodného obdobia

Základný účel režimu je akumulácie tepla v krátkodobých zásobníkoch, pričom:

- Primárny okruh zdrojov tepla a chladu:
 - V akumulčných zásobníkoch AKU1 a AKU2 ukladáme tepelnú energiu na maximálnu možnú teplotu kaskádovým spôsobom.
 - Pri práci tepelného zdroja je zapnuté obehové čerpadlo Č0.
 - Pri odstavení tepelného zdroja je vypnuté obehové čerpadlo Č0.
 - Vyššou prioritou je využívať uskladnenú tepelnú energiu počas drahšieho tarifného pásma vzťahujúceho sa na elektrickú sieť.
- Sekundárny okruh koncových prvkov:
 - Pri poklese teploty vzduchu v priestore s diferenciou väčšou ako je 0,5°C oproti požadovanej teplote vzduchu sa čerpadlá na strane vykurovania zapnú a otvoria sa ventily akumulčného zásobníka AKU2.

- Pri teplote vzduchu rovnej alebo vyššej s diferenciou väčšou ako je 0,5°C oproti požadovanej teplote vzduchu v priestore sa čerpadlá na strane vykurovania vypnú a zatvoria sa ventily akumulačného zásobníka AKU2.
- Príprava teplej vody:
 - Teplá voda je pripravovaná priamou cestou mimo akumulačných zásobníkov.
 - Tepelná energia z akumulačného zásobníka je prioritne určené na vykurovanie.

Tab. 0.1 Podklad pre programátora na 1. polovicu prechodného režimu na vytvorenie riadiaceho softvéru [Ing. Matej Kubica].

Prechodný režim 1./2 (severna pologula, mierne až teple podnebie pásmo)			
Mesiace (orientačne)	Začiatok	Koniec	Poznámka
2.3.4.	príemerná denná teplota vzduchu nad 5°C (konfig.) po dobu 2 dní a keď 2 dni za sebou bude nabitie zásobníkov postačovať na pokrytie celodenných strát budovy a keď teplota v referenčnej miestnosti bude nad 17°C	príemerná denná teplota vzduchu nad 10°C (konfig.) po dobu 2 dní a keď 2 dni za sebou bude nabitie zásobníkov zo zásobníka tepla AKU2 postačovať na pokrytie celodenných strát budovy a teplota v referenčnej miestnosti bude nad 20°C	
Strana koncových prvkov	Ak MT1 < MT1 _{pož} tak C1,C2,C3,C5 zapnute, PV14,15,18,19 otvoreny Ak MT1 > MT1 _{pož} tak C1,C2,C3,C5 vypnute, PV14,15,18,19 zatvorene Ak MT1 > MT1 _{pož} + 6°C tak užívateľ otvorí okno a vyvetrá Teplota vykurovacej vody vo vetvách konfigurovateľná Nastaviť spúšťanie a vypínanie čerpadla na režim 1 hodina(konfigurovateľný rozsah) vypnuté, 15 minút(konfigurovateľný rozsah) zapnuté,	Teplota exteriéru nie je vysoká, vysoká je radiácia	Pri vysokej insolácii
Strana Vyroby	v prípade zníženi pod 500 Ppm CO2 v priestore kureníe/chladienie vypnut V obidvoch zásobníkoch akumulujeme teplo Ak je Zdroj aktívny tak CO zapnute, po východe slnka Ak je Zdroj vypnutý tak CO vypnute, pre solar po zotmeni	útlm MT1 _{pož} = 17°C nastaviť podľa datumu a polohy inštalácie k.zar. nastaviť podľa datumu a polohy inštalácie k.zar.	Dovolenka, systém prejde do útlmu
Ohrev TV	ak nastane pokles pod T _{min} prepnúť na režim ohrevu TV zapnutý zdroj TC kureníe, solar, CO, C4, PV20,PV21 otvoreny všetky ostatne pozatvarane, iba priama cesta akumulacia na 65°C, po dosiahnutí T _{max} prepnúť na režim vykurovania		
Vetranie	nastavenie hygienického minima n/V v prípade zvýšenia nad 1000 Ppm CO2 v priestore zvýšiť výkon na maximum po dobu 10 minút v prípade zníženi pod 500 Ppm CO2 v priestore vetranie odpojiť	vetraním zatiaľ budeme ovládať iba koncentráciu CO2 vo vzduchu	

Dosiahnuté výsledky

Výsledky dizertačnej práce sú spracované v dvoch úrovniach:

1. pre vedný odbor
2. pre spoločenskú prax

Výstupy pre vedný odbor

Výstupy dizertačnej práce pre vedný odbor sú:

- **Variety schém zapojení** kompaktných tepelných staníc nového smart typu pre rôzne technické riešenia energetických systémov v kapitole 4.
- **Databáza výsledkov experimentálnych meraní** konštrukčných modelov kompaktných tepelných staníc nového smart typu pre rôzne technické riešenia energetických systémov v kapitolách 5.

- **Optimalizácia a korekcia** schém zapojení kompaktných tepelných staníc nového smart typu pre rôzne technické riešenia energetických systémov v kapitole 6.
- **Príspevok k voľbe, výpočtu, návrhu a posúdeniu prvkov** pre kompaktné stanice tepla nového smart typu v kapitole 6.
- **Odporúčania pre ďalší rozvoj vednej disciplíny** v čiastkových záveroch kapitoly 6.

Výstupy pre spoločenskú prax

Výstupy dizertačnej práce pre spoločenskú prax sú:

- **Návrh** a posúdenie prvkov kompaktných staníc tepla nového smart typu v kapitole 6.
- **Špecifikácia skladby kompaktnej stanice** tepla nového smart typu v kapitole 6.
- **Návrh riešenia kompaktnej stanice** tepla nového smart typu so základným výrobným programom v kapitole 6.
- **Vytvorenie predpísaných krokov pre programátora** pre softvér riadiacej jednotky kompaktnej stanice tepla nového smart typu v kapitole 7.

Záver

Nová kompaktná stanica má predstavovať nový riadiaci prvok vo vykurovacej alebo chladiacej sústave, ktorý bude umiestnený medzi zdrojom tepla a chladu, koncovými prvkami a akumuláčnými prvkami. Práca prináša prepracované návrhy výrobného programu, návrh časti kompaktnej stanice a rekapituláciu úkonov pre programátora na vytvorenie riadiaceho systému. Kompaktná stanica je navrhovaná, tak aby vedela pracovať aj s budúcimi zdrojmi tepla a chladu, ktoré sa na našom trhu zatiaľ neobjavili. Kompaktná stanica má zjednodušiť a odbremeniť projekčnú sféru v návrhu energetického systému stavieb ako aj sféru správcov nehnuteľností pri prevádzkovaní energetických systémov budov a programátorov riadiacich systémov. Kompaktná stanica nezasahuje do riadiacich algoritmov zdrojov tepla, ale kombinuje a riadi teplo zo zdrojov na základe výstupnej teploty na potrubnej sieti.

Konštrukčné modely spájajú viacero zdrojov tepla a zdroj chladu s viacerými systémami odovzdávajúcimi teplo a chlad do priestoru. V modeloch je podstatným a odlišujúcim sa riešením od iných kompaktných staníc tepla spôsob akumulácie prebytočnej energie z obnoviteľných zdrojov energie. Takéto zapojenia neriešia súčasné kompaktné odovzdávacie stanice tepla.

Zakomponovaním predprogramovaného riadiaceho systému vykurovania a chladenia predchádzame potrebe zdĺhavého procesu programovania a riešime nedostatočné kapacity programátorov špecializujúcim sa na riadiace systémy budov na trhu.

V dizertačnej práci sú spracované experimentálne merania na mobilnom laboratóriu, ktoré je pomerným zmenšením rodinný alebo bytový dom. Porovnané trendy priebehu teplôt sú identické ako trendy na vysokopodlažných budovách so vzdialeným dispečingom. Avšak bolo by vhodné v ďalšom

postupe overiť priebehy teplôt a zistené nedostatky aj s kotolňami v rezidenčnej zástavbe. Kotolne v rezidenčnej zástavbe bývajú častokrát menej sledované ako administratívne budovy s prenajímanými priestormi. Úspory na prenajímaných budovách dovoľujú vlastníkom budov zvýšiť zisk z prenájmu. Naopak je to pri rezidenčnom bývaní, kedy snaha o úspory energie musí byť iniciovaná zo strany vlastníkov bytov. Vlastníci bytov si neuvedomujú, že audit kotolne stojí investičné náklady, ktoré nechcú vždy zdieľať. Samotný audit zastrešuje správca nehnuteľnosti, ktorý nie vždy vykazuje technickú spôsobilosť pre výkon svojej činnosti.

Dizertačná práca obsahuje široké spektrum smerov okolo kompaktných staníc a riadenia vykurovacích systémov. V každom určenom smere má dizertačná práca určený cieľ. Pri právnych a teoretických smeroch má dizertačná práca spracovanú problematiku a pri technických smeroch pribúda k cieľom aj spracovaná metodika meraní.

Dizertačná práca obsahuje sériu odporúčaní pre vedný odbor a spoločenskú prax a popisuje nové funkcie na spôsob diagnostiky inštalovaného výkonu v koncových prvkoch a zdrojoch tepla a chladu. Dizertačná práca ukazuje aj na dôležitú kontrolu využitia kapacity navrhovaných akumulčných zásobníkov a na spôsoby ako predchádzať chybám v komplikovanejších vykurovacích sústavách.

Dizertačná práca rozvíja prácu s progresívnymi technológiami akými sú sálavé veľkoplošné vysokoteplotné chladiace systémy. Na rozdiel od obdobnej výskumnej práce popísanej v kapitole 2.5., kde je skúmané za akých podmienok je možné aplikovať sálavé chladenie v tropickom podnebnom pásme, tak v dizertačnej práci je skúmaná výroba a spôsob akumulácia teplonosnej látky.

Výber použitej literatúry

- [1] MURTINGER, K., TRUXA, J.: Solární energie pro váš dům. Brno: ERA group s.r.o., 2005. ISBN: 80-7366-029-6.
- [2] KIEL, M.: Thermally aktive surface in architecture (Tepelne aktivovaný povrch v architektúre). New York, NY 10003: Princeton Architectural Press, 2010. ISBN 978-1-56898-880-1.
- [3] BABIAK, J., OLSEN, W.B., PETRÁŠ, D.: Low temperature heating and high temperature cooling. Guidebook.
- [4] WATTER, H.: Regenerative Energiesysteme : Springer Fachmedien Wiesbaden 2013. : s.273-304 ISBN 978-3-658-01484-1
- [5] QUASHNING, V.: Regenerative Energiesysteme : Hanser Verlag Munchen 2009. : s.161-234 ISBN 978-3-446-42151-6
- [6] TODOROVIC, B.: Towards zero energy buildings: New and retrofitted existing buildings. Towards zero energy buildings: New and retrofitted existing buildings. 2011, s. 7-14. ISBN 1-4577-0098-0
- [7] WAKUI, T. a kol.: Predictive management for energy supply networks using photovoltaics, heat pumps, and battery by two-stage stochastic programming and rule-based control. Energy. 2019, s. 1302-1319. ISSN 0360-5442 DOI: 10.1016/j.energy.2019.04.148

- [8] KRZACZEKA, M., KOWALCZUK, Z.: (2011). Thermal Barrier as a technique of indirect heating and cooling for residential buildings (Tepelná bariéra ako technika nepriameho vykurovania a chladenia v rodinných domoch). Energy and Buildings (Energia a stavby), r.2011
- [9] LEHMANN, B. , DORER, V., GWERDER, M., RENGGLI, F., TÖDTLI, J.: Thermally activated building systems (TABS): Energy efficiency as a function of control strategy, hydronic circuit topology and (cold) generation system. Applied Energy, journal homepage : www.elsevier.com/locate/apenergy, 2011. Page 180-191.
- [10] KALÚS, D.: Aplikácia aktívnej tepelnej ochrany v energeticky pasívnych domoch (EPD), In: TZB Haustechnik, rok. 15, č. 1, 2010, s. 47-50.

Zoznam publikovaných prác doktoranda

Uvedený zoznam obsahuje publikované práce autora vo forme výpisu z Akademického informačného systému a práce preložené na publikáciu.

- [1] KALÚS, D. -- TAKÁCS, J. -- STRAKOVÁ, Z. -- KUBICA, M. An intelligent facade system with active thermal protection for insulation systems with water or air as heat-transfer medium. Journal of Architecture and Civil Engineering, 5. s. 6--13.
- [2] KALÚS, D. -- KUBICA, M. Aplikace tepelně aktivních panelů v budovách s využitím OZE. TZB Haustechnik, 14. s. 26--28.
- [3] KALÚS, D. -- KUBICA, M. Aplikácia tepelne-aktívnych panelov v budovách s využitím OZE. In PETRÁŠ, D. -- ŠVECOVÁ, Z. Vykurovanie 2020. Bratislava: Slovenská spoločnosť pre techniku prostredia, 2020, s. 229--233. ISBN 978-80-89878-58-1.
- [4] KALÚS, D. -- STRAKOVÁ, Z. -- TAKÁCS, J. -- KUBICA, M. Building Structures with Internal Heat Source : Heat Insulating Panels with Active Regulation of Heat Transition. IRJES - International Refereed Journal of Engineering and Science, 9. s. 33--40.
- [5] KUBICA, M. -- OLÁH, J. Bytový dom. Bakalárska práca. 2015.
- [6] KUBICA, M. -- KALÚS, D. Comparison of production and storage of cold using heat pump. In ŠUHAJDOVÁ, E. -- NOVÁKOVÁ, J. -- VELIKOVSKÁ, K. -- MORAVČÍKOVÁ, S. -- KURUC, M. -- NOSEK, J. Juniorstav 2021. Brno: ECON publishing, 2021, s. 739--744. ISBN 978-80-86433-75-2.
- [7] KUBICA, M. -- KALÚS, D. Energetické aspekty sálavého chladenia a problémov s vysušovaním vzduchu v administratívnej budove. In PETRÁŠ, D. -- ŠVECOVÁ, Z. Vykurovanie 2019. Bratislava: Slovenská spoločnosť pre techniku prostredia, 2019, s. 473--476. ISBN 978-80-89878-42-0.
- [8] KUBICA, M. -- KALÚS, D. Energetické aspekty sálavého chlazení a problémy s vysušováním vzduchu v administrativní budově. TZB Haustechnik, 13. s. 16--17.

- [9] SÁNKA, I. -- KUBICA, M. Environmentálne hodnotenie kvality vnútorného prostredia v kancelárskych priestoroch. *TZB Haustechnik*, 27. s. 46--50.
- [10] KUBICA, M. Experimentálne merania na konštrukčných modeloch kompaktnej stanice tepla s použitím obnoviteľných zdrojov energie. In *Advances in Architectural, Civil and Environmental Engineering*. Bratislava: Spektrum STU, 2020, s. 283--291. ISBN 978-80-227-5052-3.
- [11] KALÚS, D. -- GAŠPARÍK, J. -- JANÍK, P. -- KUBICA, M. -- ŠŤASTNÝ, P. Innovative building technology implemented into facades with active thermal protection. *Sustainability [elektronický zdroj]*, 13. s. 8.
- [12] KALÚS, D. -- KUBICA, M. Inteligentný fasádny systém - tepelnoizolačné panely s aktívnym riadením prechodu tepla. *Eurostav*, 26. s. 16--21.
- [13] KUBICA, M. -- KALÚS, D. Meranie a optimalizácia kompaktnej stanice tepla s využitím obnoviteľných zdrojov tepla. Diplomová práca. 2017.
- [14] KUBICA, M. Porovnanie využitia kapacity vodných zásobníkov so zapojením s tepelným čerpadlom. In *Zborník abstraktov z 31. ročníka vedeckej konferencie Vnútorná klíma budov 2020*. Bratislava: Slovenská spoločnosť pre techniku prostredia, 2020, s. 67--68. ISBN 978-80-89878-68-0.
- [15] KUBICA, M. -- KALÚS, D. Preparation of construction models for compact heat station using RES. In ŠVECOVÁ, Z. *Indoor Climate of Buildings 2019*. Bratislava: SSTP, 2019, s. 217--223. ISBN 978-80-89878-55-0.
- [16] KUBICA, M. Príprava meraní na konštrukčných modeloch kompaktnej stanice tepla s použitím obnoviteľných zdrojov energie. In *Advances in Architectural, Civil and Environmental Engineering*. Bratislava: Spektrum STU, 2019, s. 225--231. ISBN 978-80-227-4972-5.
- [17] KUBICA, M. -- KALÚS, D. Príprava meraní pre kompaktnú stanicu tepla nového smart typu. In JÁNOŠKOVÁ, T. *Meranie a rozpočítanie tepla 2019*. Bratislava: SSTP, 2019, s. 107--114. ISBN 978-80-89878-52-9.
- [18] KUBICA, M. -- KALÚS, D. Sálavé chladenie v administratívnych budovách: aké úskalia prináša a ako predísť chybám pri aplikácii tohto typu chladenia?. *TZB Haustechnik*, 27. s. 40--41.
- [19] KALÚS, D. -- KURČOVÁ, M. -- STRAKOVÁ, Z. -- KUBICA, M. Thermally active interior panels with an integrated active area. *Slovak Journal of Civil Engineering*, 29. s. 42--47.
- [20] KALÚS, D. -- KUBICA, M. Verification of principles and comparison of different methods of cold distribution and accumulation using a heat pump. *Magyar Épületgépészet*, 70. s. 25--29.
- [21] KALÚS, D. -- KUBICA, M. Výskum a vývoj kompaktného energetického zariadenia s využitím OZE: 1. časť - experimentálne merania. *TZB Haustechnik*, 26. s. 44--47.
- [22] KALÚS, D. -- KUBICA, M. Výskum a vývoj kompaktného energetického zariadenia s využitím OZE: 2. časť - súčasný stav trhu a techniky v riešenej problematike. *TZB Haustechnik*, 26. s. 28--30.
- [23] KALÚS, D. -- KUBICA, M. Výskum a vývoj kompaktného energetického zariadenia s využitím OZE: 3. časť - zásobníky tepla/chladu a elektrickej energie. *TZB Haustechnik*, 26. s. 24--26.

[24] KALÚS, D. -- KUBICA, M. Využívanie OZE v energeticky aktívnych budovách. In ŠVECOVÁ, Z. Obnoviteľné zdroje energie 2019. Bratislava: SSTP, 2019, s. 35--40. ISBN 978-80-89878-45-1.

Práce predložené na publikáciu a podané na evidenciu :

[25] KALÚS, D. -- GAŠPARÍK, J. -- JANÍK, P. -- KUBICA, M. Experimental house EB2020 – research and experimental measurements of an energy roof, Energy and buildings, 2021, ISSN 0378-7788

[26] KALÚS, D. -- STRAKOVÁ, Z. -- KUBICA, M. Parametric Study of Heating and Cooling Capacity of Interior Thermally Active Panels, PPME - Periodica Polytechnica Mechanical Engineering, 2021, ISSN 3246051

[27] KALÚS, D. -- STRAKOVÁ, Z. -- KUBICA, M. Energy Balance of a Low Energy House with Building Structures with Active Heat Transfer Control, PPME - Periodica Polytechnica Mechanical Engineering, 2021, ISSN 3246051

[28] KALÚS, D. -- CVÍČELA, J. -- JANÍK, P. -- KUBICA, M. Research of Active Thermal Protection of Buildings, World Multidisciplinary Earth Sciences Symposium WMESS, 2021,

[29] KALÚS, D. -- CVÍČELA, J. -- JANÍK, P. -- KUBICA, M. Combined Building-Energy Systems with Heat Transfer Control by Building Constructions using RES, World Multidisciplinary Civil Engineering-Architecture-Urban Planning Symposium WMCAUS, 2021,

[30] KALÚS, D. -- JANÍK, P. -- KUBICA, M. Experimental Verification of Energy Efficiency of Energy Roof, Ground Heat Storage and Active Thermal Protection, World Multidisciplinary Civil Engineering-Architecture-Urban Planning Symposium WMCAUS, 2021,

[31] KALÚS, D. -- GAŠPARÍK, J. -- KUBICA, M. – Štastný P. Research and Development of Intelligent Compact Heating / Cooling Units Using Renewable Energy Sources, World Multidisciplinary Civil Engineering-Architecture-Urban Planning Symposium WMCAUS, 2021,