

Prof. Ing. Antonín Víteček, CSc., Dr.h.c.
katedra automatizační techniky a řízení
Fakulta strojní, VŠB-TU Ostrava
ul. 17. listopadu 15
708 33 Ostrava - Poruba
tel.: 597 323 485
e-mail: antonin.vitecek@vsb.cz

Oponentský posudek

disertační práce

Autor: **Ing. et Ing. Erik Král**

Téma: **Predikce parametrů distribuce tepla v systému
centrálního zásobování teplem**

Oponentský posudek je vypracován na základě dopisu děkana Fakulty aplikované informatiky UTB ve Zlíně pana prof. Ing. Vladimíra Vaška, CSc. ze dne 17. 9. 2013.

Disertační práce Ing. et Ing. Erika Krále „Predikce parametrů distribuce tepla v systému centrálního zásobování teplem“ má rozsah 117 stran. Použitá literatura obsahuje 74 položek. V seznamu vlastních publikací je uvedeno 15 položek, z toho 3 jsou časopisecké články publikované v domácích časopisech, 12 referátů na mezinárodních a domácích konferencích. Ve 4 případech je disertant jediným autorem.

1. Aktuálnost tématu disertační práce

Předložená disertační práce Ing. et Ing. Erika Krále se zabývá problémem predikce vybraných parametrů v systému centrálního zásobování teplem. Vzhledem k tomu, že v České republice jsou SCZT velmi rozšířené, řešení jejich nejrůznějších problémů je velmi důležité a aktuální s dopadem na úsporu energií i finančních nákladů. Samotná problematika řízení SCZT je teoreticky i výpočetně velmi náročná. Protože pro efektivní řízení jsou predikované hodnoty parametrů velmi důležité, proto téma disertační práce lze pokládat za významné a její výsledky za přínosné pro praxi.

- str. 33 indexy jsou nesrozumitelné;
- str. 33⁸ zřejmě má být ... $D_{vratá} = \dots$;
- str. 33 vztahy (7) a (8) nejsou rozměrově v pořádku;
- str. 34⁷ místo ... pracovního volna ... zřejmě má být ... pracovní den ...;
- str. 37-40 z důvodu lepšího porovnání by bylo vhodné obr. 4 – 6 vykreslit v jednom obrázku;
- str. 41_{6,7} místo ... pracovního volna ... zřejmě má být ... pracovní den ...;
- str. 43₅ místo ... pracovního volna ... zřejmě má být ... pracovní den ...;
- str. 48² místo ... střední čtvercové chyby ... vhodnější je ... střední kvadratické chyby;
- Co znamená d ve vztazích (10) a (11)?
 - K jaké hodnotě je vztažena relativní hodnota tepelného zatížení na obr. 4 -6?

Závěrečné hodnocení

Disertační práce Ing. et Ing. Erika Krále je zpracována na dobré odborné i formální úrovni. Přináší nové teoretické i praktické poznatky, ukazuje na jeho odbornou zdatnost a způsobilost k samostatné tvůrčí vědecké práci.

Disertační práce splňuje všechny podmínky pro disertační práce, a proto ji **doporučuji** k obhajobě.

V Ostravě 28. 9. 2013



Oponentní posudek, zpracoval Ing. Petr Neuman, CSc.

na disertační práci doktoranda Ing. Erika Krále, na téma:

„Predikce parametrů distribuce tepla v systému centrálního zásobování teplem“

The Prediction of Parameters for a District Heating System

Posudek obsahuje:

- a) Zhodnocení významu disertační práce pro obor,
- b) Vyjádření k postupu řešení problému, použitým metodám a splnění určeného cíle,
- c) Stanovisko k výsledkům disertační práce a k původnímu konkrétnímu přínosu předkladatele disertační práce,
- d) Vyjádření k systematice, přehlednosti, formální úpravě a jazykové úrovni disertační práce,
- e) Vyjádření k publikacím studenta,
- f) Jednoznačné vyjádření oponenta, zda doporučuje či nedoporučuje disertační práci k obhajobě.

Ad a)

Hodnocená disertační práce se zabývá predikcí parametrů distribuce tepla v systému centrálního zásobování teplem (SCZT). Model systému je popsán centrálním zdrojem tepla a zvolením (výpočtem) virtuálního těžiště spotřeby tepla, ke kterému se vztahuje plánování a řízení SCZT. Měřenými (vstupními) parametry jsou teplota topné vody, hmotnostní průtok a venkovní teplota vzduchu. Na základě těchto hodnot je vypočítáno tepelné zatížení v místě spotřeby a také rozdíl teplot na vstupu a výstupu do těžiště spotřeby systému.

Dále jsou zvoleny vhodné aproximační funkce tepelného zatížení a rozdílu teplot vstupní a výstupní vody v těžišti SCZT, jejichž parametry jsou nalezeny pomocí vybraných optimalizačních algoritmů. Tyto aproximační funkce jsou poté použity pro predikci teploty vratné vody a hmotnostního průtoku.

Vstupními veličinami predikce jsou zadaná teplota topné vody a venkovní teplota vzduchu. Součástí predikce je i určení hodnoty tepelného zatížení.

Kromě výpočtových metod a postupů se práce zabývá softwarovými metodami implementace navržených metod. Zvolené softwarové řešení má umožňovat mnohonásobné využití navržených modulů v aplikacích desktopových i klient-serverových.

Návrh a realizace systému také umožňuje agregaci zdrojů dat od různých poskytovatelů a v různých formátech bez nutnosti změny vlastní aplikační a prezentační logiky.

V praktické části je popsána implementace výpočtových a softwarových metod jako doplňku pro Microsoft Excel 2010 a vyšší. Základní moduly jsou přenositelné i pro jiné platformy, například mobilní telefony nebo tablety.

Vyvinutý softwarový nástroj má sloužit operátorům jako **simulátor** pro plánování a řízení teploty topné vody a také vedoucím pracovníkům jako nástroj pro podporu jejich rozhodování.

Oponent hodnotí význam disertační práce jako výrazný a užitečný pro daný obor, čímž plní jeden z navržených cílů celé práce.

Ad b)

Vyjádření k postupu řešení problému, použitým metodám a splnění určeného cíle je následující:

Disertant si zvolil náročný cíl (na rozdíl od většiny citovaných prací v části 2. Současný stav problematiky, které se zabývají především predikcí dodávaného tepla), protože cílem navržené

metody je predikovat nejen dodávané teplo, ale navíc i teplotu vratné vody a související průtok, a to dokonce i **bez podrobného modelování tepelné sítě**.

Struktura modelování tepelné sítě je ukázána na Obrázku 1 (str. 30/119), a popsána v kap. 4.1 SCZT, dle ČSN 38 33 50, rozdělení na podstruktury:

- Zdroje tepla (základní, špičkové),
- Rozvodné tepelné sítě,
- Předávací stanice (PS),
- Vnitřní zařízení včetně otopných těles, apod.

Rozvodná tepelná síť je definována jako „část tepelné sítě od zdroje tepla ke vstupu do PS“ („topná větev“, tepelné napáječe - **primární síť**), resp. jako „část tepelné sítě od výstupu předávací stanice zpět po vstup do zdroje tepla“ („vratná větev“, **sekundární síť** – *jež zpravidla obsahují i potrubí teplé užitkové vody TUV*).

Definovaný cíl asi již z principu vyčleňuje z použití **Deterministické dynamické modelování prostřednictvím fyzikálních principů** (druhým typem je podle uvedeného popisu **Stochastické dynamické modelování**, které se však týká především popisu chování uživatelů).

Přesto oponent dává k úvaze, že primární okruh nepředstavuje jenom zdroj tepla (základní zdroje většinou realizované s využitím teplotěných parních uhelných kotlů, špičkové zdroje realizované na bázi plynových – záložních – výtopenských kotlů), ale také parní turbíny (kondenzační, s regulovaným odběrem, nebo protitlakové), dále hlavní výměňkovou stanicí HVS (se základními ohříváky ZO a špičkovými ohříváky ŠO, redukčními stanicemi RS) a pak také primární část distribuční soustavy, topné větve - ve většině případů tzv. „dálkový horkovod“.

A právě „dálkový horkovod“ způsobuje velké dopravní zpoždění přenosu tepla ze zdroje k „tepelnému výměníku“, tzn. k předávací stanici (PS) mezi primárním a sekundárním okruhem, které způsobuje problémy s regulací tepelného zdroje.

Z těchto důvodů je naplnění cílů práce velmi náročné, celý systém SCZT je rozsáhlý a složitý. Zejména pak centrální zdroj tepla je svým chováním nelineární dynamický prvek.

Naopak spotřeba tepla (spotřebitelé) se chovají „stochasticky“.

Z tohoto důvodu bych viděl jako možné a užitečné modelovat:

- „centrální zdroj tepla“ a „primární síť“ na základě fyzikálních principů („first principles“, zákony zachování hmoty, hybnosti a energie), a
- sekundární část jako stochastický systém.

Otázka na disertanta: Zabýval se rovněž „fyzikálním modelováním“, a pokud ano z jakých důvodů nebylo toto modelování použito?

Některé detailnější poznámky a otázky ke zvolenému postupu řešení, použitým metodám a splnění určeného cíle:

Velikost dodávaného tepelného výkonu do primární sítě; podle Saarinen [15] – viz jeho rovnice (5), kap. 2.3.3; disertant uvádí ve tvaru:

$$Q_{\text{dodávaný}}(t) = c_p m \dot{T}(t) (\vartheta_{\text{topná}}(t) - \vartheta_{\text{vratná}}(t)) \quad (1)$$

Oponent by však chtěl upozornit na skutečnost, že Saarinen [15] ale nepracuje jen s tepelným výkonem, ale rovněž s teplotou media a hlavně s **elektrickým výstupem ze zdroje** (kap. 2.2 Supply temperature and electricity output):

The supply temperature to the district heating network affects the electricity efficiency of the turbine in a combined heat and power (CHP) plant, since it affects the temperature at which the steam condenses.

The electricity output of a steam turbine depends on the mass flow of steam through the turbine, the efficiency of the turbine and generator, and the pressure- and temperature difference of the steam before and after the turbine:

$$P = \eta m (\dot{h}_1 - \dot{h}_2) \quad (1)$$

Je to dáno právě tím, co již bylo uvedeno, že v centrálním zdroji SCZT jsou používány parní turbíny, buďto kondenzační, kondenzační s regulovaným odběrem, nebo **protitlakové**, u kterých nelze oddělit výrobu tepelné a elektrické energie.

Výroba elektřiny je u protitlakých turbin **závislá** na výrobě tepla (viz [15]).

The α -value is a commonly used measure of the electricity efficiency of a heat and power plant. It is defined as

$$\alpha = \frac{P_e}{P_{tot}} \quad \text{with} \quad P_e = \frac{P_{tot} + P_c}{\eta} \quad (3)$$

POZN: Tuto skutečnost disertační práce neuvažuje a pracuje pouze s výrobou tepla (což je pravda jen u tzv. výtopen).

Centrální zdroje pro SCZT jsou však v naprosté většině teplárenské kotle, vyrábějící jak teplo, tak i elektřinu !!

Dopravní zpoždění je počítáno správně (na rozdíl od Pojednání k doktorské disertační práci, obhájené dne 23.6.2011), v souladu s uvedenou referenční literaturou [15].

Ad c)

Původní přínos předkladatele disertační práce spočívá v oblasti Aproximace tepelného zatížení.

V disertaci jsou navržené a vyvinuté metody ověřeny na datech ze dvou nezávislých SCZT.

I. Na datech pro SCZT A pro období 1. 11. 2010 až 31. 3. 2011.
(Kap. 4.4, 4.5, 4.6, 4.7, ..., 7.2, 7.3)

II. Na datech pro SCZT B v období od 1. 11. 2006 do 31. 3. 2007.
(Kap. 7.2, 7.3)

V kap. 7.3 – Ověření identifikace a predikce je konstatováno, že při srovnání výsledků vychází aproximace i predikce lépe pro SCZT A než pro SCZT B, což je výraznější především u průtoku.

Naopak nejnižší rozdíly v kvalitě predikce (dle vypočtených hodnot RMSE a MAPE) jsou u teploty vratné vody.

Průtok SCZT A se liší od SCZT B svým průběhem, kdy SCZT B má menší ranní a večerní špičky, což může způsobovat horší kvalitu predikce.

Toto hodnocení musí oponent akceptovat, ale nemůže posoudit hlubší příčiny, jejich analýzu a návrh dalších opatření, protože soustavy SCZT A i B jsou anonymní a není nic uvedeno o jejich konfiguraci zdroje i vlastní soustavy SCZT.

Na druhé straně lze však tedy potvrdit, že byl splněn cíl disertace a to predikce dodávaného tepla, teploty vratné vody a související průtok topného média, a to **bez podrobné technologické znalosti dané SCZT, tedy také i bez podrobného modelování tepelné sítě, vše pouze z naměřených anonymních provozních dat.**

V budoucnu by s ohledem na aktuální problémy a výzvy v současné a budoucí energetice ČR by uvedené metody měly být dále rozvíjeny a poté zejména aplikovány do provozu SCZT.

V této souvislosti upozorňuji na to, že disertant v Závěru deklaruje další práce, které se zaměří na testování vlivů dalších faktorů, především meteorologických a sociálních na tepelné zatížení. Dále bude prozkoumána možnost automatického určování těžiště SCZT a možnosti zpřesnění předpovědi v přechodovém období na začátku a konci topného období.

Otázka na disertanta tedy je, v jakém projektu bude tato práce realizována, když vlastní disertace již byla ukončena a obhájena (dle předpokladu hodnotitele)?

Ad d)

Z pohledu systematického a přehledného zpracování, formální úpravy, není vhodné, či nutné opakovat příliš často určité formulace či věty. Např.:

ABSTRAKT (str.3/119): Vyvinutý softwarový nástroj potom slouží operátorům jako **simulátor pro plánování teploty topné vody a také vedoucím pracovníkům jako nástroj pro podporu jejich rozhodování.**

ABSTRACT (str. 4/119): The predicted values are used by plant operators as a **simulation tool** for heat source output temperature planning. The software tool as developed, can also be used by management as a decision-making support tool.

1. ÚVOD (str. 21/119): softwarového nástroje, který může v praxi sloužit operátorům a vedoucím pracovníkům SCZT jako **simulátor pro plánování teploty topné vody** díky predikci teploty vratné vody a hmotnostního průtoku.

3. CÍLE DOKTORSKÉ DISERTAČNÍ PRÁCE (str. 30/119): **simulátor pro plánování teploty topné vody a také vedoucím pracovníkům jako nástroj pro podporu jejich rozhodování.**

ZÁVĚR (str. 99/119): **simulátor pro plánování teploty topné vody a také vedoucím pracovníkům jako nástroj pro podporu jejich rozhodování.**

HLAVNÍ VÝSLEDKY PRÁCE (str. 100/119): **simulátor pro plánování teploty topné vody a také vedoucím pracovníkům jako nástroj pro podporu jejich rozhodování.**

PŘÍNOS PRÁCE PRO VĚDU A PRAXI (str. 101/119): **simulátor pro plánování teploty topné vody a také vedoucím pracovníkům jako nástroj pro podporu jejich rozhodování.**

Vzhledem k počtu opakování textace ... „simulátor pro ...“ (opakováno 6x, z toho 5x ve zcela totožné verzi) bych předpokládal, že „simulátor“ je hlavním „cílem, výsledkem práce, přínosem pro vědu a praxi“. To však z kontextu celé disertace nevyplývá, protože jinak o „simulátoru“ jako takovém (tj. softwarový nástroj, který **prostřednictvím vhodného systému SCADA slouží operátorům a vedoucím pracovníkům**) v disertaci téměř nic není!

VYSVĚTLIVKA: Je však pravdou, že termín „Simulátor“ není v Česku pojmově vyjasněn, na rozdíl od anglického zahraničí, kdy „Operator / Dispatcher Training Simulator“ je jednoznačný. V Česku jsou používány termíny SIMULÁTOR a TRENAŽÉR.

V **energetice** je **simulátor** myšlen jako „Inženýrský simulátor“, přesně modelovaný, ale pouze s rozhraním SCADA pro inženýra. Simulace nemusí probíhat v reálném čase.

V **energetice** je naopak **trenažér** myšlen jako „Operátorský / Dispečerský simulátor“, přesně modelovaný, ale s rozhraním SCADA pro operativní obsluhu (operátora – topiče, strojníka; nebo dispečera elektro). Simulace musí bezpodmínečně probíhat v reálném čase.

Oponent se domnívá, že použité prostředí Micropsoft Visual Studio 2012 (MVS 2012) s využitím NET Framework, není vhodný nástroj pro realizaci provozní verze SCADA. V disertační práci jsou uvedena pouze jednotlivá Uživatelská rozhraní modulů:

- Obr.26 ... tepelného zatížení,
- Obr.28 ... rozdílu teplot,
- Obr.30 ... predikce.

Celkové uživatelské rozhraní SCADA pro operátory a vedoucí pracovníky SCZT řešeno nebylo.

POZN: Je evidentní, že disertanta ovlivnila jeho profesní etapa v letech 2003 – 2008, kdy byl zaměstnán jako smluvní programátor - vývojář softwaru (MS SQL Server, MS Navision DB) u společnosti Profi, s.r.o. Zlín.

Pojmově oponent tedy namítá, že nejde o „simulátor“ (jak je v textu deklarováno, ale o „softwarový nástroj“, který by mohl být základem pro vývoj provozně využitelného simulátoru.

Pro realizaci provozního „simulátoru“ jako podpůrného nástroje by bylo ještě potřebné vybrat „optimální metodu či kombinaci“, dlouhodobě ověřit v provozu, vybrat vhodnou SW platformu, ověřit serverovou aplikaci, vybrat nebo vyvinout vhodný systém SCADA, a teprve pak by výsledky byly přímo aplikovatelné pro provozní a trvalé nasazení.

PŘÍNOS PRÁCE PRO VĚDU A PRAXI

... Přínosem pro praxi je vytvoření softwarového nástroje, sloužícího operátorům SCZT jako simulátor pro plánování teploty topné vody a také vedoucím pracovníkům jako nástroj pro podporu jejich rozhodování. Zvolené metody architektury aplikace, návrhové vzory a techniky umožňují znovuvyužití vytvořených vzorových aplikačních modulů v desktopových, webových nebo mobilních aplikacích a to jak ve variantě tlustého i tenkého klienta architektury klient-server. Návrh umožňuje také agregaci zdrojů dat od různých poskytovatelů a v různých formátech bez nutnosti změny vlastní aplikační a prezentační vrstvy.

Ad e)

Disertant uvádí, že práce navazuje především na následující autory (27/119):

[13] DOTZAUER, Erik. Simple model for prediction of loads in district-heating systems. *Applied Energy*. 2002, 73, s. 277-284

[15] SAARINEN, Linn. *Modelling and control of a district heating system*. Uppsala, 2008. 67 s. Diplomová práce. Uppsala University. ISSN 1650-8300.
mám

[19] ŠÍPAL, Jaroslav. *Modelování dodávky tepelné energie do sítě centralizovaného zásobování teplem: Computer-based adaptive prediction of consumption in heat station networks : teze habilitační práce*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2008, 32 s. ISBN 978-80-7318-775-0.

[20] CHRAMCOV, Bronislav. *Algoritmy řízení ve výrobě a rozvodu tepla - předpověď denního diagramu dodávky tepla*. Zlín, 2006. disertační práce (Ph.D.). Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Fakulta aplikované informatiky.

[21] CHRAMCOV, Bronislav. Identification of time series model of heat demand using Mathematica environment. *In Recent Researches in Automatic Control*. Montreux : WSEAS Press, 2011, s. 346-351. ISBN 978-1-61804-004-6.

mám

Stejně jako ve zdroji [13] a [15] využívá disertant aproximačních funkcí pro modelování dodávaného tepla. Cílem je ovšem na rozdíl od zdroje [13] snížení počtu parametrů.

Dalším cílem je snadná interpretace parametrů modelu, což není možné například u metod černých skříněk, jako jsou například neuronové sítě. Jak již bylo uvedeno, tak cílem je Zatímco se všechny zmíněné zdroje zabývají především predikcí dodávaného tepla, tak cílem navržené metody je, i bez podrobného modelování tepelné sítě, predikovat dodávané teplo a navíc i teplotu vratné vody a souvisejícího průtoku.

Ad f)

**Cíle byly splněny a proto
doporučuji disertační práci k obhajobě.**

Oponent: Petr Neuman

Zpracováno dne: 27.9.2013

V Praze



vlastnoruční podpis oponenta

Oponentní posudek disertační práce Ing. et Ing. Erika Krále

„Predikce parametrů distribuce tepla v systému centrálního zásobování teplem“

Disertační práce Erika Krále je zaměřena do oblasti centrálního zásobování teplem a je zřejmé, že parametry vytápění do značné míry závisí na venkovní teplotě. Protože tepelné procesy jsou charakteristické pomalými změnami, kdy na prudké změny venkovní teploty (a je známé, z nedávné historie, že během jedné noci venkovní poklesla o -20 °C) nelze stejně rychle reagovat změnou tepelného výkonu, hraje důležitou roli v zásobování teplem schopnost predikce změn venkovní teploty tak, aby tepelný systém mohl s využitím této informace vhodně nastavit své parametry. Vzhledem k tomu, že ani meteorologické předpovědi nejsou zárukou přesných údajů, je samozřejmé, že predikce je zatížena značnou mírou nejistoty, která ovlivňuje efektivního nasazení tepelných kapacit v centrálním zásobování teplem a má také své vyjádření v ekonomické stránce provozování tepelných zařízení.

Vzhledem k náročnosti zkoumané problematiky, kterou navíc komplikuje dopravní zpoždění při distribuci tepla a nutnost odhadovat tepelné zatížení, je zaměření práce přínosné, jak po teoretické, tak i praktické stránce, s jasnými ekonomickými dopady a při návrhu metod, které přinesou „dostatečně spolehlivou“ predikci parametrů distribuce tepla, je práce disertabilní.

V kapitole 2 autor přináší rešerši prací ze zkoumané problematiky, které se značně liší použitými metodami, jak v pohledu na celý systém distribuce, tak přístupy a nástroje k predikci parametrů.

Mezi cíle práce v kapitole 3, které přirozeně vyplývají ze zkoumané problematiky, autor zařadil i vypracování uživatelského programu pro predikci parametrů distribuce tepla, který umožní praktické využití navržených metod, včetně testování (a ověření) metod na konkrétních systémech centrálního zásobování teplem (SCZT).

Ve 4. kapitole disertant shrnuje nezbytné vztahy, např. pro určení tepelného zatížení a dopravního zpoždění, a metody aproximace závislosti tepelného zatížení na venkovní teplotě vzduchu. K určení koeficientů aproximačních funkcí prezentuje přístup využívající hejnový optimalizační algoritmus (Particle Swarm Optimisation), řešení pomocí diferenciální evoluce a algoritmu SOMA a podrobně rozebírá nastavení parametrů těchto algoritmů.

Kapitola 5 má pouze 2 strany a autor ji sem zařadil zřejmě jen proto, aby vyložil, co míní pojmem identifikace modelu.

Těžištěm realizační části práce jsou kapitoly 6 a 7, kde autor vychází z teoretických poznatků a podrobně rozebírá vyvinutou softwarovou podporu predikce. Disertant ji implementoval modulárně v prostředí Microsoft Visual Studio 2012 s využitím .NET Framework a s možností rozšiřovat její funkčnost. Zaměřil se také na zvýšení výpočetního výkonu paralelizací optimalizačního algoritmu. V 7. kapitole disertant přináší výsledky experimentů získané výše uvedenými optimalizačními metodami.

Práce má velmi dobrou grafickou a jazykovou úroveň, chyby a překlepy jsou ojedinělé, např. na str. 22 ve větě „Tyto ztráty jsou stabilní v čase ale přesto významné.“ má být čárka před „ale“; na str. 56 místo „aproximačních“ má být „aproximačních“+ na str. 59 ve spojení „testovat zda“ má být čárka před „zda“.

Formální připomínka:

- Typografie zavedených symbolů v některých případech nedodržuje zvyklosti (písmena kurzívou, čísla a funkce normálním stylem).

Dotazy na disertanta:

1. Za kritérium optimality zřejmě považujete přesnost predikce. Neměly by zde také vystupovat ekonomické ukazatele? Nezměnil by se pak jednokriteriální problém na vícekriteriální?
2. Jsou výsledky predikce z údaje topné sezóny 1. 11. 2006 do 31. 3. 2007 přenositelné i pro dnešní dobu?
3. Na str. 85 píšete, že „Byly otestovány všechny kombinace aproximačních funkcí a evolučních algoritmů.“ Jak by uživatel měl najít „správné“ nastavení predikčního algoritmu?
4. Bude vaše aplikace komerčně využívána?

Závěr:

Lze konstatovat, že Ing. et Ing. Erik Král prokázal schopnost a připravenost k samostatné činnosti v oblasti výzkumu a vývoje a programátorskou zdatnost navrhnout a implementovat aplikaci, kterou lze nasadit do praktického provozu a která přispěje k úsporám v nákladech na vytápění. Disertační práce splňuje podmínky § 47 Zákona o vysokých školách č. 111/1998 Sb., její podstatné části byly publikovány na mezinárodním fóru v 15 člancích, a to včetně takových, které jsou registrovány v prestižních databázích Web of Science a SCOPUS, a proto ji

doporučuji k obhajobě

před komisí doktorského studijního oboru Technická kybernetika

V Brně dne 9. října 2013

Prof. RNDr. Ing. Miloš Šeda, Ph.D.
Ústav automatizace a informatiky
Fakulta strojního inženýrství VUT v Brně