**Model otopné soustavy rodinného domu**

**Milan Poláček**

# Zadání

Pomocí modelu nalezněte optimální počet senzorů teploty pro regulaci teploty v otopném systému. Dále zjistěte jejich vhodné umístění pro nejoptimálnější provoz (ekonomičnost a rychlost vytopení na požadovanou teplotu).

Základním úkolem této semestrální práce je najít optimální nastavení všech termostatických hlavic, abychom dosáhli podobných teplot v pokojích.

V případě splnění základní úlohy se pokuste porovnat s dalšími způsoby řízení otopné soustavy.

Jedním z možných doplnění řešení této úlohy je doplnění radiátorů o temohlavice řízené skrze centrální řídící jednotku. Úkolem tohoto řešení je nalézt nutný počet termohlavic pro nejekonomičtější provoz.

Dalším možným doplněním řešením této úlohy je o řízení systému podle ekvitermní křivky.

Pro řešení úlohy je doporučeno využít knihovnu Modelica Buildings.

Model implementujte s dostatečnou robustností a patřičnou abstrakcí. Předpokládejte tedy lineární úniky tepla z místností, homogenní míchání, předměty bez imperfekce materiálu a aplikuje vhodný teplotní spád soustavy.

Diskutujte ekonomičnost řešení při využití nižšího počtu termohlavic. Diskutujte další možné doplňky systému.

|  |
| --- |
| C:\Users\Milhouse\Documents\Schule\FEL\21rocnik\MOS\Semestralka\blokove schema.png |
| 1. Diagram blokového schématu radiátorů [[1]](#footnote-1) |

# Abstract

asdasda

# Úvod

Cílem této semestrální práce bylo modelování současné otopné soustavy rodinného domu, ve kterém bydlím (viz obrázek 1). S využitím knihovny Modelica Buildings jsem tento model měl následně rozšířit na návrh řešení pro ekonomické řešení rekonstrukce. Kvůli komplexnosti knihovny Modelica Buildings, mým slabým znalostem otopných soustav a nevhodně zvolených modelovacích prostředků jsem byl schopen vytvořit jen jednoduchý model otopné soustavy s jedním radiátorem a kotlem.

|  |
| --- |
| C:\Users\Milhouse\AppData\Local\Microsoft\Windows\INetCache\Content.Word\Výkres2.jpg |
| 1. Obrázek blokové schéma otopné aktuálního stavu |

# Teoretický úvod

Základními prvky každé otopné soustavy je ze zdroj tepla, potrubní síť a spotřebiče tepla.

Zdroje tepla, se kterými se v České Republice setkáváme, jsou nejčastěji kotle na pevná, plynná nebo kapalná paliva. V neposlední řadě jsou to v současné době stále populárnější tepelná čerpadla.

Potrubní sítě rozdělujeme podle způsobu propojení otopných těles na jednotrubkové, dvoutrubkové a vícetrubkové. Dále je rozdělujeme podle pracovní teploty, tlaku, konstrukce expansní nádoby atd.

Spotřebiče tepla respektive otopná tělesa můžeme rozdělit na článková, desková, trubková a konvektory.

Podrobnější rozdělení teplovodních otopných soustav můžete vidět na diagramu 2.

|  |
| --- |
|  |
| 1. Diagram rozdělení otopných soustav[[2]](#footnote-2) |

Dalšími součástmi otopných soustav jsou ventily, senzory tlaku, senzory teploty a řídící jednotky.

Pro nejvěrnější zjednodušený model běžné domácí otopné soustavy jsem tedy zvolil soustavu s otopným médiem vodou, nuceným oběhem, jedním ventilem a jedním radiátorem. Součástí otopné soustavy je expansní nádrž, zdroj tepla a senzor teploty. Jedná se tedy o jednotrubkový průtočný systém.

# Řešení

V modelu otopné soustavy jsem zvolil pro médium běžnou vodu z knihoven Modelica Buildings (Buildings.Media.Water). Pro model bylo nutné nastavit počáteční (nominální) hodnoty některých, které jsem za pomoci vzorových modelů v Modelica Buildings zadal. Jednalo se o hmotnostní průtok, který jsem nastavil podle vzorce, který jsem našel v jednom z příkladů (viz vzorec 1).

|  |  |
| --- | --- |
| m\_flow\_nominal=  Q\_flow\_nominal/(T\_a\_nominal-T\_b\_nominal)/MediumW.cp\_const | (1) |

Ten je počítán z nominálního výkonu (Q\_flow\_nominal) pro radiátor, který je 500 W. Dále ze vstupní teploty (T\_a\_nominal) média (vody) do radiátoru tedy 40 °C [[3]](#footnote-3), výstupní teploty (T\_b\_nominal) média z radiátoru a to 30 °C a konstanty měrné tepelné kapacity vody při konstantním tlaku (MediumW.cp\_const ) [[4]](#footnote-4).

Další konstantou je tlaková ztráta (dp\_nominal), kterou jsem zvolil opět podle vzorového modelu a to 3000 Pa.

Pro radiátor bylo ještě nutno nastavit parametr teploty vzduchu (TRoo), který je 20 °C.

Expansní nádobu jsem naplnil 1 m3 a nastavil tlak na 1 bar.

Ventil jsem nechal pro tuto jednoduchou simulaci stále otevřený, a proto jsem na jeho vstup přivedl konstantu 1.

Motoru jsem nastavil růst tlaku po 1 Pa. Ostatní parametry jsem zadal dle konstant (dp\_nominal a m\_flow\_nominal).

Jak je vidět na obrázku 2 model obsahuje bloky (submodely, modely) jak z knihovny Modelica, tak Modelica Buildings. Protože knihovna Modelica Buildings dědí z některých modelů knihovny Modelica a nemůže tedy bez této knihovny fungovat je logické, že neimplementuje modely konstant, model pulsů a model fixní teploty, které jsem využil. Z knihovny Modelica Buildings jsem využil:

* model radiátoru (*Buildings.Fluid.HeatExchangers.Radiators.RadiatorEN442\_2*)
* expansní nádrže (*Buildings.Fluid.Storage.ExpansionVessel*)
* rezistenci vedení (*Buildings.Fluid.FixedResistances.FixedResistanceDpM*)
* čerpadlo nuceného oběhu (*Buildings.Fluid.Movers.FlowControlled\_dp*)
* teplotní senzor (*Buildings.Fluid.Sensors.TemperatureTwoPort*)
* výměník tepla jako zdroj tepla soustavy (*Buildings.Fluid.HeatExchangers.HeaterCooler\_T*)

|  |
| --- |
|  |
| 1. Obrázek zjednodušeného modelu otopné soustavy |

Model jsem podrobil základním simulacím spínání ohřevu a sledoval množství předaného výkonu v soustavě v závislosti na časech a délce sepnutí ohřevu média (viz Obrázky 3 – 10).

|  |
| --- |
| C:\Users\Milhouse\Documents\Scholla\___FEL\21rocnik\MOS\Projekt\img\simulaceA3.png |
| 1. Obrázek grafu spouštění ohřevu média v čase na zdroji tepla (1. simulace) |

|  |
| --- |
| C:\Users\Milhouse\Documents\Scholla\___FEL\21rocnik\MOS\Projekt\img\simulaceA2.png |
| 1. Obrázek grafu tepelného výkonu zdroje tepla v čase (1. simulace) |

|  |
| --- |
| C:\Users\Milhouse\Documents\Scholla\___FEL\21rocnik\MOS\Projekt\img\simulaceA4.png |
| 1. Obrázek grafu teploty média na vstupu a výstupu radiátoru (1. simulace) |

|  |
| --- |
| C:\Users\Milhouse\Documents\Scholla\___FEL\21rocnik\MOS\Projekt\img\simulaceA1.png |
| 1. Obrázek grafu tepelného přenosu výkonu předaného prostředí radiátorem v čase (1. simulace) |

|  |
| --- |
| C:\Users\Milhouse\Documents\Scholla\___FEL\21rocnik\MOS\Projekt\img\simulaceB3.png |
| 1. Obrázek grafu spouštění ohřevu média v čase na zdroji tepla (2. simulace) |

|  |
| --- |
| C:\Users\Milhouse\Documents\Scholla\___FEL\21rocnik\MOS\Projekt\img\simulaceB2.png |
| 1. Obrázek grafu tepelného výkonu zdroje tepla v čase (2. simulace) |

|  |
| --- |
| C:\Users\Milhouse\Documents\Scholla\___FEL\21rocnik\MOS\Projekt\img\simulaceB4.png |
| 1. Obrázek grafu teploty média na vstupu a výstupu radiátoru (2. simulace) |

|  |
| --- |
| C:\Users\Milhouse\Documents\Scholla\___FEL\21rocnik\MOS\Projekt\img\simulaceB1.png |
| 1. Obrázek grafu tepelného přenosu výkonu předaného prostředí radiátorem v čase (2. simulace) |

# Závěr

Cílem semestrální práce je seznámit a rozšířit znalosti studenta o nové znalosti. Už při zadávání této semestrální práce bylo zřejmé, že se jedná o rozsáhlé a obtížné téma. Úplné splnění této semestrální práce vyžadovalo nejenom porozumění knihovně Modelica Buildings, ale i doplnění znalostí z návrhu otopných soustav.

Kvůli komplexnosti knihovny Modelica Buildings se mi bohužel dlouhou dobu nedařilo zprovoznit model v prostředí Open Modelica. Teprve až při poslední konzultaci jsem dostal přístup vývojovému prostředí Dymola s univerzitní licencí. Díky tomuto prostředí se mi pak podařilo zprovoznit model natolik, abych byl schopen model opravit a dokončit patřičné úpravy, tak aby bylo možné prezentovat částečné výsledky své práce.

# Bibliografie

KOLEKTIV. 2001. *Topenářská příručka*. Praha: GAS s.r.o. 8086176827.

RADA, Václav. 2015. *VUT BRNO* [online]. [cit. 2015]. Dostupné z: www.fce.vutbr.cz/tst/rada.v/mar/w-mar-sl24-5t6-reg3p.ppt

UNKNOWN. 2015. *VUT BRNO* [online]. [cit. 2015]. Dostupné z: http://www.fce.vutbr.cz/TZB/treuova.l/ST51/5\_otopne%20soustavy.pdf

VAVŘIČKA, Roman. 2015. *ČVUT Praha* [online]. Praha [cit. 2015]. Dostupné z: http://users.fs.cvut.cz/roman.vavricka/Kurz%20Vytapeni/Otopne%20soustavy%20teplovodni%20-%20Kurz%20vytapeni.pdf

WETTER, Michael. 2009. A Modelica-based Model Library for Building Energy and Control Systems. In: . Glasgow: Eleventh International IBPSA Conference, s. 652-659.

WETTER, Michael a Wangda ZUO. 2011. Recent Developments of the Modelica “Buildings” Library for Building Energy and Control Systems. In: . Dresden: Proceedings 8th Modelica Conference, s. 266-275.

1. ING. VÁCLAV RADA, CSc.. 2015. *VUT BRNO* [online]. Dostupné z: www.fce.vutbr.cz/tst/rada.v/mar/w-mar-sl24-5t6-reg3p.ppt [↑](#footnote-ref-1)
2. ING. ROMAN VAVŘIČKA, Ph.D.. 2015. *ČVUT PRAHA* [online]. Dostupné z: http://users.fs.cvut.cz/roman.vavricka/Kurz%20Vytapeni/Otopne%20soustavy%20teplovodni%20-%20Kurz%20vytapeni.pdf. [↑](#footnote-ref-2)
3. pozn. modely v knihovně Modelica Buildings mají většinu parametrů v jednotkách SI, proto nalezne ve zdrojovém kódu hodnoty (resp. rovnice) např. 273.15 + 40, které odpovídají °K [↑](#footnote-ref-3)
4. Tato hodnota je součástí knihoven Modelica Buildings [↑](#footnote-ref-4)