



Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Villamosmérnöki és Informatikai Kar

Irányítástechnika és Informatika Tanszék

iContrALL

Korszerű fűtési rendszerek szabályzása - munkapéldány

SZAKMAI GYAKORLAT

Készítette

Gyulai László

Belső konzulens

dr. Kiss Bálint

Külső konzulens

Kurbucz Máté

2018. október 11.

Tartalomjegyzék

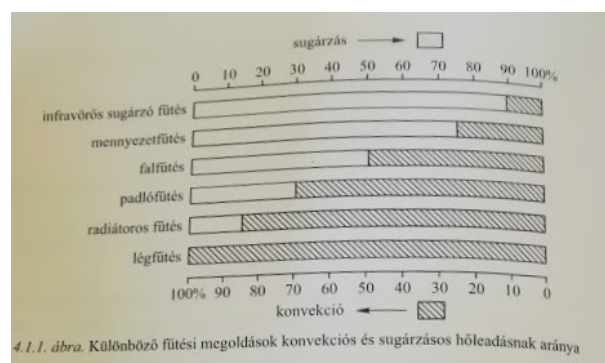
1. Modellalkotás, irodalomkutatás	2
1.1. Felírandó átviteli függvények	3
2. Ház modellje	4
2.1. Big picture	4
3. A felírt modell	4
3.1. Fűtési rendszer és ház kapcsolata	4
4. Fűtési rendszer modellje	6
4.1. Radiátor modelljének felírása	6
4.1.1. Hőleadás	6
4.1.2. Hőfelvétel	7
4.1.3. Energiamérleg állandósult állapotban	7
5. Fűtőtestek modellezése	8

1. Modellalkotás, irodalomkutatás

Munkámban elsősorban a különböző fűtési típusok közti különbségeket szeretném megvizsgálni. A ház modelljét először adottnak venném, az eltérést pedig a különböző fűtési módok jelentenék. Azaz megpróbálom felírni a környezet belső hőmérsékletre való ráhatását, eztán pedig modellezem többféle fűtőtest viselkedését.

Ehhez először áttekintettem a hőátadás lehetséges formáit és forrásait. Arra jutottam, hogy ha a levegő hőmérsékletére szabályzok, akkor az abba beleszóló tényezőket veszem sorra:

- konvektív hőátadás: a felszín közelében felmelegedett levegő áramlani kezd
- radiatív hőátadás: sugárzással kibocsátott energia a környezetbe



1. ábra. Alacsony hőmérsékletű fűtés és magas hőmérsékletű hűtés c. könyv ábrája

A levegő hőmérsékletére ezek a következőképp hatnak a leginkább:

- a fűtőtestek konvektív és radiatív hőátadással is melegítik a környezetet
- a radiatív energiát a tárgyak, falak nyelik el, amik ezáltal felmelegszenek (mintegy kapacitásként lesz egy hőtároló tömeg, ami a fűtés kikapcsolásával fenntartja a hőmérsékletet / lassítja a hűlést)
- a fűtetlen falfelületek hűtik a szobát (külső hőmérséklet befolyása)

Így a kezdeti modellben azzal a feltételezéssel élek, hogy ezen kívül más hatás nem lép fel.

A modellben feltételezem, hogy a fűtőtest felületi hőmérsékletével tudunk beavatkozni. A modellben paraméter a fűtőtestek hőátadási tényezője és felülete. Zavarásként (?) hat a külső hőmérséklet értéke, amit mérni is tudunk. Kimenet a belső hőmérséklet (térben konstansnak véve azt / átlagolva a szoba levegőjére)

A modell felírásához a fűtőtest tulajdonságain kívül szükség van a szobában található levegő mennyiségére is. A zavarás hatását is fel kell írni, azaz hogy egy külső hőmérsékletváltozás hogyan jelenik meg a kimeneten. (Célszerű itt egy átviteli függvényt felírni először, szuperpozíciószerűen. A zavarás viszont nem a modell bemenetén és nem is a kimenetén hat.)

A felírandó átviteli függvények:

- levegő felmelegedése konstans külső hőmérsékletet feltételezve, fűtőtest egységugrással
- levegő felmelegedése fűtés kikapcsolt állapota mellett, környezeti hőmérséklet ugrásával

1.1. Felírandó átviteli függvények

2. Ház modellje

2.1. Big picture

A modellalkotásnál igyekszek energetikai tanúsítványban szereplő adatokat felhasználni. Figyelembe kell vennem a ház hőveszteségeit és hőtároló képességét is.

A kinyerhető adatok: a határoló elemek felszíne,

hőigény numerikusan is szerepel A Simscape-ben hőátadási tényezőket és hőtároló tömegeket vettem fel.

3. A felírt modell

A schönherzes kollégiumi szoba határoló elemeit vettem fel. Ez 80 m^2 -nyi belső falfelület, 4

Táblázatban össze kellene foglalni.

Tablázat IDE.

3.1. Fűtési rendszer és ház kapcsolata

A fűtési rendszer és a szabályzás alapvető validálásához egyszerű házmodelleket fogok felállítani.

Szinte a legegyszerűbb ilyen tekintetben egy kollégiumi szoba modellje. Egy átlagos szobát 4 másik vesz körül, van ablaka, egy radiátora. Erre ki kellene számítani a hőigényt, figyelembe véve azt hogy mennyi hő szökik el a külső és belső határoló felületeken keresztül. A gyakorlati alkalmazásokban szeretnék majd az energetikai tanúsítványból kiindulni, így gyakorlatilag a szoba energetikai tanúsítását végzem el - olyan szinten, amennyire nekem szükséges.

Ashrae HVAC - 6.19 Panel H & C. - Controls strategy

Ezért utánanéztem a jellemző szerkezeti tulajdonságoknak. A modellezés Gouda alapján történik, gyakorlatilag csomóponti egyenleteket kell felírni az alábbi hálózatra, amiben az ellenállások a rétegrendi hőátbocsátási tényező reciprokai. A hőtároló képességeket kapacitások modellezik.

A ház modelljének felírásakor figyelembe vettem a hőtároló elemeket. A pontos (reális) modell felállításakor ezek hőtartalmát (a hőáram integrálja egyensúlyi állapotban legyen 0, azaz egy nagyobb ciklusban a felvett és leadott hője egyenlő) az egyensúlyi állapothoz közelinek vettem.

Viszont a szabályzótervezéshez identifikálni kell, ekkor pedig a falak, ill. szoba levegőjének kezdeti állapotát (hőmérsékletét) azonosnak vettem a külső hőmérséklettel. Így ha a hőkülönbség a modell kimenő jele, akkor lineáris a rendszer: 0 bemenetre (fűtés) 0 kimenetet ad.

Az identifikációnál így minden hőátadó elem (levegő, külső és belső falak) kezdeti hőmérsékletét a környezeti hőmérséklettel azonosnak vettem. (Még egy mérés lehet az, ha mérhető zavarásunk van, pl. kezdeti 20 °C hőmérsékletet beállítva a környezeti hőmérséklet zuhan 20-ról 10 °C-ra.)

4. Fűtési rendszer modellje

4.1. Radiátor modelljének felírása

Mivel a Matlab szimulációban a legbefűvós fűtés modelljének teljesítmény kimenete van, fel akartam állítani egy olyan modellt, ami beillesztható az eredeti légbefűvó rendszer helyére. A ház hőveszteségeit a Matlab számolja¹, ebből pedig adódik a szoba levegőjének hőmérséklete. A rendszer szabályozását így visszavezettem a leadott teljesítmény szabályzására. A levezetett egyenletnek köszönhetően egy teljesítményigényhez meg tudom majd mondani hogy mennyire kell a szabályzóselepeket kinyitni.

Az *Épületgépészet a gyakorlatban*² c. könyvben szó esik fűtési rendszerek méretezéséről. Itt adatként szerepel egy épületre a szobák hőigénye³ és névleges hőmérséklete. Ehhez választanak megfelelő méretű radiátort, hogy azokban a kiszámolt sebességgel vizet keringetve a hőleadás elég legyen az adott helyiségbe. (Ehhez figyelembe kell venni minden radiátorra a keringő víz hőmérsékletét is, különösen ha azok sorba vannak kötve és a hőmérsékletesések is jelentősek.)

Hasonlóan méretezési feladatot mutat be a [1, 4.2.7.3] is. Ezek alapján vezettem le a leadott hő mennyiségét állandósult állapotra. Természetesen a felmelegedés és lehűlés idejét is figyelembe kell majd venni, de ezzel érthető módon a méretezésnél sem számolnak.

4.1.1. Hőleadás

A fűtőtestek hőleadását befolyásolja a fűtőtestek közepes hőmérsékletkülönbsége (ld. a 2. egyenletet), a felülete és a hőleadási tényezője. Ezek közötti kapcsolatot adja az 1. egyenlet ([1, 358. o.]-ból):

$$\dot{Q}_{le} = k_e A_e \Delta t_m \quad (1)$$

ahol

\dot{Q}_{le} [W] a leadott hő

k_e [$\frac{W}{m^2 K}$] hőleadási tényező - ezt hőmérsékletfüggetlennek tekintem.

A_e [m²] a radiátor felülete

Δt_m [K] a közepes hőmérsékletkülönbség:

$$\Delta t_m = \frac{t_s + t_r}{2} - t_i \quad (2)$$

ahol

t_s a radiátorba befolyó, t_r az onnan kifolyó víz hőmérséklete °C-ban

¹Pontosításra szorul ez a modell is, mert valószínűleg csak a konvektív hővezetéssel számol (a sugárzásival pedig nem). A légbefűvás a ház levegőjét melegíti. Ám a modellben a ház hőtároló tömege nem jelenik meg, csak egy hőellenállás a veszteségek modellezéséhez.

²Könyvtári könyv, Verlag. 5.11.6, 2. o.

³Pontosan nem tudom még, hogyan definiálják a hőigényt: mekkora kültéri hőmérsékletet vesznek pl. figyelembe, illetve hogy radiátor méretezésénél ezt nyilván felül kell becsülni.

t_i a szoba hőmérséklete

A hőátadási tényező is hőmérsékletfüggő, de ezzel egyelőre nem foglalkozom, állandónak tekintem.

4.1.2. Hőfelvétel

A vízből felvett hő felírható:

$$\dot{Q}_{fel} = c \dot{m} \Delta t \quad (3)$$

ahol

\dot{Q}_{fel} [W] a vízből felvett hő, ami annak lehűléséből adódik

c [$\frac{J}{kg K}$] a víz fajhője

\dot{m} [$\frac{kg}{s}$] a víz tömegárama

$\Delta t = t_s - t_r$ [K] a víz lehűlésének mértéke

4.1.3. Energiamérleg állandósult állapotban

Állandósult állapot esetén a leadott hő egyenlő a felvettel, mivel akkor nem történik hőfelhalmozás, hőtárolás. Azaz ekkor a radiátor hőkapacitását nem kell figyelembe vennem.

Beírva a (2)-ba (1)-t:

$$\dot{Q}_{le} = k_e A_e \left(\frac{t_s + t_r}{2} - t_i \right) = k_e A_e \left(\frac{t_s + (t_s - \Delta t)}{2} - t_i \right) \quad (4)$$

Ahol felhasználtuk azt is, hogy $t_r = t_s - \Delta t$, majd Δt helyére beírhatjuk a (3) átrendezett alakját:

$$\Delta t = \frac{\dot{Q}_{fel}}{c \dot{m}} \quad (5)$$

Beírva (4)-ba (5)-t:

$$\dot{Q}_{le} = k_e A_e \left(t_s - t_i - \frac{\dot{Q}_{fel}}{c \dot{m}} \right)$$

$$\dot{Q}_{le} + \frac{k_e A_e \dot{Q}_{fel}}{2 c \dot{m}} = k_e A_e (t_s - t_i) \quad (6)$$

$$2 c \dot{m} \dot{Q}_{le} + k_e A_e \dot{Q}_{fel} = k_e A_e 2 c \dot{m} (t_s - t_i)$$

Csak abban az esetben, ha $\dot{Q}_{le} = \dot{Q}_{fel}$:

$$\begin{aligned} \dot{Q}(2 c \dot{m} + k_e A_e) &= 2 k_e A_e c \dot{m} (t_s - t_i) \\ \dot{Q} &= \frac{2 c \dot{m} k_e A_e}{2 c \dot{m} + k_e A_e} (t_s - t_i) \end{aligned} \quad (7)$$

5. Fűtőtestek modellezése

A MATLAB egyik demójában egy ház fűtési modelljét valósították meg. Ebben a fűtőtest kimenete teljesítmény dimenziójú. A ház veszteségeit a méretei és az ablakai alapján kiszámítja.

A modellezendő objektum a fűtési rendszer, itt kell számba venni hogy egy jól méretezett rendszernek mennyi a felfutási illetve a beállási ideje. Ezt számolni a kazán, a fűtővíz illetve a fűtőtest teljesítményeiből, illetve kapacitásaiból lehetne.

A fűtőtestek hőátadását számos tényező befolyásolja, ezekre az előzőekben egyenletet is felírtam. Az egyenletet Simulinkben valósítottam meg, a fűtési rendszer így beilleszthető a Matlab példájába.

Hivatkozások

- [1] Csoknyai István. *Több, mint hidraulika*. Herz Armatúra Hungária Kft, 2013.