

## Keringető szivattyúk szabályozási módjának kiválasztása

Carsten Skovmose Kallesøe\*, Niels Bidstrup\*, Manfred Bayer

1

### Kivonat

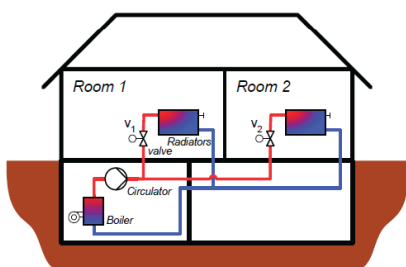
Fordulatszám szabályozott szivattyúk már a kilencvenes évektől léteznek a piacon. A legtöbb ilyen szivattyú beépített szabályozással rendelkezik, amely a szivattyú fordulatszámát, ezáltal pedig a rendszernyomást módosítja az aktuális térfogatáram és emelőmagasság függvényében. A keringetőknek általában több vezérlési módja van, hogy a különböző fűtési rendszerekhez alkalmas legyen. Ez fokozza a kényelmet és csökkenti az energiafogyasztást. Ahhoz hogy kamatoztassuk ezt a tulajdonságot, a beállítást a szivattyú telepítése után el kell végezni. Azonban ez a legtöbb esetben még nem lehetséges, mert a rendszer még nincs kész. Cikkünkben megismerheti az új szabályozási módot – AUTOADAPT, amely a szivattyú teljesítményét az adott rendszerhez igazítja, automatikusan. Az AUTOADAPT funkcióval ellátott szivattyúk folyamatosan mérik és elemzik az adott fűtési rendszert, és a szivattyú teljesítményét azonnal ahhoz igazítják. Németországban elvégzett helyszíni vizsgálatok igazolják, hogy az esetek 75%-ban az AUTOADAPT által magasabb komfort és alacsonyabb energiafogyasztás érhető el.

\* Grundfos Management A/S, Poul Due Jensens Vej 7, DK-8850 Bjerringbro, Denmark (e-mail: {ckallesoe,nbidstrup}@grundfos.com)

### 1. Bevezetés

Keringető szivattyúkat használnak valamilyen közeg mozgatására egy adott rendszerben. Ez lehet radiátoros, vagy padlófűtési rendszer is. A hőforrás lehet kazán, napsütés, hőszivattyú, stb. A különbségek ellenére a szivattyú feladata minden esetben ugyanaz – a kívánt rendszernyomás fenntartása, a közeg áramoltatása, ezáltal pedig a ház hőellátásának biztosítása.

Az 1. ábrán egy egyszerűsített radiátoros rendszer látható, bojlerrel.



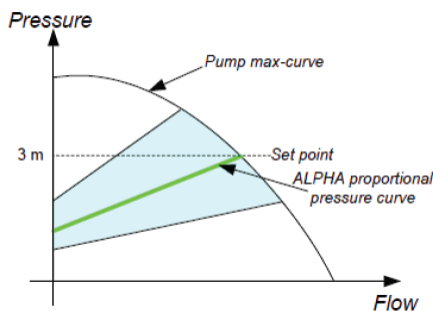
Az ábrán bemutatott rendszer egy kétcsöves, termosztatikus szelepekkel ellátott rendszer. A fűtési rendszer feladata a felhasználó által választott hőmérsékleten tartani a szobákat. A hőmérsékletet a termosztatikus szelepek szabályozzák, a hőforrás pedig radiátor, lásd 1. ábra.

1. ábra: Egy kétszobás családi ház fűtési rendszerének rajza. Kétcsöves rendszer, amely a leginkább elterjedt a fűtési alkalmazásokban.

A szobákban leadott hőenergiát a radiátorokban keringetett közeg hőmérséklete és térfogatárama befolyásolja. A hőforrás (1. ábra, kazán) szabályozza a hőmérsékletet, a termostatikus szelep szabályozza a közeg áramlását. Az ábrán bemutatott esetben a kazánnak olyan hőmérsékleti alapjel lett választva, hogy a radiátorok az egész házra biztosítani tudják a szükséges hőmennyiséget. Azonban különböző igények lépnek fel a két szobában. A termostatikus szelepek kezelik ezt a különbséget a közeg térfogatáramának szabályozásával. A szobák hőmérsékletét így vezérli a fűtési rendszer.

A termostatikus szelepeknek a közeg áramoltatásához, a hőmérséklet szabályozásához rendszernyomás kell. Keringető szivattyú biztosítja ezt a nyomást. Ehhez a szivattyúnak le kell győznie a csővezetéki ellenállást, és a túlnyomást kell biztosítania, hogy a szelepek a megfelelő módon működni tudjanak. Napjaink keringető szivattyúi beépített fordulatszám szabályozással rendelkeznek. Ezáltal energiát takarítunk meg, és javul a termostatikus szelepek teljesítménye.

Keringető szivattyúk esetén a nyomás csökkenés egy arányos nyomáskülönbség görbe mentén valósul meg. A 2. ábrán egy Grundfos ALPHA szivattyú (6 m) arányos nyomáskülönbség görbe látható.



2. ábra: Arányos nyomáskülönbség jelleggörbe. A világoskékkel jelölt szemlélteti azt a területet, ahová a szabályozási görbét illeszteni kell a fűtési rendszer típusa és mérete függvényében.

A fordulatszám szabályozott szivattyúk évek óta elérhetőek, és így már bizonyítottak a piacon. Ahhoz, hogy ennek minden előnyét kihasználjuk, fontos a jelleggörbe helyes megválasztása az adott fűtési rendszerhez. A választás alapja a rendszert alkotó csőrendszer, a radiátorok és a hőforrás. Sőt, a ház hőszigetelése is befolyásolja azt. Ezt azt mutatja, hogy a görbét olyan adatok alapján kellene megválasztani, amely legtöbbször nem áll rendelkezésre a szerelőnek. Ez az oka, hogy a keringető szivattyúk többsége nem szabályozott, nem optimálisan működik.

A szerelők munkájának megkönnyítésére javasoljuk az AUTOADAPT algoritmust. A funkció a szivattyú teljesítményét az adott rendszerhez igazítja, annak optimális működése érdekében. A most ismertetett AUTOADAPT a korábbi funkció továbbfejlesztése, melyet 2001-ben vezettünk be a MAGNA szivattyúknál.

## 2. Az új AUTOADAPT algoritmus

A referencia jelleggörbe megválasztása befolyásolja a szivattyú és a fűtési rendszer teljesítményét, ez által pedig az energiaköltségeket. Ezért fontos a jelleggörbe helyes megválasztása. AUTOADAPT funkcióval az optimális görbe kiválasztása automatikus. Ennek köszönhetően telepítés után a szivattyúval szinte nem is kell foglalkozni.

Ebben a részben bemutatjuk az AUTOADAPT szabályozási módot. Hivatkozás (Kallesøe and Bidstrup (2008)). Az AUTOADAPT szabályozás a 3. ábrán szemléltetett módon három részre osztható.



3. ábra: Az AUTOADAPT szerkezete. Az algoritmus három feladatból áll. Ezek elemzés, kiválasztás, ellenőrzés.

Az első feladat az adott fűtési rendszer analízálása. A "Rendszer elemző" végzi ezt. Az elemzés célja felismerni, hogy a nyomás túl magas, vagy túl alacsony, vagy rendben van e. Az elemzést a 2.1 részben ismertetjük. A következő feladat az így megszerzett tudás használata a megfelelő arányos nyomáskülönbség jelleggörbe kiválasztásához. A "Jelleggörbe választó" végzi ezt. A funkciót a 2.2 fejezetben ismertetjük. Végezetül a keringető a görbe választás alapján szabályoz. Ez a 2. ábrán látható görbe alapján történik.

## 2.1 Rendszer elemzés

Az AUTOADAPT algoritmus az arányos nyomáskülönbség görbét a fűtési rendszerhez igazítja. A módosítás alapja a fűtési rendszer terhelésének felügyelete. Ahhoz, hogy ezt megértsük, értenünk kell, hogy a terhelési viszonyok hogyan befolyásolják a térfogatáramot és a nyomást. A 4. ábrán látható fűtési rendszeren bemutatjuk a terhelési viszonyok és a szelepek kapcsolatát. További információ - (Otto (1991), Petitjean (1994), Tiator (1998)).

A termosztatikus szelepek szabályozzák a közeg áramlását. Ha a szivattyún a nyomás túl nagy, a szelepeknél a nyomásesés is túl magas. Ez azt jelenti, hogy a szelep a legtöbb esetben zárva van, ami nem igazán hőmérséklet szabályozás. Mindemellett fellép egy oszcilláló viselkedés, és akusztikus zaj is létrejöhet (Andersen et al.,2000). Ellenkező eset, a szivattyún a nyomás túl alacsony, a szelepeknél a nyomásesés túl alacsony. Ez azt jelenti, hogy szelepek állandóan nyitva vannak, ami szintén nem hőmérséklet szabályozás.

A szelepek nyitásának meghatározásához a teljes hidraulikus vezetőképességet használjuk. Ez leírja az adott rendszer nyomásvesztését adott térfogatáramnál. Ez a veszteség fellép a kazánban, a csövekben és a szelepeknél, lásd 4. ábra. Mivel a nyomásvesztés egy adott térfogatáram mellett állandó a kazánban és a csövekben, a szelepek nyitása változást generál a hidraulikus vezetőképességben.

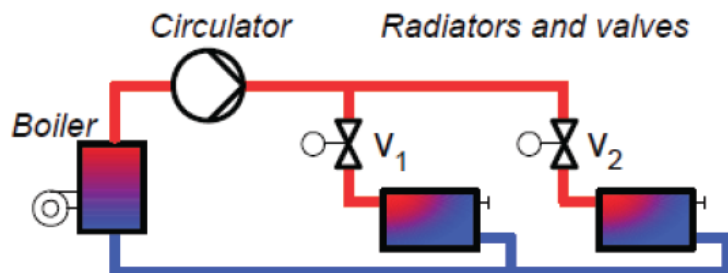
A teljes vezetőképesség a szivattyú méréseiből határozható meg.

$$k_{sys} \text{ - value} = \frac{\text{flow}}{\sqrt{\text{pressure}}}$$

A  $k_{sys}$ -érték a hidraulikus vezetőképesség, a térfogatáram és a nyomás a szivattyún átmenő közeg térfogatárama és nyomása. A  $k_{sys}$ -érték az alapja az AUTOADAPT algoritmus elemzéseinek.

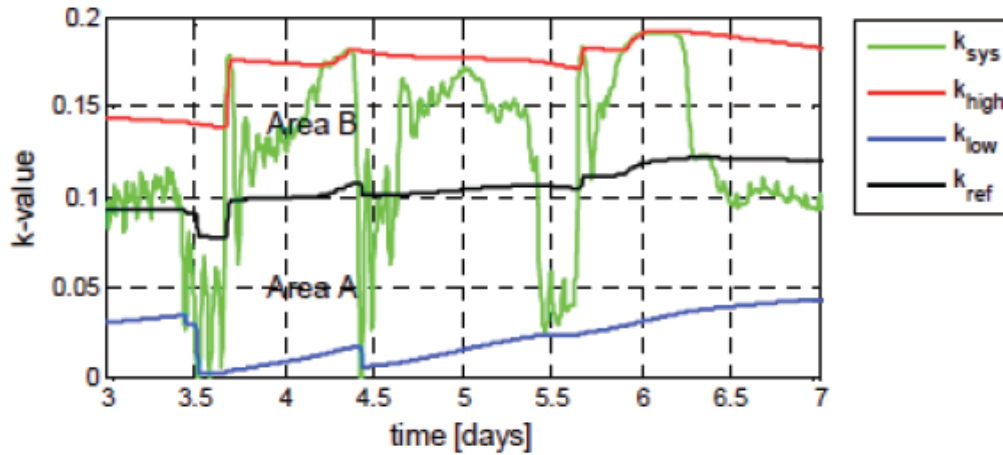
A funkció magyarázatához nézze meg az 5., 6., és 7. ábrát. Itt a zöld görbe jelzi a  $k_{sys}$ -érték időbeni változását. A piros és a kék görbe a maximális és a minimális  $k_{sys}$ -értékeket jelöli. Itt  $k_{high}$  és  $k_{low}$  jelöli. A fekete görbe a vörös és a kék görbe közti területet osztja ketté, A és B területre. A fekete görbe a  $k_{ref}$ , és értéke a  $k_{high}$  és  $k_{low}$ . -ból határozható meg. A telítettségi szint mérhető, összehasonlítva, hogy a  $k_{sys}$ -érték mennyi ideig van az A, illetve mennyi ideig van a B területen. Ezt ábrázolja az 5., 6., és 7. ábra.

Az 5. ábrán a nyomás túl alacsony, ami azt jelenti, hogy a szelepeknél is túl alacsony. Amint korábban említettük, alacsony nyomásnál a szelepek nem tudják megfelelően szabályozni a hőmérsékletet. Az 5. ábrán látható a nyomás változása az idő változásának függvényében, amely során a  $k_{sys}$ -érték (zöld görbe) több időt van a B, mint az A területen.

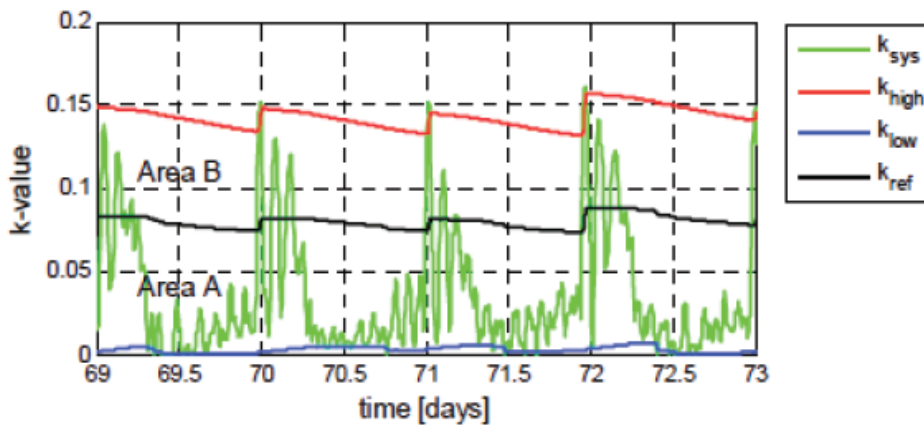


4. ábra: Termosztatikus szelepekkel ellátott kétcsöves fűtési rendszer csővezetéki vázlata

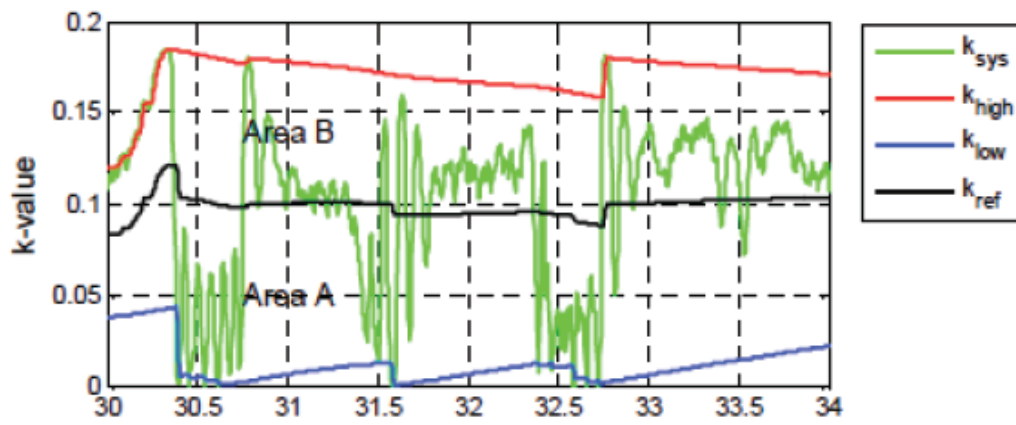
A 6. ábrán további  $k_{sys}$ -érték időbeni változása látható. Itt a nyomás túl magas, ami szintén rossz hőmérséklet szabályozást eredményez. Itt a  $k_{sys}$ -érték (zöld görbe) több időt van az A, mint az B területen. Abban az esetben, ha a fűtési rendszerben lévő nyomás ésszerű értéket ad, a  $k_{sys}$ -érték az A és B területen ugyanannyi. Ezt mutatja be a 7. ábra.



5. ábra:  $k_{sys}$ -érték időbeni változása, ahol a szelepek teljesen nyitottak.



6. ábra:  $k_{sys}$ -érték időbeni változása, ahol a szelepek teljesen zártak.



7. ábra:  $k_{sys}$ -érték időbeni változása, ahol telítettség nem fordul elő.

Az 5-7. ábrákból látszik, hogy a  $k_{\text{sys}}$ -érték időbeni változásával megkülönböztethető és meghatározható a rendszer telítettsége. Ezt használja az AUTOADAPT algoritmus annak eldöntésére, hogy a nyomást növelni vagy csökkenteni kell e, vagy maradhat változatlan.

## 2.2 Jelleggörbe kiválasztás

Az AUTOADAPT algoritmus a nyomást hagyományos arányos nyomáscsökkenés görbe által szabályozza. Ez azt jelenti, hogy egy optimális pontot vesz fel a görbén. A 2. ábrán jelölt kék területen belül ez bárhol lehet. Az arányos nyomás görbe használatának előnye, hogy az AUTOADAPT szabályozás egy már jól ismert módszeren alapul. Az arányos nyomás görbe optimális pozíciója meghatározható a 2.1 részben ismertetett rendszer elemzés eredményeiből. Ebben az esetben a szivattyú által biztosított nyomás túl alacsony, így a fűtési rendszer nem biztosítja a kívánt hőt. Ekkor a szelepek teljesen nyitva vannak. Ezt mutatja be az 5. ábra. Megoldásként a nyomást, és ezáltal az arányos nyomás görbét is növelni kell. Pontosan ezt teszi az AUTOADAPT algoritmus.

Ellenkező esetben, amikor a nyomás túl magas, a szelepek nagyrészt zárva vannak. Ezt mutatja be a 6. ábra. Itt a nyomást és az arányos nyomáskülönbség görbét csökkenteni kell. Pontosan ezt teszi az AUTOADAPT algoritmus ebben az esetben is. Amikor a további  $k_{\text{sys}}$ -érték időben egyenlő az A és B területen, a rendszer nem telített – lásd 7. ábra. Ilyenkor nincs ok a nyomásváltozásra, így az AUTOADAPT sem avatkozik be.

## 3. KÖVETKEZTETÉS

Ebben a tanulmányban a keringető szivattyúk adaptációs algoritmusát, az AUTOADAPT szabályozást ismertettük. Az algoritmus elemzi az adott fűtési rendszert, és ehhez igazítja a szivattyú teljesítményét. Ez megkönnyíti a fordulatszám szabályozott keringetők telepítését. Németországban, 120 helyszíni vizsgálat során elemeztük az algoritmust. Az eredményekkel mindenki elégedett volt. Az esetek 75,2%-ában az ALPHA2 kezdeti pozíciójához képest az AUTOADAPT csökkentette a nyomást. Ennek köszönhetően jelentős energiamegtakarítás realizálható a komfort feladása nélkül. Az esetek csak 11,4%-ában növelte az AUTOADAPT a nyomást. Ezekben az esetekben a végfelhasználónak kézzel kell elvégeznie a beállítást, ha nincs AUTOADAPT.

Ebben a tanulmányban az AUTOADAPT funkciót ismertettük kétcsőves fűtési rendszerben, termosztatikus szelepekkel. Az algoritmus ugyanígy működik padlófűtési rendszerekben is. Ez utóbbi szintén tesztek igazolják.

Az AUTOADAPT különböző fűtési rendszerekben is megállja a helyét.

## 4. HIVATKOZÁSOK

Andersen P., T.S. Pedersen, J. Stoustrup, J. Svensen, B. Lovmand, N. Bidstrup (2000). Elimination of oscillations in a central heating system using pump control. *In proceedings of the American Control Conference*, 2000.

Ingolf Tiator (1998). *Heizungsanlagen*. Vogel 1998.

Jürgen Otto (1991). *Pumpenheizungen richtig geplant*. Krammer Verlag Düsseldorf, 1991.

Robert Petitjean (1994). *Total Hydronic Balancing*. Tour & Andersson Hydronics AB. 1994

C.S. Kallesøe and N. Bidstrup (2008). Adaptive control of domestic circulators. *Submitted to the International Rotating Equipment conference. Düsseldorf, Germany. 2008*