

MAGYAR

6
2009

ÉPÜLETGÉPÉSZET

ÉPÜLETGÉPÉSZET KIADÓ KFT.

MEGÚJULT
HONLAPUNK:
www.epgeponline.hu

A folyadékűtők új generációja:

Airwell AQTL (csak hűtős) és AQTH (hőszivattyús) léghűtéses folyadékűtők

Hűtőteljesítmény 289 – 473 kW-ig

Fűtőteljesítmény 307 – 496 kW-ig (AQTH)

Airwell



- EER > 2.7
- R410A környezetbarát hűtőközeg
- 3-féle inverteres szabályozású ventilátor opció
- 2 hűtőkör, hűtőkörönként 3 db hermetikus tandem Scroll kompresszorral
- Csendes (LN) és Extra csendes (ELN) kivitelben is
- Új mikroprocesszor: nagyobb RAM, gyorsabb vezérlés
- Túlhevülés, túlterhelés elleni kompresszorvédelem
- Paraméterek, hibák megjelenítése LCD kijelzőn
- Többféle opció: ModBus, Lonwork, Bacnet protokoll
- Hidraulikai blokk 750 vagy 1000 l-es puffertartállyal, szimpla / dupla szivattyúval
- Lehetőség max. 4 db. gép Master – Slave vezérlésére



CLH Hűtés- és Klímatechnikai Kft.

1103 Budapest, Noszlopy u. 1.

Tel: 432-1399, fax: 432-1391, info@clh.hu, www.clh.hu

Az épületgépészeti szakterület elméleti és gyakorlati folyóirata. Az Építéstudományi Egyesület „Épületgépészet” című lapjának jogutódja.

Megjelenik havonta, évente két összevont számmal.

Főszerkesztő: **Dr. Barna Lajos**
Szakszerkesztő: **Mészáros Ferenc**
Szerkesztők: **Petrikné Koncz Éva,**
Dr. Magyar Zoltán
Reklám - média: **Hunyady Melinda**
Tördelőszerkesztő: **Sipos László**
Kiadja: **Épületgépészet Kiadó Kft.**
Ügyvezető igazgató: **Dr. Magyar Zoltán**

Szerkesztőség és kiadóhivatal:

1027 Budapest, Fő u. 68., I. emelet 133.

Telefon/fax: 201 2562, e-mail: epgep.epte@mtesz.hu

Online kiadás: www.epgeponline.hu

A kiadásban közreműködő partnereink:

Strobel Verlag GmbH & Co. KG

D-59806 Arnsberg, Postfach 5654

Fax: (49-2931) 890048

www.ikz.de



REHVA Journal – European Journal

of Heating, Ventilating and
Air-conditioning Technology

www.rehvajournal.com



Az **Épületgépészet Kiadó Kft.** tagjai:

Építéstudományi Egyesület

Caloris Kft.

CSŐSZER Berendezéseket Szerelő Zrt.

Dr. Hamvai Kálmán

Mészáros Ferenc

Kéziratokat, ábrákat, fotókat nem őrzünk meg és nem küldünk vissza. Hirdetésfelvétel a kiadóhivatalban.

Az egyes példányok a szerkesztőségben – korlátozott számban – megvásárolhatók. Vásárlás esetén egy szám ára 480 Ft, az összevont számoké 960 Ft.

Az előfizetés díja egy évre 4 200 Ft.

A lapot előfizetésben terjeszti a Magyar Posta Rt. Hírlap Üzletága, postacíme: 1008 Budapest, Orczy tér 1.

Előfizethető valamennyi postán, a kézbesítőknél,

továbbá a hirlapelofizetes@posta.hu e-mail címen.

Fax: (06-1) 303 3440. További információ: (06-80) 444 444

HU ISSN 1215 9913

Nyomdai munkák:

BORNUS 2009 Nyomdaipari Szolgáltató Kft.

Székhely: 7634 Pécs, Rácvárosi út 70.

Telefon: (06-72) 510 821 Felelős vezető: Tamon Attila

TARTALOM

Prof. Dr. Garbai László – Radnai Norbert:

Optimális terhelésselosztás és hidraulikai optimalizáció együttműködő hőforrások között hőszolgáltató rendszerekben **3**

Prof. Dr. Pokorádi László: Központi fűtési rendszer exergetikai modelljének parametrikus bizonytalansága **9**

Kónya Tamás: Használati melegvíz-termelő rendszerek azonosítása, energetikai értékelése 1. rész **13**

Jeckel János: Téves nézetek a kondenzációs fűtés-technikáról **20**

Vörös Szilárd: „Flexibilis” irodaházak és a hidraulikai szabályozás **23**

Sipos András: Túlnyomásos szellőztető berendezések alkalmazása a menekülési útvonalak helyiségeiben és a lépcsőházakban **26**

Székel Tamás: Nyomás-független hidraulikai szabályozó- és motoros szelepek (PIBCV) összehasonlítása **29**

Kolos Gábor: A biztonságos tartalék. A Prímagáz back-up rendszere biztosítja a folyamatos gázellátást **33**

Mészáros Ferenc: Intelligens Épület Konferencia és Épületautomatika 2009 **34**

Prof. em. Dr. Bánhidi László: III. Magyar Műszaki Értelmiség Napja **35**

Szakmai hírek

12, 18, 22, 25, 32, 36

Címlapunkon

a 20 éves CLH Kft. termékeire hívjuk fel a figyelmet!



20 évesek vagyunk!

Köszöntjük a tisztelt olvasókat és egyúttal köszönetet mondunk barátainknak, minden kedves együttműködő partnerünknek!

Szívesen és büszkén tekintünk vissza az elmúlt 20 esztendő küzdelmeire és sikereire, melynek eredményeként ma egy jól működő, stabil, 200 fős közép vállalat dolgozói lehetünk.

A nagy múltú Csőszerelő Ipari Vállalat Mérnöki irodájából és Klímaszervizéből alakult vállalkozásunk a hűtő-, klíma- és szabályozástechnikai szolgáltatások teljes spektrumát nyújtja a magyar piacon.

20 év tapasztalatait kamatoztatva, de fiatalos lendülettel állunk a válság sújtotta gazdaság újabb kihívásai elé, miközben filozófiánk a régi:

Célunk: vevőink maximális megalégedésén keresztül megtalálni saját boldogulásunkat.

Központi fűtési rendszer exergetikai modelljének parametrikus bizonytalansága

Prof. Dr. Pokorádi László¹

During mathematical modelling of real technical system such as a central heating system the modeller can meet any type and rate modell uncertainty. Its reasons can be incognizance of modellers or data inaccuracy. So, classification of uncertainties, with respect to its sources, distinguishes between aleatory and epistemic ones. The aleatory uncertainty is an inherent data variation associated with the investigated system or the environment. Epistemic one is an uncertainty that is due to a lack of knowledge of quantities or processes of the system or the environment. The paper shows the sensitivity analysis and methodology of sensitivity analysis based uncertainty investigation by a similar heating system exergy modell case. The parametric uncertainty investigation of entire system has longer and more complex work.

1. Bevezetés

Egy matematikai modell felállításakor, illetve a kapott eredmények elemzésekor mindig számolnunk kell valamilyen mérvű és típusú bizonytalansággal. Ennek oka részben az, hogy ismereteink sosem teljesek a modellezett rendszerrel kapcsolatban, illetve a rendelkezésre álló adataink is némi pontatlansággal bírnak.

A modell bizonytalanság – annak forrása – alapján történő osztályozása megkülönböztet parametrikus és ismereti bizonytalanságot. Möller és Beer szerint az első a paraméteringadozáshoz köthető, szemben az utóbbi, az ismeretek hiányához kapcsolható ismereti bizonytalansággal [4]. Ez indokolja a parametrikus bizonytalanság értelmezését úgy, mint sztochasztikus (aleatory – véletlenen múlt, esetleges) bizonytalanság –, ami a valós rendszerről szerzett véletlen tapasztalatok eredményeként jelenik meg.

Mahvadi munkájában [3] az épületteljesítmény-szimuláció bizonytalanságainak különböző forrásait elemezte. Megfogalmazásában szimulációs bizonytalanságot okozhat i) az épület pontatlan leírása; ii) a véletlen klimatikus feltételek és iii) a hiányos használói (lakói) információk.

Kalmár központi fűtési rendszereket vizsgált exergetikai szempontból [2]. Az exergia az energia minőségét jellemzi és azt a maximális munkát jelenti, amely egy adott energiamennyiségből kinyerhető. Az épületben a fűtési energia és exergia áramok meghatározásához a rendszert a következő alrendszerekre bontotta: helyiség, hőleadók és ezek szabályozása, hőelosztás, hőelőállítás.

Kalmár vizsgálata során megállapította, hogy az elosztórendszer exergiaszükséglete alacsonyabb előremenő hőmérséklet mellett csökken. Ez a csökkenés akár az 50%-ot is elérheti, 30%-kal alacsonyabb előremenő hőmérséklet esetén. Azonos hőtechnikai jellemzőkkel rendelkező épületszerkezetek mellett az exergiavesztés kisebb az alacsonyabb előremenő fűtőközeggel üzemeltetett fűtési rendszerek esetében.

Jelen tanulmány célja a parametrikus modell bizonytalanság és elemzési módszereinek ismertetése, és Kalmár fent említett tanulmánya alapján egy egyszerű épületfizikai (exergetikai) példán keresztül az érzékenység vizsgálatra épülő elemzési módszer bemutatása.

A cikk az alábbi fejezetekből áll: a 2. fejezetben a parametrikus modellbizonytalanság elemzési módszereit ismertetjük. A 3. fejezetben az érzékenységi vizsgálatot mutatjuk be. A 4. fejezet egy rövid esettanulmányon keresztül szemlélteti a módszer alkalmazását központi fűtési rendszerek exergetikai elemzése esetén.

2. A parametrikus bizonytalanság elemzési módszerei

A parametrikus bizonytalanság tudományos szintű elemzése alapvetően két eltérő módon oldható meg.

Az első a gerjesztések bizonytalansága következtében fellépő lehetséges rendszerválaszok meghatározása intervallum-értékekkel. Ez az eljárási mód azt veszi figyelembe, hogy néhány, vagy az összes paraméter nem egy adott értékkel rendelkezik, hanem bizonyos intervallumon belül található. Általános megfogalmazásuk esetén az intervallumokhoz nem kapcsolunk valószínűségi eloszlásokat, csak a lényegi eredmények lehetséges jövőbeli értékeit határozzuk meg.

Ha csak egy paraméter értéke bizonytalan, annak a megfelelő intervallumát kell figyelembe vennünk, mint a rendszerválaszok egy véges halmazát. Ha azonban több paramétert kell figyelembe vennünk, független kimenetek keletkeznek, mivel több változó korrelált lehet. Ezért a független feltételezések sok esetben az extrém értékek irreális kombinációihoz vezethetnek.

Számos esetben előfordul, hogy az adott problémát egy lineáris matematikai modellel tudjuk elemezni, de az együtt-hatók és a paraméterek valamilyen szintű bizonytalansággal, így egy intervallummal rendelkeznek.

A másik alapvető módszer, hogy a környezet gerjesztéseinek minden lehetséges eleméhez valamilyen valószínűségi eloszlást rendelünk. Valószínűségek rendelése a lehetséges rendszerválaszokhoz általánosan alkalmazott gyakorlat, noha ilyenkor az sem ritka, hogy az úgynevezett szubjektív valószínűségekkel találkozunk, ami a szakértők (vagy bizonyos esetekben a laikusok) által becsült valószínűségi értéket jelent. Néhány esetben eme szubjektív valószínűségeket, mint

¹ egyetemi tanár, Debreceni Egyetem, pokoradi@mfk.unideb.hu.

A cikket lektorálta:

dr. Zöld András egyetemi tanár, BME



intervallumokat adják meg, ilyenkor úgynevezett másodrendű bizonytalansági modellekről beszélünk.

Gyakoribb esetben, ha az adatok valószínűségi eloszlásai ismertek, elméletileg mindegyik alternatíva következményeinek eloszlását is megtudhatjuk. Ez egy egyszerű kritérium esetén a vizsgált rendszer vagy folyamat kvalitatív tulajdonságának valószínűségi eloszlását jelenti.

Például egy determinisztikus vizsgálati modell esetén, amikor a modell belső jellemzői valamilyen bizonytalansággal rendelkeznek a kalkuláció során használt valós értékű mennyiségekkel kapcsolatban, a bizonytalanság-elemzés intervallum-elemzéshez vezethet. A valószínűségi módszerek – mint például a *Monte Carlo*-szimuláció – alkalmazása szintén felhasználható egy determinisztikus modell parametrikus bizonytalansági elemzéséhez, mert az egy adott pont körüli lehetséges értékek valószínűségi eloszlását adja meg. *Monte-Carlo*-módszereknek nevezzük a matematikai modellek megoldásának véletlen mennyiségek modellezését felhasználó numerikus módszereit, és azok jellemzőinek statisztikus értékelését. A módszert széles körben alkalmazzák különböző események lehetséges kimeneteleinek és azok valószínűségeinek szimulációjára, amikor a rendszer gerjesztő paraméterei bizonytalanok. Lényege, hogy az egyes bizonytalan gerjesztésekhez rendelt valószínűség-eloszlás alapján véletlenszerűen választunk ki értékeket, amelyeket a szimulációs vizsgálat egy-egy kísérletében használunk fel.

Természetesen az olyan vizsgálatoknál, ahol a bizonytalanság elemzése kívánatos, az alkalmazott modellek nem mindegyike determinisztikus. Ezek döntő része „majdnem valószínűségi”, és a modern kockázatelemzések és biztonsági becslések döntő részénél is előfordul. Ekkor a valószínűségi számítások valószínűségi bizonytalanság-elemzéshez, az eredő elemzés pedig egy úgynevezett másodrendű valószínűségi becsléshez vezethet. Az ilyen tanulmányok elvégzése bonyolult lehet, a megkövetelt nagy számítási műveletszám miatt. Szintén jelentős problémát okozhat az eredmények könnyen értelmezhető szemléltetése is.

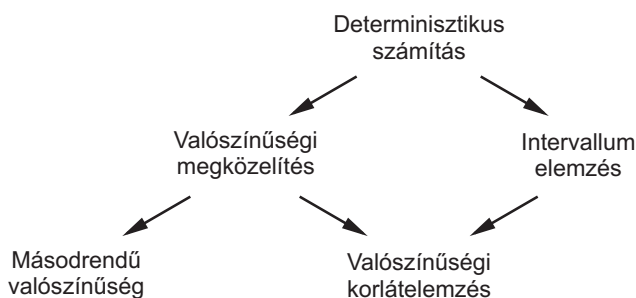
Alternatívaként használhatunk korlátozási megközelítést a valószínűségi számításokhoz is. Ekkor a valószínűségi eloszlások intervallum-típusát kapjuk. Ezt a technikát valószínűségi korlátelelemzésnek (PBA – *Probability Bounds Analysis*) nevezzük. Ez a megközelítés valószínűségi eloszlásokkal kapcsolatos bizonytalanságát jellemzi egy, a határeloszlás függvény-párban fekvő, úgynevezett kumulatív eloszlásfüggvények halmazával.

Ha az adatok száma nem elegendő a statisztikai elemzésekhez, így a valószínűség számítás alkalmazásához, analógiák alapján fel lehet tételezni az eloszlás jellegét, de ennek már szubjektív jellege van. Kellő tapasztalattal az eloszlás lehetséges alsó és felső határait ki lehet jelölni. Ez utóbbi vezet a valószínűségi korlátelelemzéshez.

Az 1. ábra a fent említett lehetséges elemzési módokat, benne a nyilak a módok fejlődését szemlélteti.

3. Az érzékenységvizsgálat

Az érzékenységvizsgálat célja annak meghatározása, hogy a vizsgált aggregát, vagy teljes rendszer független, bemenő jellemző-értékeinek megváltoztatására mennyire érzékeny an-



1. ábra. Az eltérő bizonytalanságelemzési módok [1]

nak kimenő jellemzője. A felállított matematikai modell felhasználásával meghatározhatjuk a függő változó érzékenységi együtthatóit, ami megmutatja, hogy a bemenő jel relatív, 1%-os változása mekkora relatív változást okoz a kimenő jel értékében. Így ez az elemzés megmutatja a rendszer érzékenységét a különféle modellezett paraméter-eltérésekre, vagy bizonytalanságra.

Az érzékenységvizsgálat elvégzésekor mindig figyelembe kell vennünk azt, hogy a vizsgált rendszerünk, így az (eredeti) modellünk nemlineáris. Ezért a vizsgálat során – az (eredeti) modell, vagy a rendszer „nemlinearitása” függvényében – a független változók értékeit általában csak 1 ~ 5%-kal lehet változtatni.

Az érzékenységi együttható meghatározása során az eredeti

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (1)$$

egyenlet mindkét oldalának

$$dy = \frac{\partial f(x_1; x_2; \dots; x_n)}{\partial x_1} dx_1 + \dots + \frac{\partial f(x_1; x_2; \dots; x_n)}{\partial x_n} dx_n \quad (2)$$

teljes deriváltját képezzük, majd mindkét oldal mindegyik tagját bővítjük (x_i / x_i) -vel, azaz:

$$\frac{dy}{y} = \frac{\partial f(x_1; x_2; \dots; x_n)}{\partial x_1} \frac{x_1}{f(x_1; x_2; \dots; x_n)} dx_1 + \dots + \frac{\partial f(x_1; x_2; \dots; x_n)}{\partial x_n} \frac{x_n}{f(x_1; x_2; \dots; x_n)} dx_n \quad (3)$$

A

$$K_{y;x_i} = \frac{\partial f(x_1; x_2; \dots; x_n)}{\partial x_i} \frac{x_i}{f(x_1; x_2; \dots; x_n)} = \frac{\partial y}{\partial x_i} \frac{x_i}{y} \quad (4)$$

együttható bevezetésével, és a

$$\frac{d\eta}{\eta} \approx \frac{\Delta\eta}{\eta} = \delta\eta$$

egyenlet felhasználásával az alábbi lineáris egyenletet kapjuk:

$$\delta y = K_{y;x_1} \delta x_{y;x_1} + \dots + K_{y;x_n} \delta x_n, \quad (5)$$

amely a vizsgált rendszer paramétereinek relatív változásai közti kapcsolatot – azaz a kimenő jellemző, és így az aggregát érzékenységét – írja le.

A fenti összefüggés alapján meg tudjuk határozni, hogy a modellezett rendszer kimenő jellemzője milyen érzékenységgel bír a bemenő jellemzők bizonytalanságával szemben. Például a be-

menő jelek mérése során fellépő mérési pontatlanság hogyan befolyásolja a kimenő jel pontosságát, értékének megbízhatóságát.

4. Egy egyszerű példa

Napjainkban egyre inkább elterjed az energia fogyasztó rendszerek exergetikai elemzése. *Kalmár* munkájában [2] azt vizsgálta, hogyan alakul az exergia változása központi fűtési rendszerek esetében. Az exergia az energia minőségét jellemzi és azt a maximális munkát jelenti, amely egy adott energiamentiségből kinyerhető. Az épületben a fűtési energia- és exergia-áramok meghatározásához a rendszert *Kalmár* a következő alrendszerekre bontotta: helyiség, hőleadók és ezek szabályozása, hőelosztás, hőelőállítás. Mindegyik alrendszernek meghatározható az energia- és ez alapján az exergia-szükséglete.

Jelen tanulmányban a teljes exergetikai elemzésből most csak a fűtőtestet, mint a rendszer egy aggregátját, azaz az azt leíró modell bizonytalanságát elemezzük.

A fűtőtestet felületi hőmérséklete a

$$t_{rf} = \frac{t_f - t_r}{\ln\left(\frac{t_f - t_i}{t_r - t_i}\right)} + t_i, \quad (6)$$

függvénnyel határozható meg, ahol:

t_f – az előremenő hőmérséklet, [°C];

t_r – visszatérő hőmérséklet, [°C];

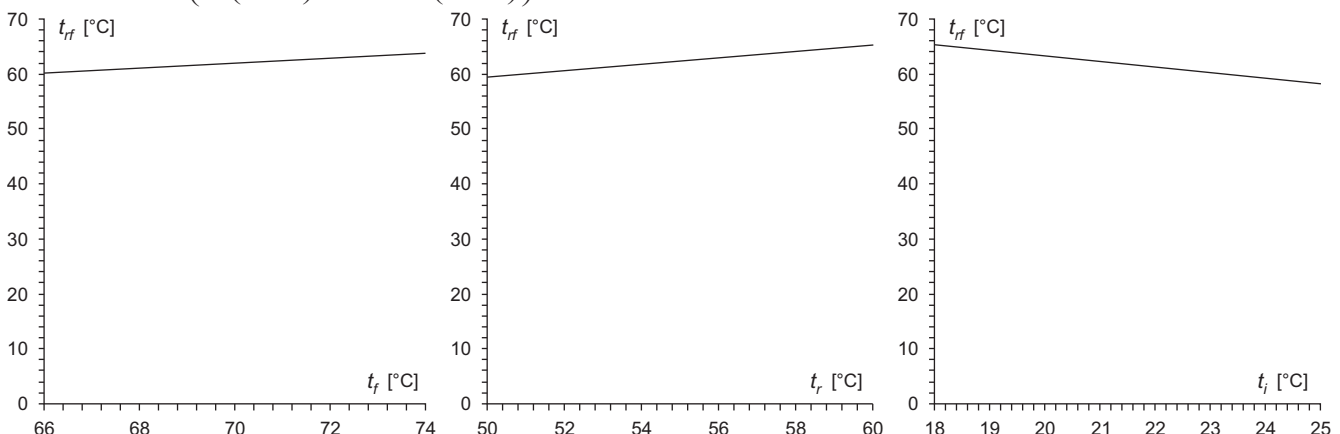
t_i – belső levegő hőmérséklet, [°C].

A függvény $t_i = 21$ °C parametrikus grafikonját a **2. ábra** szemlélteti.

A (4) és (6) egyenletek alapján a fűtőtestet felületi hőmérsékletének érzékenységi együtthatói:

$$K_{t_{rf};t_f} = \frac{\partial t_{rf}}{\partial t_f} \frac{t_f}{t_{rf}} = \frac{1}{\ln\left(\frac{t_f - t_i}{t_r - t_i}\right)} \frac{t_f - t_r}{\ln\left(\frac{t_f - t_i}{t_r - t_i}\right)^2 (t_f - t_i)} \frac{t_f}{t_{rf}}, \quad (7)$$

$$K_{t_{rf};t_r} = \frac{\partial t_{rf}}{\partial t_r} \frac{t_r}{t_{rf}} = \frac{t_f - t_r}{\ln\left(\frac{t_f - t_i}{t_r - t_i}\right) (t_r - t_i)} \frac{1}{\ln\left(\frac{t_f - t_i}{t_r - t_i}\right)} \frac{t_r}{t_{rf}}, \quad (8)$$



3. ábra. A (6) függvény névleges értékhez tartozó egyváltozós grafikonjai

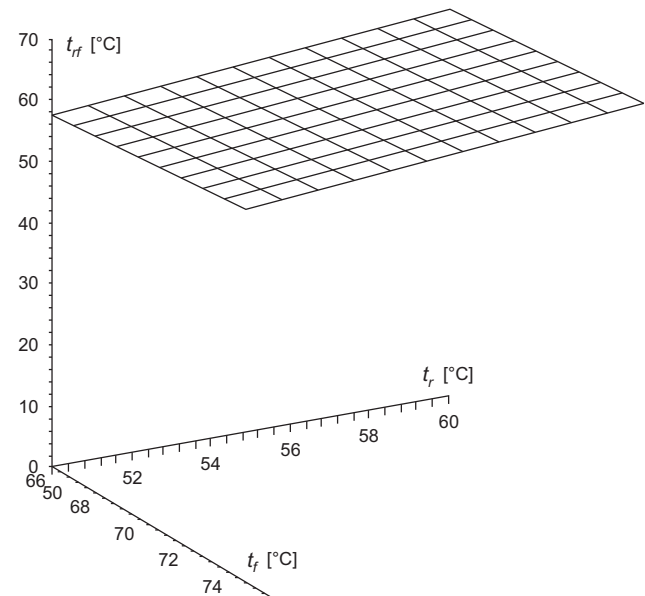
$$K_{t_{rf};t_i} = \frac{\partial t_{rf}}{\partial t_i} \frac{t_i}{t_{rf}} = \left(1 - \frac{(t_f - t_r) \left(\frac{t_f - t_i}{(t_r - t_i)^2} - \frac{1}{t_r - t_i} \right) (t_f - t_i)}{\ln\left(\frac{t_f - t_i}{t_r - t_i}\right)^2 (t_f - t_i)} \right) \frac{t_i}{t_{rf}}. \quad (9)$$

A napjainkban alkalmazott, úgynevezett 70/55 °C hőlépcsőjű ($t_f = 70$ [°C]; $t_r = 55$ [°C]) központi fűtési rendszerek esetén és $t_i = 21$ [°C] belső levegő hőmérsékletet feltételezve, az érzékenységi együtthatók értékei:

$$\begin{aligned} K_{t_{rf};t_f} &= 0,50124 \\ K_{t_{rf};t_r} &= 0,50254 \\ K_{t_{rf};t_i} &= -3,78405 \cdot 10^{-3} \end{aligned} \quad (10)$$

A **3. ábrán** a fenti munkapontra számított egyváltozós függvények grafikonjai láthatók, amelyek jól szemléltetik a fenti érzékenységi együtthatókat.

A bemenő jellemzők – azaz a t_f ; t_r és t_i hőmérsékletek – 1 °C-os bizonytalanságát feltételezve, a kimenő jellemző – azaz a fűtőtestet t_{rf} felületi hőmérséklete – a következő oldalon bemutatott **1. táblázat** szerinti bizonytalansági értékekkel rendelkezik.



2. ábra. A $t_{rf}(t_f, t_r)$ függvény $t_i = 21$ °C esetén

1. táblázat. Fűtőtest felületi hőmérsékletének bizonytalansági paraméterei 1 °C-os bemenőjel eltérések esetén

[%]	$\delta_{t_{ff}}$ [%]	Δt_{ff} [°C]
$\delta_{t_f} = 1,42857$	0,71606	0,44427
$\delta_{t_r} = 1,81818$	0,91372	0,56691
$\Delta t_i = 4,76190$	$-1,80193 \cdot 10^{-2}$	$-1,11799 \cdot 10^{-2}$

Milyen következtetéseket tudunk levonni a fenti egyszerű elemzésből? Meg tudjuk állapítani, hogy a fűtőtest felületi hőmérséklete 0,44427 °C-kal változik a fűtési rendszer előre-menő hőmérsékletének 1 °C-os változása esetén. Az ipari körülmények között alkalmazott hőmérők ekkora bizonytalanságokkal rendelkeznek. Így könnyen lehet, hogy a tervezett fűtőtest felületi hőmérséklete eltér a tervezettől. Ez például speciális vegyipari folyamatok esetén gondot okozhat az alkalmazónak. Kijelenthető, hogy egy köznap alkalmazás esetén a fűtőtest érzékenysége jónak, kellemesen kis értékűnek tekinthető. A helyiség hőmérsékletének bizonytalanságára lényegében érzéketlen.

Fontos itt még azt is megjegyezni, hogy ez a központi fűtési rendszer exergetikai elemzésében, exergetikai modelljében csak egy elemet jelent. A teljes rendszermodell parametrikus bizonytalansági elemzése hosszabb, összetettebb munkát igényel.

5. Összegzés

A tanulmány bemutatta a műszaki gyakorlatban alkalmazott matematikai modellek parametrikus bizonytalanságát és annak elemzési módszereit. Ezt követően egy épületfizikai (exergetikai) egyszerű példán keresztül az érzékenység-vizsgálatra épülő elemzési módszert szemléltettünk.

A fentiekben vázolt módszerrel összetett technikai rendszerek – például egy központi fűtési rendszer exergetikai – modellvizsgálati módszereinek bizonytalanságai elemezhető. Fontos mérnöki feladat a bizonytalanság-elemzés eredményének szakmai értékelése.

Felhasznált irodalom

1. Ferson S., Tucker W. T., Sensitivity analysis using probability bounding, *Reliability Engineering and System Safety* 91 (2006) 1435–1442.
2. Kalmár, F., Központi fűtési rendszerek exergetikai elemzése, *Debreceni Műszaki Közlemények*, vol. V, nr. 2, 2006., p. 23–31. (in Hungarian).
3. Mahdavi, A., Buildings, People, Climate: On Sources of Uncertainty in Building Performance Simulation, *Proceedings of the Central European Regional I IBPSA Conference Bratislava, June 5, 2008*. p. 4–13.
4. Möller, B., Beer, M., Engineering computation under uncertainty – Capabilities of non-traditional models, *Computers & Structures* 86 (2008) 10, p. 1024–1041, (doi:10.1016/j.compstruc.2007.05.041)
5. Pokorádi, L., *Rendszerek és folyamatok modellezése*, Campus Kiadó, Debrecen, 2008., pp. 242.
6. Pokorádi, L., Parametric Uncertainty of Central Heating System Model, *Instalații Pentru Construcții și confortul ambiental, Conferința cu participare internațională*, (ISSN: 1842-9491), 2-3 aprilie 2009., Timișoara, p. 481-488.