

HŰTŐKÖZEG VÁLTÁS HŐSZIVATTYÚRA GYAKOROLT HATÁSÁNAK MÉRÉSI LEHETŐSÉGEI

Hermanucz Péter – Géczi Gábor – Barótfi István

Absztrakt: A hőszivattyúkban alkalmazott hűtőközegek többsége jelentősen hozzájárul a globális felmelegedéshez, ezért az utóbbi időben korlátozzák a felhasználható mennyiséget. E korlátozások ösztönzik az úgynevezett természetes hűtőközegek alkalmazását, melyek környezetkárosító hatása minimális. Használatuk új hőszivattyú konstrukciók esetén nem okoz problémát, azonban olyan gépek esetében, melyek műszaki állapota lehetővé teszi a további üzemelést, nem rendelkezünk kellő ismeretekkel a hűtőközeg váltás berendezésre gyakorolt hatásairól. Jelen munkában be kívánjuk mutatni azon mérési lehetőségeket, melyek egy hűtőközeg váltás hatásainak vizsgálatát teszik lehetővé egy kísérleti berendezésen.

Abstract: The majority of refrigerants used in heat pumps make a significant contribution to global warming and have recently been limited in their use. These restrictions encourage the use of so-called natural refrigerants with a minimal environmental impact. Their use in the case of new heat pump constructions is not problem, however, in the case of machines whose technical condition allows further operation, we do not have sufficient knowledge of the effects of refrigerant change on the equipment. In this work, we would like to present the measurement options that allow the investigation of the effects of a refrigerant change on an experimental device.

Kulcsszavak: természetes hűtőközeg, hőszivattyú, TEWI, HFC

Keywords: natural refrigerants, heat pump, TEWI, HFC

1. Bevezetés

Az alkalmazott hűtőközeg – mely alapvetően meghatározza a hőszivattyú élete során okozott környezetterhelés mértékét (Hermanucz et. al. 2018) – káros hatásának visszaszorítására és különféle jogszabályokat léptettek életbe. Ezen előírások behatárolják bizonyos hűtőközegek alkalmazásának lehetőségeit pro és kontra: A fokozott környezeti kockázatot jelentő HFC-típusú hűtőközegeket pl. fokozatosan kiszorítják. Másokat korlátozásokkal ugyan, de előtérbe helyeznek: ilyenek az úgynevezett természetes hűtőközegek, melyek közül több rendelkezik közvetlen egészségügyi kockázattal, például mérgező hatással, vagy közvetett hatással, például tűz- és robbanásveszélyes. (Harby, 2017) Ezen felül a jelenleg üzemelő berendezésekre gyakorolt hatásokról nem rendelkezünk elegendő információval, így e terület vizsgálata indokolt, ugyanakkor bizonyos mérési nehézségek merülhetnek föl.

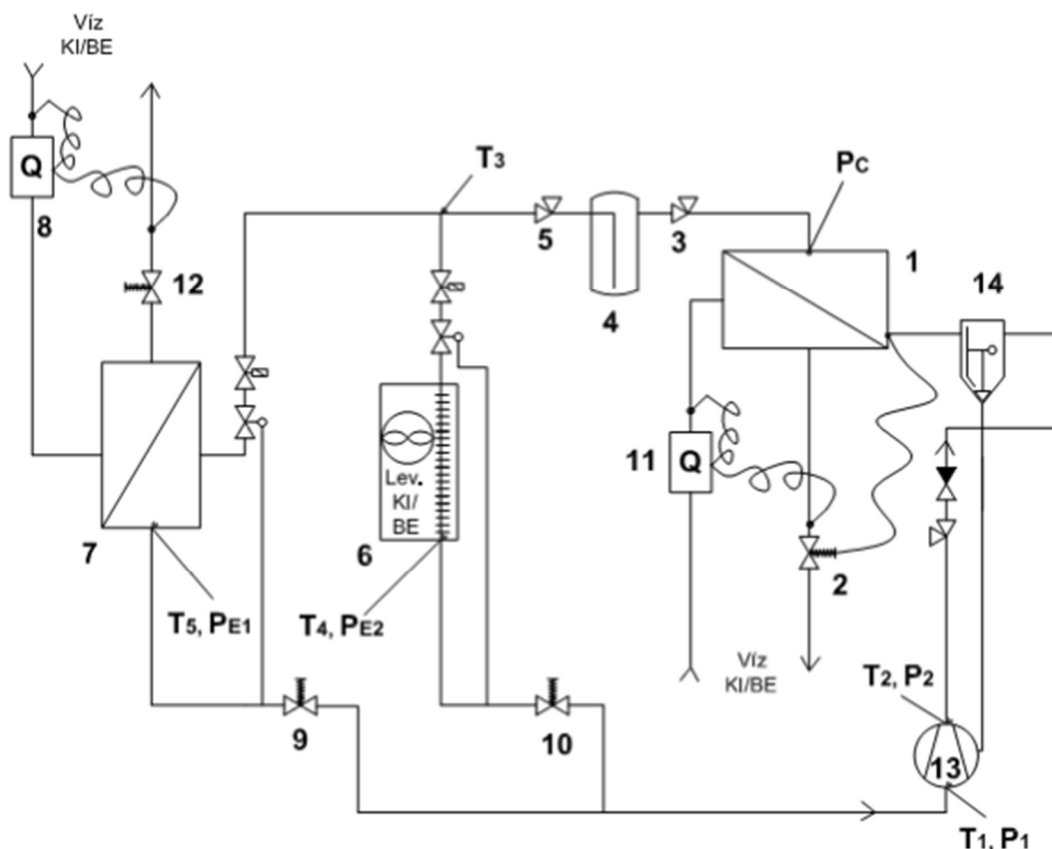
Célunk azoknak a jellemzőknek és a mérésekhez szükséges átalakítások bemutatása, melyek segítenek megismerni az egyes hűtőközegek hűtőkörré gyakorolt hatását energetikai szempontból. Ahol pedig a mérés túlságosan bonyolítaná az eljárást, ott megoldást mutatnak a vizsgált jellemző számításokkal történő meghatározására. Tekintve, hogy jelenleg nem áll rendelkezésre széles körben alkalmazott, szabványosított mérőberendezés hűtőközegek valós körülmények között történő vizsgálatára, a kutatás fontos részét képezi egy erre a célra alkalmas berendezés kialakítása, mely munkának jelenleg az elején járunk.

2. Anyag és módszer

Munkánk során egy egyedi építésű, ám számos átalakítást igénylő és dokumentációval nem rendelkező berendezést fejlesztettünk tovább úgy, hogy az alábbi elvárásoknak megfeleljen:

- A kondenzátor oldal egy hűtőközeg-víz hőcserélő legyen
- Rendelkezzen egy levegős és egy vizes elpárolgatóval
- A vizes elpárolgató és a kondenzátor vízdoldali teljesítménye mérhető
- A kompresszor felvett hatásos villamos teljesítménye mérhető
- A kompresszor szívó- és nyomó oldalán a hőmérsékletek és nyomások mérhetőek
- A hőcserélők hűtőközeg be-és kilépő oldalán a hőmérséklet és a nyomás mérhető
- A hűtőközeg cseréje egyszerűen kivitelezhető

1. ábra: A kísérleti hűtőkör kapcsolása és a mérési helyek



Forrás: A szerző saját szerkesztése.

1-egyedi építésű, koaxiális kondenzátor, 2-kondenzációs nyomás szabályzó, 3/5-sarokszelep, 4-folyadékgyűjtő, 6-levegő hőforrással rendelkező elpárolgató, 7-víz hőforrással rendelkező elpárolgató, 8-elpárolgató oldali hőmennyiségmérő, 9/10-elpárolgási nyomásszabályzó, 11- kondenzátor oldali hőmennyiségmérő, 12-víz mennyiség szabályzó szelep, 13-kompresszor, 14-olajszeperator

3. Eredmények és értékelésük

A kutatás jelen fázisában nem rendelkezünk több hűtőközegre vonatkozó, összehasonlítható mérési adatsorokkal. Jelenleg a munka elején járunk, így egy adott hűtőközeggel (R404a-val) végeztünk próbaméréseket. Az alábbiakban így csak kevés mérési eredmény bemutatására lesz lehetőségünk, inkább a kísérleti berendezés átalakítása során végzett beavatkozásokat ismertetjük.

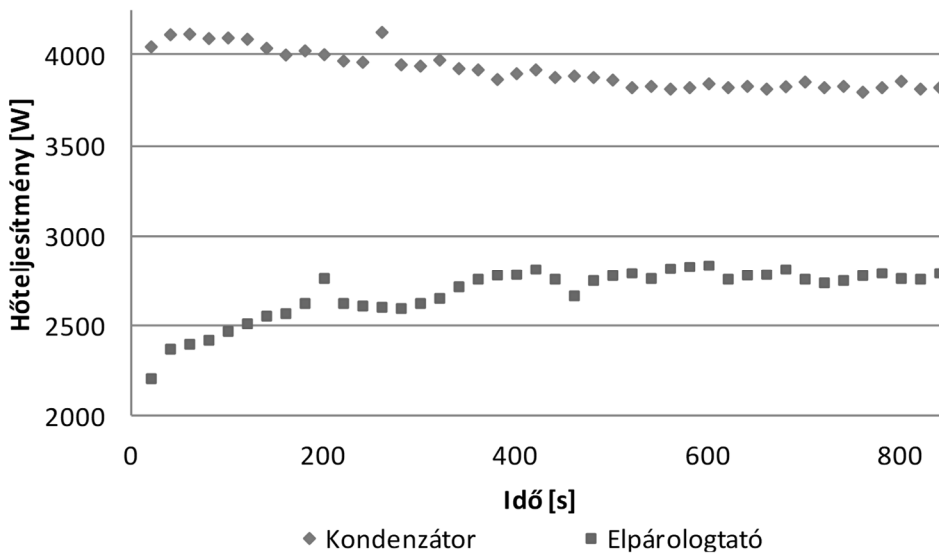
3.1. Speciális kondenzátor építése

A kondenzátor úgy került kialakításra, hogy alkalmas legyen mérési célokra, ennek megfelelően rendelkezik hűtőközeg oldali nyomásmérési pontokkal, mely a kereskedelemben kapható típusoknál nem áll rendelkezésre. A beépített kondenzációs nyomásszabályzó is e pontra csatlakozik, így alkalmas a kondenzációs nyomás pontos értékének beállítására és stabilan tartására. (Jakab, 2006) A hőcserélő vízdoldali térfogatát minimalizáltam, ezért egy-egy beállítás alkalmával kis idő elteltével már stabil kondenzációs nyomással dolgozik a berendezés. Ezt a próbamérések során sikerült igazolni, a stacioner kondenzációs nyomás eléréséhez mindössze 40...60 másodpercre volt szükség, és az értékeket lengés nélkül sikerült tartani. A hőmennyiség mérési eredmények ugyanakkor jóval hosszabb várakozási időt tesznek szükségessé, ezt szemlélteti a 2. *ábra*.

3.2. Hőmennyiség mérés kialakítása

A kondenzátor és a vizes elpárologtató által forgalmazott hőmennyiséget vízdoldalon tettem mérhetővé hőmennyiség mérők segítségével. A műszerek stabilitása, pontossága, de különösen felbontó képessége alkalmassá teszi őket pontos mérések elvégzésére. A feladat szempontjából igen fontos pillanatnyi teljesítmény értékek 0,001 kW felbontással olvashatók le 20 s-os időközönként. E tulajdonságukat kihasználva a próbamérések során sikerült meghatározni a rendszer beállításához szükséges időt, mely hozzávetőleg 600 s-ra adódott.

1. ábra: Hőmennyiség mérési eredmények egy adott üzemállapotban



3.3. A hő- és nyomásmérési helyek feltárása és átalakítása

A berendezés alapvetően szemléltetési célokat szolgált, ezért annak ellenére, hogy számtalan mérési helyet alakítottak ki rajta, néhányat meg kellett változtatni. Ez elsősorban a T_5 és T_6 hőmérsékletek mérését jelenti. A problémát két meglevő hőérzékelő újra vezetékvezésével oldottam meg, így a többivel megegyező szondával és műszerrel történhet a mérés e két helyen is, lásd 1. táblázat.

1. táblázat: A méréshez használt műszerek

| Mért jellemző | Jelölés | Alkalmazott műszer | Mérési pontosság |
|----------------|--------------------------------|-------------------------------------|-----------------------|
| Nyomás | P_1, P_3 | Dixell XC440c Honeywell távadóval | +/- 1% |
| | P_{E1}, P_{E2}, P_2 | Refco analóg nyomásmérő | 1-es osztálypontosság |
| Hőmérséklet | T_1, T_2, T_3, T_5, T_6 | Dixell XR01cx PTC érzékelővel | +/- 0,7°C |
| Villamos telj. | W_{KOMP} | Everflourish EMT 707CTL | +/- 1% |
| Hőmennyiség | $\dot{Q}_K \quad \dot{Q}_{E2}$ | Techem Compact V e. Hőmennyiségmérő | Mérés: DT=0,2K-tól |

3.4. Nehezen mérhető jellemzők

A levegő hőforrásból fölvetett teljesítmény mérése nehézségekké ütközik: az elpárologtató homlokfelületén több pontban kellene légsebesség- és hőmérsékletet mérni, számítani a levegő sűrűségét, sok mérési pontot kiértékelni egy üzemállapotban. A levegőből kondenzálódó nedvesség hatását is igen nehéz lenne figyelembe venni. Ez jelentősen bonyolítaná a mérést és bizonytalanságot is vinne bele, ezért a levegő hőforrásból fölvetett teljesítményt számítással határozzuk meg. A számítások elvégzéséhez elengedhetetlen a kondenzátorban leadott hőmennyiség, továbbá a be- és kilépő oldalon a hűtőközeg entalpiájának pontos ismerete. Ehhez

T_2 , T_3 , és P_k értékeire van szükség, majd a logP-h diagram ill. szoftver segítségével az entalpia értékek meghatározhatók. Erre a célra a Solvay Fluor cég „Sol Kane 7.0” adatbázisát használjuk. A levegő hőhordozóból fölvetett teljesítmény számításához először a hőcserélőbe juttatott \dot{m}_{R2} hűtőközeg tömegáramot kell meghatározni:

$$\dot{m}_{R2} = \dot{m}_R - \dot{m}_{R1} \quad [\text{kg/h}] \quad (1)$$

ahol:

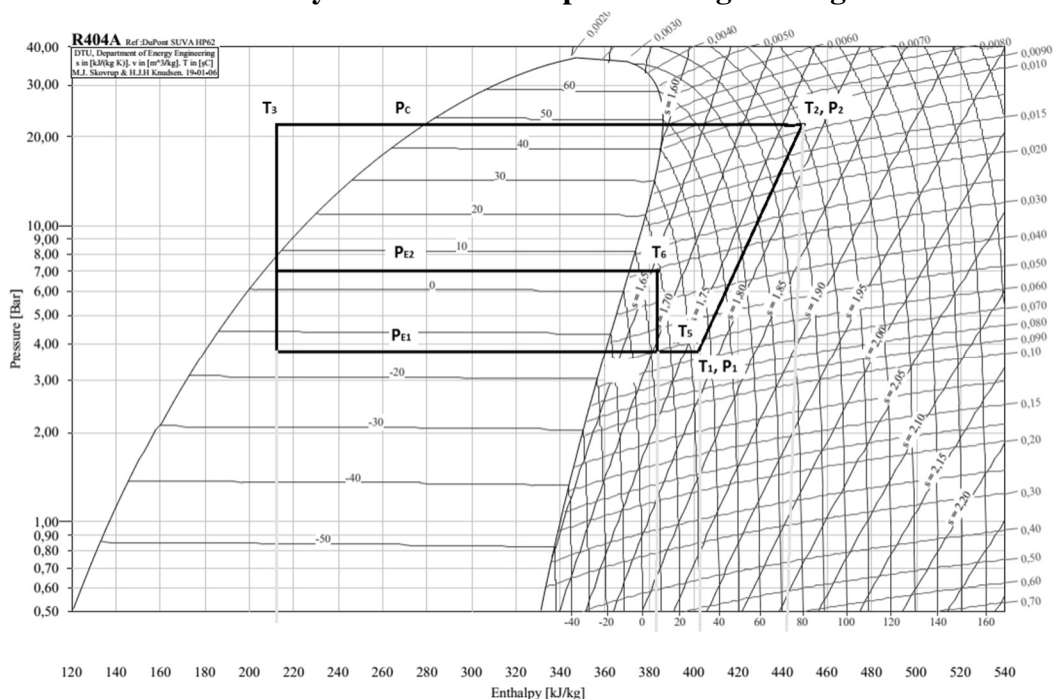
$$\dot{m}_R = \frac{\dot{Q}_K}{h_2 - h_3} \quad [\text{kg/s}] \quad (2)$$

$$\dot{m}_{R1} = \frac{\dot{Q}_{E1}}{(h_5 - h_3)} \quad [\text{kg/s}] \quad (3)$$

h_2 , h_3 , h_5 a mért nyomások és hőmérsékletek alapján a szoftver segítségével pontosan meghatározható, \dot{Q}_K és \dot{Q}_{E1} pedig a hőmennyiség mérésből ismert, így a levegős elpárolgatóba jutott hűtőközeg tömegáram számítható, melyből az elpárolgatóban fölvetett teljesítmény meghatározható:

$$\dot{Q}_{E2} = \dot{m}_{R2} \cdot (h_6 - h_3) \quad [\text{kW}] \quad (4)$$

3. ábra: A körfolyamat és a mérési pontok a logP-h diagramban



Forrás: A szerző saját szerkesztése.

A jobb olvashatóságért az ábrán minimális elhanyagolásokkal éltem (Jakab, 2006). A mért jellemzők jelölése megegyezik a kapcsolási vázlaton alkalmazottakkal.

4. Összegzés

A hűtőközeg váltás legfontosabb vizsgálati paramétere a körfolyamatot jellemző pontokon mért nyomás- és hőmérséklet értékek mellett végeredményben a teljesítménytényező. (COP - Coefficient Of Performance) Vizsgálataink során az egyszerűen meghatározható „összehasonlítható” teljesítmény tényezőt (Jakab, 2006.) vettük alapul a számításhoz:

$$COP = \frac{h_2 - h_3}{h_2 - h_1} \quad [-] \quad (5)$$

Így a gyakorlatban megszokottnál magasabb, esetünkben pl. 6,5...6,8 közötti értékek adódnak, szemben a valós, minden veszteséget figyelembe vevő számítási móddal, ahol 3,5...3,8 közé adódik a teljesítménytényező értéke. Ennek ellenére előnyösnek tartjuk az (5) szerinti számítási módot, hiszen a kompresszor típusától, belső hatásfokától, hajtási módjától függetlenül az eredményeket, tehát akár teljesen más kompresszorral megvalósított körfolyamattal is összehasonlíthatóak lesznek az eredmények, így az eltérő hűtőközegek vizsgálatát is megkönnyíti (Makhnatcha, 2014).

Az átalakított kísérleti berendezés a próbamérések tanúsága szerint alkalmas azon energetikai jellemzők mérésére, beállítására és reprodukálására, melyek segítségével különféle hűtőközegek hőszivattyú körfolyamatára gyakorolt termodinamikai hatásai mérhetőek. Az alkalmazott két elpárologtatós kapcsolás lehetővé teszi két hőforrás önálló, vagy akár párhuzamos hasznosítását. Ezzel a megoldással akár optimalizálni is lehet a körfolyamatot bizonyos hűtőközegek alkalmazásához.

Irodalomjegyzék

- Harby K. (2017): *Hydrocarbons and their mixtures as alternatives to environmental unfriendly halogenated refrigerants: An updated overview*, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol.7: 1247–1264
- Hermanucz P., Barótfi I., Géczi G. (2018): *Hőszivattyúk alkalmazásának környezetvédelmi aspektusai*, Környezet és energia, Debrecen ISBN 978-963-7064-36-4:
- Jakab Zoltán, 2006, *Kompresszoros hűtés*, HKVSZ Kiadó, Budapest:
- EU Regulation No. 517/2014 Annex V.
- Makhnatcha P., Khodabandeha R. (2014): *The role of environmental metrics (GWP, TEWI, LCCP) in the selection of low GWP refrigerant*, Energy Procedia, Vol. 61: 2460–2463