

# A hőszivattyús rendszerek hatékonysága

**Előjáróban sikeres, katasztrófától mentes Boldog Új Évet kívánok a Kedves Olvasóimnak! Hazánkban még ez az újévi köszöntés talán túlzó, eltérően a világ sok pontjától, ahol a klímaeltolódás okozta károk közvetlen kihatással vannak az emberek és más élőlények életére. A közvetett kihatásokat azonban egész Európa, így mi is érezzük, elsődlegesen a migrációs hullámon keresztül, amelynek végkifejletét még megjósolni sem lehet. Ilyen vonatkozásban sajnos nem is túlzó az újévi jókívánságom annak ellenére, hogy az év végén Párizsban ülésezett az ENSZ klímakonferenciája, amelyre a bolygónk, és benne az emberiség jövőjéért aggódó szakemberek nagy várakozással tekintettek.**

**D**e mi is történt tulajdonképpen Párizsban? Az ENSZ klímakonferenciájának 195 résztvevő országa hosszadalmas tárgyalások során egyezett meg végül. Az aláíró államok vállalták, hogy 2100-ig 2 Celsius fok alatt tartják az átlaghőmérséklet-emelkedést, illetve elkötelezettségüket rögzítették, hogy lehetőség szerint 1,5 Celsius fok alá csökkentik ezt az értéket.

Távlati célként a résztvevők kitűzték, hogy 2050 utánra kerüljön egyensúlyba az emberiség által kibocsátott szén-dioxid mennyisége a Föld bioszférájának természetes abszorpciós kapacitásával. Mindehhez természetesen jelentős pénzügyi források bevonására is szükség van. Ehhez kapcsolódóan a fejlett államok vállalták, hogy 2020-ig évente összesen 100 milliárd dollár támogatást adnak a fejlődő államok részére az alacsonyabb szén-dioxid kibocsátású gazdaságra való átállásra és annak működtetésére.

A Párizsi Megállapodás aláírásával az országok globálisan vállalták a célok teljesítését, ugyanakkor az egyes országok vállalásait nem tartalmazza a dokumentum, ebben kompromisszumot kellett hozniuk a konferencia résztvevőinek.

Ettől függetlenül kétségtelenül fontos eredmény született, hiszen, mint Ürge-Vorsatz Diána magyar környezetfizikus, klímakutató, a Közép-Európai Egyetem (CEU) környezet-

védelmi tanszékének professzora mondta: „Nem volt még olyan, hogy a világ 150 államfője egy tető alatt tárgyalt volna a világ gazdasági-társadalmi jólétét és jövőjét ennyire befolyásoló témáról.” A szakember szerint mérföldkő, hogy a megállapodás egyik fontos következménye lesz a fosszilis tüzelőanyagok kivonása, illetve az, hogy felgyorsulhat az a folyamat, ahogy a fenntartható folyamatok átveszik az olaj, a szén és a földgáz helyét.

A Föld országai többségének elkötelezettsége és a megvalósítás folyamatos nyomon követhetősége okot ad az optimizmusra, hogy 2050-re már valóban főként megújuló és új technológiák révén előállított energiaforrások fedezik majd az emberiség energiaszükségleteit.

A párizsi klímacsúccsal kapcsolatos hiányérzetünk ellenére látható, hogy az emberek és ezen keresztül a politika elkötelezettsége mind erősebb e témában, így számunkra, akik a megújuló iparágban dolgozunk továbbra is elsőrendű kötelességünk, hogy olyan berendezéseket tervezünk, és ezeket oly módon alkalmazzuk, hogy ezzel a lehető legnagyobb környezeti előnyt tudjuk biztosítani.

Saját szakmámon belül eddig is, és ezután is célom olyan hőszivattyúk, olyan alkalmazások fejlesztése, amelyekkel maximalizálható a rendszerek hatékonysága, az alkalmazás környezeti előnye, növelhető az energia-

költség megtakarítás, rövidíthető a rendszerek megtérülési ideje.

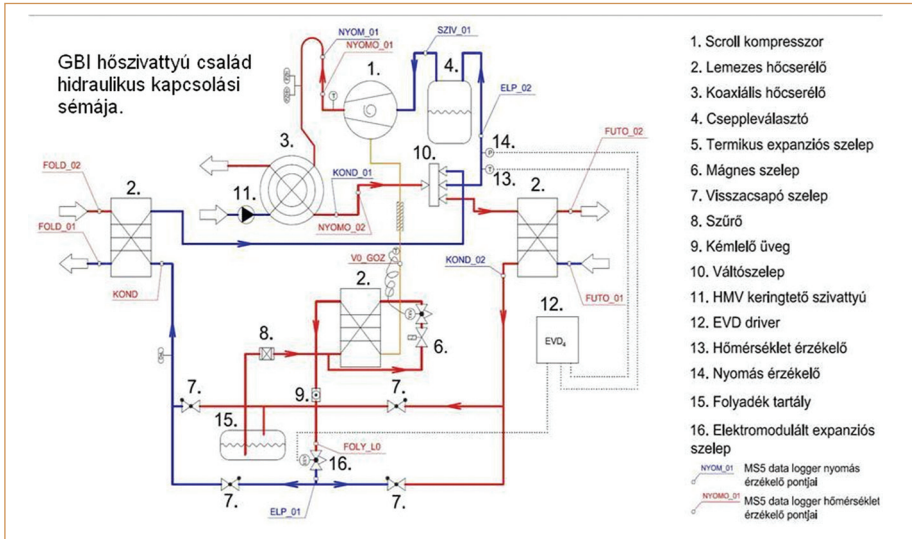
## A hatékony hőszivattyú tervezés szempontjai

A hőszivattyús rendszerek tervezési, alkalmazási, valamint a hőszivattyús készülékek tervezési tapasztalatai alapján egyértelművé vált számomra, hogy „univerzális” hőszivattyúk alkalmazásával - függetlenül attól, hogy jelenleg a gyártók többsége ilyen kínál -, a technikai színvonal adta hatékonyságot még megközelíteni sem lehet a hőszivattyús fűtési-hűtési, HMV-rendszerek esetében.

A feladatokra, helyesebben feladat csoportokra optimalizált hatékony hőszivattyús készülékek kialakításánál sok szempontot kell figyelembe venni, így a gyártandó készülékek típusai is meglehetősen változatos képet mutatnak.

A feladatokra orientált hőszivattyú tervezés főbb szempontjai:

1. A rendelkezésre álló kompresszorok paraméterei:
  - a. standard körfolyamat
  - b. EVI körfolyamat
  - c. alkalmazhatósági tartomány
  - d. COP érték
  - e. hűtőközeg
2. A hűtőkörfolyamat szabályozása:
  - a. EEV szelepek „átfogási” tartománya
  - b. A min./max. elpárologási hőfokszintek meghatározása
3. Milyen hőnyerési módra tervezük kutas vagy szondás/kollektoros rendszerekhez?
  - 1.1. 55 °C alatti, feletti fűtési hőmérsékletre
    - a. standard, hőszivattyús körfolyamattal
    - c. EVI körfolyamattal
    - d. milyen egységjelzőmennyre
4. 25 °C feletti hulladék hő hasznosításra
  - 2.1. 55 °C alatti, feletti fűtési hőmérsékletre
5. A szükséges funkciók:
  - a. fűtés



1. ábra. Reverzibilis EVI hőszivattyús körfolyamat

- b. fűtés-aktív-passzív hűtés
- c. fűtés-aktív hűtés, HMV-előállítás (szimultán rendszer)
- 6. HMV-előállítás
  - a. desuperheater
  - b. két kondenzátoros rendszer
  - c. Külső hőcserélő

Sajnos a sok hőszivattyú típus feladatra optimalizált alkalmazása látványosan nem könnyíti meg a hőszivattyús rendszerek tervezőinek dolgát, mert behatóbban meg kell ismerni az egyes hőszivattyú típusok alkalmazhatóságát. Másrészt azonban a feladatokra optimalizált hőszivattyúk a gyárilag beépített opciókkal sokkal egyszerűbben tervezhetők be a fűtési-hűtési, HMV-rendszerekbe.

A hőszivattyú fejlesztési koncepciónkra reagálva sokszor megkérdezték már tőlünk, hogy mint a Magyar Vaporline® márkanévű hőszivattyúk fejlesztői, mi okosabbnak tartjuk-e magunkat, mint azok a multi cégek, akik nagy anyagi lehetőségekkel hőszivattyús készülékeket gyártanak? Hogy lehetnének hatékonyabbak az általunk fejlesztett hőszivattyúk? A válasz pedig nagyon egyszerű: a hatékonyság feladatra, helyesebben feladat csoportokra optimalizálást, így a fejlesztett és gyártott típusok sokszínűségét, esetenként bonyolultabb körfolyamatot követel meg.

Példaként említem, hogy cégünk jelenleg háromféle hűtőközeggel, kétféle körfolyamattal, átlagban 10 teljesítmény fokozatban mintegy 160 típusú, különféle feladatokra optimalizálható folyadék-víz, illetve víz-víz és hulladék hő-víz hőszivattyút fejlesztett ki, és képes feladatra optimalizáltan legyártani.

Ha megfontol valaki ez hatalmas mérnöki munka akkor is, ha csak a hőszivattyúk három és két dimenziós terveit (hidraulikus, lemez, elektromos tervek) számoljuk. Ehhez azonban nagy mennyiségű elméleti tervezés, dokumentáció készítés is társul. Ez a fejlesztés tervezési része. Ezután jön a legyártás, ami a hőszivattyúk típusainak különbözősége, bonyolultabb körfolyamata, jelentősen nagyobb élőmunka igénye miatt szalagszerű sorozatgyártásra nem alkalmas.

Emiatt a sorozatgyártásra ráállt nagy cégek a látszólag „univerzális”, standard körfolyamatú, ezen belül is a legegyszerűbb kompakt hűtőgép elvű készülékekre szakosodtak, amelyhez opcióként külső elemeket ajánlanak (HMV, hűtés), és a tervezőktől várják, hogy a hőszivattyúhoz igazítsák a rendszereket.<sup>1</sup>

A fentiek alapján egyértelműnek kell lennie annak, hogy a hatékony hőszivattyús készülékek gyártására véleményem szerint is az innovatív kis és közepes cégek alkalmasak, amelyek a kics csoportos gyártás alkalmazásával gyorsan képesek az igényekhez alkalmazkodni, a fel-

adatra, feladatcsoportokra hatékony hőszivattyút ajánlani, illetve gyártani, és az egyébként igen drága fejlesztői, mérnöki munkát magas színvonalon „házon belül” töredék áron megoldani.

A tervezett cikksorozat következő részeiben mondanivalóm alátámasztására, egyben a hatékony hőszivattyú kiválasztás és alkalmazás elősegítésére, a feladatokra orientált hőszivattyú tervezés főbb szempontjait fogom részletezni.

### Standard vagy EVI körfolyamat?

A kompresszorgyártók által gyártott és a különféle feladatokra (fűtés, hűtés, légtechnika) gyártott és optimalizált különböző hűtőközegű kompresszorok paraméterei, COP értéke az egyes elpárolgási és kondenzációs hőfokszinteken eltérők.

Amikor egy feladatcsoportra hőszivattyút tervezünk, az egyes kompresszorok COP értékét célszerű a tervezett működési hőfoktartományokban összehasonlítani, de a feladatra legjobb megoldást csak a kondenzátorral és elpárolgatóval történő méretezés után, a hőszivattyú valós COP értékének ismeretében lehet meghatározni.

### Szondás és kollektoros rendszerek

Az előzők alapján egyértelműen kijelenthető, hogy szondás alkalmazások esetén, amikor a kondenzátor oldali maximális fűtési hőmérséklet 50 °C-feletti, a leghatékonyabb megoldás az EVI kompresszorok, illetve a körfolyamat alkalmazása (1. ábra). Természetesen emellett alkalmazni kell az SCOP értéket javító megoldásokat, amelyek stabilizálják a kimenő fűtési teljesítményt, és megoldják a hűtőközeg töltetvándorlás problémáját.

### Víz-víz fűtési rendszerek esetén

Az R410A kompresszorok megjelenésével a víz-víz rendszerű alkalmazások esetén, amikor az elpáro-

<sup>1</sup> Víz-víz hőszivattyúk alkalmazása szondás rendszerekre, külső körfolyamat megfordítása csapokkal, külső hőcserélők alkalmazása HMV-előállításra stb.

logtató oldali víz hőmérséklet 10 °C feletti, még magas fűtési előremenő (max. 60 °C) esetén sem célszerű EVI rendszerű kompresszorokat alkalmazni.

Ugyancsak standard körfolyamat alkalmazása (2. ábra) célszerű magas hőmérsékletű elfolyó termálvizek, magas fűtési hőfokszinten történő alkalmazásakor az alábbiakban részletezett SCOP érték javító megoldásokkal:

1. elpárologtató
2. kompresszor
3. kondenzátor
4. expanziós szelep.

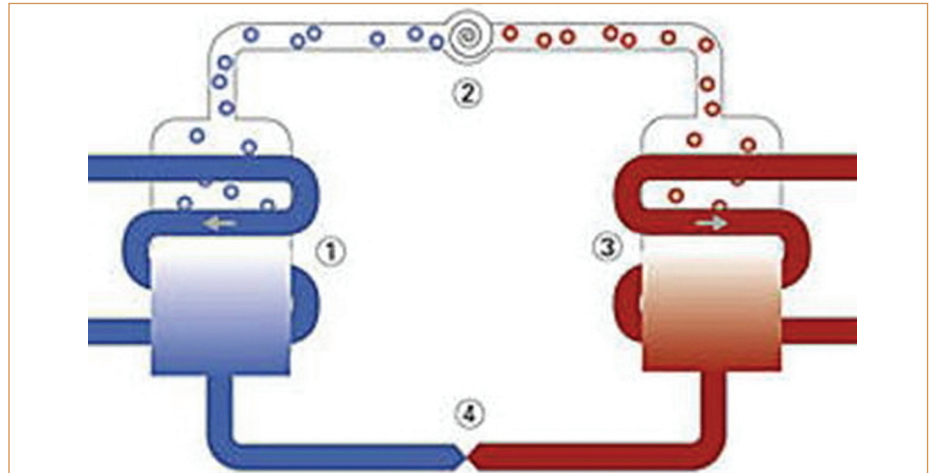
### A hőszivattyús körfolyamatok hatékonyságnövelő elemei

Az elektronikus expanziós szelep (EEV)

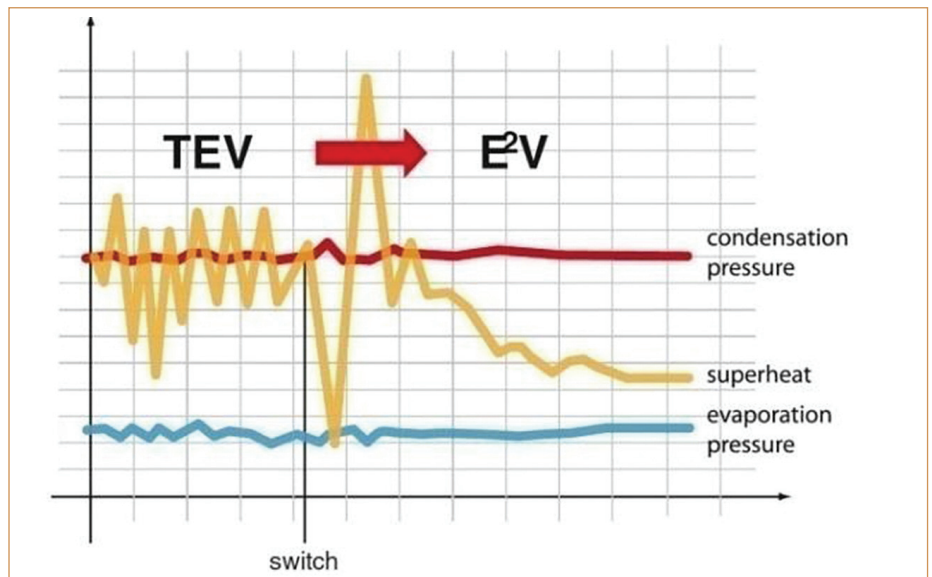
Alkalmazása önmagában 10-30%-kal növeli az elérhető SCOP (SPF) (szezoni teljesítmény faktor) értékét. Feladata a hűtőközeg elpárologtatóba történő adagolása oly módon, hogy az elpárologtató utáni túlhevítés stabilan, de a lehető legkisebb értéken megvalósuljon.

A túlhevítés a körfolyamat „szükséges rossz” része, amely biztosítja, hogy a kompresszorba nem kerül folyadék állapotú hűtőközeg. A növekvő túlhevítés miatt az elpárologtató nagyobb részét tölti ki a gőz halmazállapotú hűtőközeg, így csökken a hőátadó felület, és ezzel az elpárologtató teljesítménye.

A legtöbb hőszivattyúban alkalmazott termostatikusan expanziós (TEV) szelepek tulajdonsága, hogy a gyárilag 5 °C-os túlhevítésre szabályozott szelepek a működésük során 3-10 °C közötti tartományban képesek tartani a túlhevítést, és az ingadozás folyamatos (3. ábra). Az ingadozás mértéke a hőszivattyús rendszerekben nagyobb, mint a hűtőgépeknél, mert a hőszivattyúk folyamatosan változó külső paraméterek alapján működnek, így a belső nyomásváltozások is nagymértékűek és viszonylag gyorsak. Az expanziós szelepek lengését felerősíti az a körülmény, hogy ha a hűtőkörben nincs olyan elem, amely a nyomáskiegyenlítést nagyrészt megoldja.



2. ábra. Standard körfolyamat hatékonyságváltozó elemek nélkül



3. ábra. A termostatikusan (TEV) és EEV szelepek tulajdonságai

Az expanziós szelepek előtti nagymértékű nyomásingadozást egy jól méretezett, viszonylag nagyméretű hűtőközeg tartállyal lehet megoldani.

A PID szabályzású EEV szelepek egy rövid beállási idő után stabilan és alacsony értéken képesek tartani a túlhevítés értékét. A stabilan és lehető legkisebb értéken tartott túlhevítés így javítja a hőszivattyú SCOP (SPF) értékét.

A legkisebb értékű (min. 3 °C) túlhevítést az EEV szelepek is csak akkor képesek stabilan tartani, ha a körfolyamatban a szelepek előtti nyomásingadozás az előzőekben leírt módon van kezelve.

### A hűtőközegtartály (receiver)

Egyszerű szerkezet, de nagyon fontos szerepe van a hőszivattyús

rendszerekben. Az előzőekben leírt nyomáskiegyenlítésen túl az alábbi feladatokat képes ellátni:

- modulálja a hűtőközeg mennyiségét a körfolyamatban,
- kompenzálja a szükséges hűtőközeg mennyiség különbséget a hűtési és a fűtési üzemmód között, az összes, illetve egy adott működési tartományban,
- segíti a nagyobb rendszerteljesítmény elérését magasabb elpárologtató hőfokszinteken, részterheléseknél.

**FODOR ZOLTÁN**

fejlesztőmérnök, Geowatt Kft.  
MÉGSZ Geotermikus Hőszivattyús  
Tagozat elnöke

