A magas hőmérsékletű hulladékhő hasznosító hőszivattyúk alkalmazhatósága II. rész

E cikk előző részében bemutatásra került, hogy egy konkrét ipari körülmény feltételei között hol, milyen mértékben, és milyen hőfokszinten lehetett hasznosítani az elfolyó termálvízből kinyert hőt. Általában igaz, és a jelen projektre is érvényes, hogy a meglévő fűtési és HMV-rendszerek magas fűtési előremenő hőfokszintekre vannak tervezve (60–80 °C), és sok esetben az elfolyó termálvizek hőmérséklete meghaladja a 30 °C-ot. Ilyen esetekben a nem hulladékhő tartományra tervezett hőszivattyúk csak meglehetősen alacsony SCOP-értékkel alkalmazhatók. A hulladékhő-tartományra tervezett hőszivattyúk mint alább látható, akár 45 °C-os elfolyó termálvizet is tudnak közvetlenül hasznosítani.

A cikk ezen részében bemutatásra kerül, hogy körültekintő tervezéssel, a feladatra optimalizált hőszivattyú választással magasabb fűtési előremenő hőfokszinteken, ipari rendszerekben is magas lehet az elérhető COP-, és ennek megfelelően az SCOP-érték, valamint ezzel arányosan a CO_2-kibocsátás csökkentése. Ezzel hozzájárulhatunk azon fő cél eléréséhez, hogy ismét egyensúly álljon be az emberi eredetű kibocsátások és az olyan beavatkozások között, amelyek hozzájárulnak az üvegházgázok légkörből való kikerüléséhez.

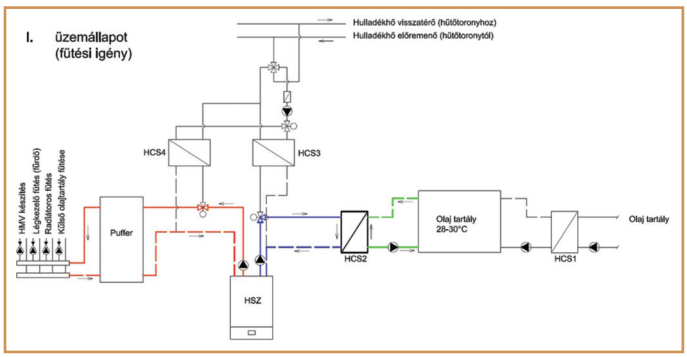
A melegedő tendencia jelenleg egész bolygónkon töretlen. Az alkalmazkodási folyamat és melegedő tendencia minden szektort stratégiai gondolkodásra és cselekvésre kell, hogy késztessen. Ez alól hazánk, sem kivétel.

„A Kárpát-medence és Magyarország az éghajlatváltozás hatásainak erősen kitett régió a földrajzi elhelyezkedésből és a medencejelleg szélsőséges időjárási helyzetekre gyakorolt hatásából adódóan. A melegedés 1,23 °C 1901 óta, intenzívebbé vált a csapadékhullás, különösen nyáron a rendszeresen fellépő hőhullámokhoz kapcsolódóan komolyabb, nagyobb térséget érintő aszályok alakulnak ki, átlagosan hatévente.”

Az Inotal Zrt. hengerművének olajhűtése

Az Inotal Zrt. alumínium hengerművének olajhűtésére a kenőolajat 30 °C-on szükséges tartani. Az olajhűtést előzőleg egy Deltatherm RKV12.2 típusú víz-levegő folyadékhűtővel oldották meg. A hűtésből kivett energia visszanyerése nem történt meg.

A cég felkérésére[2] az elképzelést továbbfejlesztve, elkészült egy olyan hőszivattyús hővisszanyerő rendszer kapcsolása, amely az olajhűtésből kinyert hőből közvetlenül (szimultán rendszer) HMV-t (használati melegvíz), illetve az irodák és kommunális létesítmények radiátoros fűtési rendszerének működtetésére alkalmas, max. 65 °C-os fűtővizet állít elő. A folyamatos üzemvitel érdekében azonban kellett egy további hőnyerési és hőelvételi lehetőség is. Erre rendelkezésre állt egy nagy tömegáramú hűtővíz rendszer, így a hűtőtoronyból érkező, 20 °C-körüli víz vezetékét megcsapolva megoldhatóvá vált minden fűtési igény folyamatos biztosítása *(1. ábra)*.



1. ábra.

A hőszivattyús rendszer tervezése

A tervezés első lépése, hogy a teljesítményigények, a fűtési és elpárologtató oldali hőfokszintek, valamint az SCOP maximalizálási igények figyelembe vételével kiválasztásra kerüljön a célnak legmegfelelőbb hőszivattyú.

Az alkalmazandó hőszivattyú típusa, paraméterei

Vaporline® GWT75-H (R134A) hőszivattyú *(2. ábra)*
Alkalmazható:

– 20–45 °C hőfok közötti hulladékhő (elfolyó termálvíz) hasznosításhoz. Meglévő épületek magas hőfokú (max. fűtési előremenő hőfok 82 °C) radiátoros, légtechnikai fűtéseihez.

– Távfűtésekben a hatékonyság növelésére.

– Magas hőfok igényű kórházak, mosodák, éttermek HMV ellátására.

– Az elérhető maximális fűtési előremenő hőfok 82 °C.

A tervezés további sarkalatos pontjai

A hőcserélők és a hozzá tartozó cirkulációs szivattyúk pontos méretezése

Egy ilyen kombinált hőszivattyús rendszernél, ahol az egyes üzemállapotokban erősen eltérő hőfokszintek

[1] Lakatos Mónika meteorológus, az Országos Meteorológiai Szolgálat Éghajlati Osztályának kutatója, az MTA Meteorológiai Tudományos Bizottsága titkárának értékelése.

[2] Dr. Baliko Sándor ajánlásával.

2. ábra.

adódnak mind elpárologtató, mint kondenzátor oldalon, nagyon lényeges a beépített kompresszor működési tartományának figyelembe vétele.

Példaként megemlíthető a HCS4 jelű (lásd 1. ábra) hőcserélő méretezése.

A hőcserélő a kondenzátor oldalon megtermelt hő átadására szolgál a hűtőtoronyból visszatérő víz számára Δ_t = 5 °C-al (lásd 1. ábra) abban az esetben, amikor sem fűtésre, sem HMV készítésre nincs szükség, de a technológiai olajat hűteni szükséges.

*HCS4 hőcserélő típusa: Swep B12L*40*

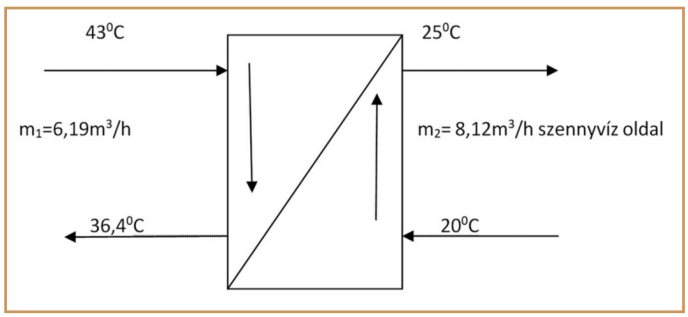
Az olajhűtés elpárologtatási hőfokához 30 °C/36 °C-nál kisebb kondenzátor oldali bemenő víz hőmérséklet nem társulhat, mert ez esetben a kompresszor működési tartományon kívül üzemel, ami túlterhelést eredményez, és a védelem letiltja a működését (*3. ábra*). E rendszernél a hőcserélő típusának meghatározásán túl nagyon lényeges az m_2 = 8,12 m^3/h térfogatáram tartása, hiszen ennél nagyobb térfogatáram csökkenti a hőszivattyúba bemenő hőfokszintet, és így tartományon kívül helyezi a kompresszor működését.

A szabályzás kialakítása a hőszivattyú lehetőségeinek figyelembe vételével.

A hőszivattyú rendelkezik egy beépített Siemens szabályzóval, ami a kondenzátor oldali hőfokszintek érzékelése alapján szabályozza a hőszivattyú működését. Emellett monitoringot biztosít a hőszivattyú számára.

A külső szabályzó feladatai

A rendszer üzemmódjainak váltásához, illetve szabályozásához egy PLC-alapú külső szabályzó egység van kiépítve.



3. ábra.

I. sz. üzemmód

Az olajtartály hőmérséklet érzékelése az alapvető feladata a külső szabályzónak. Ehhez 20–35 °C között állíthatónak kell lennie a hőmérséklet 1–3 °C hiszterézissel. A beavatkozó szerv a 3. sz. cirkulációs szivattyú, amelyet indít vagy megállít. Ezzel párhuzamosan indító illetve megállító jelet ad a hőszivattyúnak.

A beépített szabályzó a fűtési oldalon érzékeli a fűtési és HMV-igényt, vagy annak hiányát. Ezt az NTC hőmérsékletérzékelők reléjének kapcsolásából tudja érzékelni. Ezeket a jeleket érzékelnie kell a külső szabályzónak is. A fűtési relé meghúzásával párhuzamosan egyenes irányba váltja az MSZ2-jelű háromjáratú útváltó szelepet is.

II. sz. üzemmód

Amikor sem fűtési, sem HMV-igény tovább nincs, de az olajtárolót még hűteni szükséges. A külsőt szabályzó ekkor a HCS4-jelű hőcserélő elé beépített érzékelőt lépteti működésbe, erre vált át. A hőszivattyú beépített szabályzója leállítja a hőszivattyút, ekkor érzékelő váltás történik. A beállított késleltetésig, 1-3 percig nem indul újra a hőszivattyú, ez idő alatt a külső szabályzó átállítja az MSZ2-jelű motoros szelepet, nyitja az MSZ4-jelű mágnesszelepet, zárja az MSZ3-jelű mágnesszelepet, valamint indítja a 6. sz. cirkulációs szivattyút. Állítható késleltetéssel indul az új hőmérséklet érzékelőn keresztül a hőszivattyú. A keringés megindul a HCS4-hőcserélőben.

III. sz. üzemmód

Nincs szükség az olajtartály hűtésére, azonban fűtési igény jelentkezik. A külső szabályzó megállítja az olajtartály hűtését, de fűtési igény jelentkezik.

A puffertárolóba épített NTC-érzékelő reléje aktivizálódik, ekkor a külső szabályzó érzékelőt vált, a puffer hőmérséklet érzékelőjéről működik a hőszivattyú, (a fűtési puffer és HMV érzékelőnek elsőbbség!) ekkor az MSZ2-jelű háromjáratú útváltó szelepet átváltja.

A külső szabályzó az olaj hűtési igény megszűnésekor megállítja a hőszivattyút (időzítési lehetőség 1–3 perc), közben indítja a 6. sz. cirkulációs szivattyút, zárja az MSZ4 jelű mágnesszelepet, nyitja az MSZ3-jelű mágnesszelepet, egyenesbe állítja az MSZ1-jelű háromjáratú szelepet. Az időzítés leteltével indul a rendszer a III. üzemmódban.

IV. sz. üzemmód

Ez esetben az olajtartályt hűteni kell, és HMV-igény jelentkezik.

Az olajtartály hőmérséklet érzékelése az alapvető feladata a külső szabályzónak. Ehhez 20–35 °C között állíthatónak kell lennie a hőmérsékletnek 1–3 °C hiszterézissel. A beavatkozó szerv a 3. sz. cirkulációs szivattyú, amelyet indít vagy megállít.

A beépített szabályzó a HMV-tartályban érzékeli a fűtési és HMV-igényt. Ekkor a beépített szabályzó előnykapcsolásban átvált HMV-üzemmódra. A HMV NTC érzékelő reléjének meghúzásával párhuzamosan indítja a 7-8. sz. szivattyúkat, valamint az MSZ2 relét egyenes irányba állítja.

V. sz. üzemmód

Üzemszüneti üzemmód, amikor temperáló fűtés jelentkezik.

Ennek szabályzása a III. üzemmóddal egyező.

A hőszivattyú paramétereinek alakulása a tesztüzem ideje alatt

Hőszivattyú paramétereinek mérésére a fűtési és hűtési oldalra is hőmennyiségmérők vannak beépítve. A paraméterek mérése a külső PLC szabályzóegységen keresztül dokumentálódik.

A rendszer folyamatosan 65 °C-os előremenő hőmérsékleten működik, a megrendelő igényének megfelelően, így fűtési üzemmódban a külső hőmérsékletfüggő szabályozás hatékonyságnövelő hatása nem érvényesül.

A rendszer tesztüzeme 2019. 10. 15-én kezdődött. A legutolsó mért paraméter 2020. 01. 09.

Ezen idő alatt az átlagos SCOP = 5,1 (minden üzemmód átlaga), amely a cirkulációs szivattyúk rontó hatását is tartalmazza.

A pillanatnyi COP-értékek 3,1–8,1 között mozognak az egyes üzemmódokban.

A fajlagos energiaköltségekkel *(4. ábra.)* számolva a gázkazános rendszer + folyadékhűtő üzemköltsége évente:

Folyadékhűtő: 48 000 kWh × 26,08Ft/kWh = 1 251 840 Ft

Gázkazán: 110 500 kWh × 12,68Ft/kWh = 1 401 140 Ft

Összesen: 2 652 980 Ft/év

A kiépített hőszivattyús rendszer üzemköltsége: 147 500kWh × 5,11 Ft/kWh = *753 725 Ft/év.*

A tervezett technológia megvalósítása nélkül várható környezeti állapotváltozások becslése

A kibocsátott szennyező-anyag (CO_2) mennyisége:

– CO2 sűrűség = 1,9768 kg/m^3

– Gáz fűtőérték = 9,44 kWh/Nm^3

Költség számolások novemberi energia árral					
földgáz	1m3	9,44	kWh		
	1kWh	12,68 Ft			
vill.energ.	1kWh	26,08 Ft		1 kWh hő előállítása	
				kWh	Ft
kazán %		hatásfok:	90,00%	1,111	14,09 Ft
HÖSZiV:	20°C ipari vízből COP:		3,4	0,294	7,671 Ft
HŐSZIV:	SCOP		5,1	0,196	5,114 Ft
HŐSZIV	30°C olajból COP:		7,8	0,128	3,344 Ft

4. ábra. **A fajlagos költségek alakulása**

Év	Várható fűtési energia felhaszn. MWh	Hatásfokkal növelt fűtési energia felhaszn. MWh η=0,9	C_{02} kibocsátás t
2020	99,5	110,5	25,75

5. ábra.

Év	Elektromos energia felhaszn. Hűtésnél EER=3 MWh	C_{02} kibocsátás 0,93 tCO_2/MWh
2020	48,0	44,6

6. ábra.

Megjegyzés: A CO_2-kibocsátás meghatározásánál az vehető alapul, hogy 10 m^3 földgáz elégetésekor 11,13 m^3 CO_2 keletkezik.

Az energiafogyasztási adatok a kéthónapos tesztüzem adataira alapozva kerültek meghatározásra *(5. ábra)*. A hűtésnél (folyadékhűtővel) *(6. ábra)*.

A hőszivattyús rendszerrel csökkentett szennyezőanyag (CO_2) mennyisége

Fűtés-hűtés esetén (*7. ábra)*.

Év	A GHP-k működtetéséhez szükséges évi elektromos energia MWh	C_{02} kibocsátás 0,93 tCO_2/MWh
2020	28,9	26,9

7. ábra.

A szennyezőanyag kibocsátás csökkenése a hőszivattyús rendszer alkalmazásakor (8. ábra).

Év	C_{02} kibocsátás gázkazán,+folyadékhűtő fűtésnél t	C_{02} kibocsátás Hőszivattyú Hűtésnél t/év	C_{02} kibocsátás csökkenés Összesen t
2020	70,35	26,9	43,45

8. ábra.

Összegzés

Megállapítható, hogy átgondolt, körültekintő tervezéssel, a hőszivattyúk határainak, lehetőségeinek ismeretében ipari rendszereknél is sikeresen lehet alkalmazni a magas hőmérsékletű hőszivattyúkat, amivel jelentős mértékben hozzájárulhatunk a klímavédelmi célok eléréséhez. Mint az előzőekből látható, az ipari rendszerek jellemzője, hogy a folyamatos üzemvitelnél viszonylag kis teljesítményeknél is nagy kWh/év energiamennyiségekre van szükség. Ennek megfelelően a károsanyag-kibocsátás megtakarítás is nagyobb értékű – jelen esetben várhatóan 43,45 t CO_2/év. Emellett jelentős NO_x- és CO-megtakarítás is jelentkezik.

Remélem ez a kis teljesítményű, de pozitív példa az egyes ipari szektorok döntéshozóit és a tervező mérnököket gondolkodásra és cselekvésre készteti.

Fodor Zoltán
fejlesztőmérnök
Geowatt Kft.