

# Hűtőgép-termostátok vizsgálata dinamikus neutron-radiográfiával

Dr. Balaskó Márton\* – Szikra István\*\* – Kuzén Zoltán\*\*

A dinamikus neutron-radiográfia (DNR) jól ismert roncsolásmentes anyagvizsgáló módszer, amelyet világszerte használnak [1] a különböző ipari eszközök belsejében lejátszódó jelenségek vizuális megfigyelésére. Magyarországon, a KFKI kutatóreaktoránál, 15 éve [2] kezdtük a DNR vizsgálatokat a hazai készülégyártók termékeinek tökéletesítése céljából. A hűtőgép gyártástechnikája eddig is érdeklődésünk homlokterében állt [3, 4], mert a hűtőközegek nagy hidrogéntartalma és a fém alkatrészek csekély falvastagsága lehetővé teszi a hűtőrendszeren belüli áramlási és szegregációs jelenségek nyomon követését. Ezen munkánkban a hűtőszekrények termostátjainak működési sajátosságainak tanulmányozása során elért eredményeinket tesszük közzé.

## A berendezés

A KFKI Atomenergia Kutató Intézet 10 MW-os kutatóreaktorának 2. sz. vízszintes csatornája mellett 1994 óta működik a dinamikus radiográfiai mérőhely [5], ahol neutron-, gamma- és röntgensugarakkal világítjuk át a vizsgálati tárgyakat. A neutron- és gammasugárzást a reaktorban elhelyezett komplex, rétegelt szerkezetű, pin-hole típusú kollimátor formálja a megkívánt mértékben. A kollimációs tényező (L/D): 170. A sugárnyalában a neutronfluxus értéke  $10^8$  n.cm<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup>. A sugárnyaláb átmérője 150 mm. A vizsgálati tárgyak kiterjedése az esetek többségében ezt meghaladja, ezért azokat egy távvezérelhető mechanizmus segítségével mozgatjuk a megfigyeléseink során. A letapogatható felület mérete: 1000x700 mm, a súlyhatár: 250 kg. A neutronsugárzást NE 426 típusú szcintillátorlemezrel tesszük láthatóvá. A keletkező kis intenzitású fény egy tükrörről reflektálódik a zoomoptikával felszerelt, nagy érzékenységű tv-kamerába, amelynek érzékenysége  $10^{-4}$  lux és a képkalkuláció ideje 40 ms. A mérés során megfigyelt jelenségeket egy S-VHS típusú videomagnó rögzíti, így a mérés későbbi kiértékelésére, illetve a képfeldolgozásra is van lehetőség. A képfeldolgozást egy Quantel Sapphire 5.05 angol és egy IMANZ (β verzió) magyar gyártmányú szoftver segítségével végezzük. A kiértékelte mérési eredményekről videoprinterrel azonnal másolatot tudunk szolgáltatni partnereink számára.

## A mérés tárgya

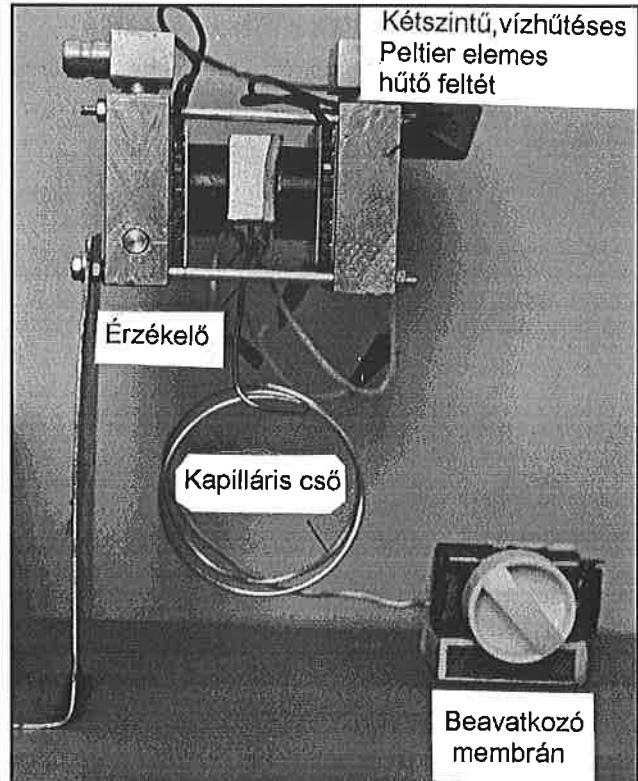
A hűtőgépek hőmérséklet-szabályozását gáztöltésű termostátok végzik. A 2 mm külső átmérőjű érzékelőelemet, vele azonos átmérőjű, 70 cm hosszú kapilláris cső köti össze a beavatkozó membránnal. Ennek átmérője 30 mm, falvastagsága 0,3 mm, vastagsága 5 mm. A membrán elmozdulása a töltőgáz nyomásváltozására mindössze 0,4 mm, ezért egy mechanikai áttétellel összeépítve kerül forgalomba, és így már képes egy elektronikus kontaktus létesítésére, amely vezéri a kompresszort. Ha a működő gáz hőmérséklete megnő, akkor beindítja a kompresszort, majd a hőmérséklet-csökkenés hatására az érzékelőben cseppfolyósodik a hajtógáz, csökken a nyomás, összehúzódik a membrán és kikapcsolja a kompresszort.

## A mérés

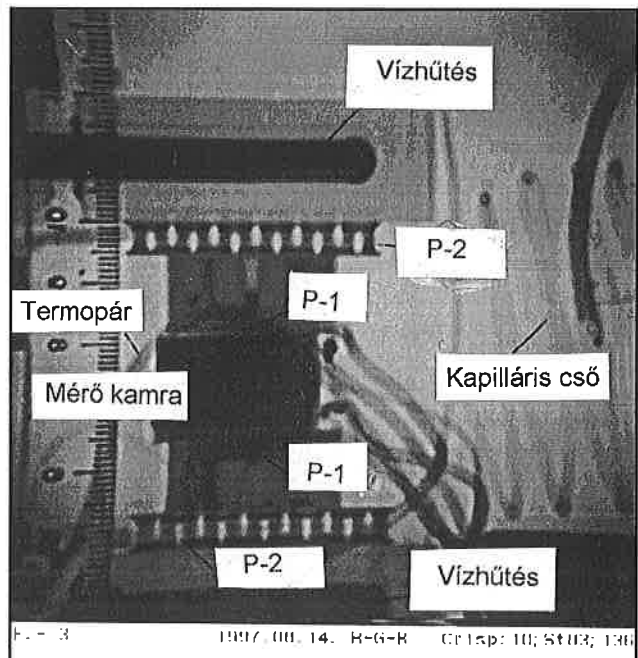
A hűtőszekrények üzemeltetése során néha rejtélyes kapcsolási tranziensek következtében csak késleltetve indult a kompresszor, amely a hűtött tér felesleges felmelegedését okozta. Ezen hibajelenség megfigyelésére, majd elhárítására irányultak vizsgálataink.

A hűtőszekrény vastag hőszigetelése és a kapilláris cső szűk keresztmetszete nem tette lehetővé, hogy közvetlenül megfigyelhessük a termostát működési sajátosságait. Ezért építettünk egy saját tervezésű,

kétszintű, vízűtéses Peltier-elemes hűtőfeltétet, amelynek a képe az 1. ábrán látható. Ennek segítségével modellezni tudtuk a hűtőszekrény belsejében kialakuló hőmérséklet-viszonyokat, és így a DNR segítségével tanulmányozni lehetett a termostát érzékelőjében lejátszódó ese-



1. ábra. Mérési elrendezés termostátok mérésére Peltier-elemes hűtőfeltéttel.



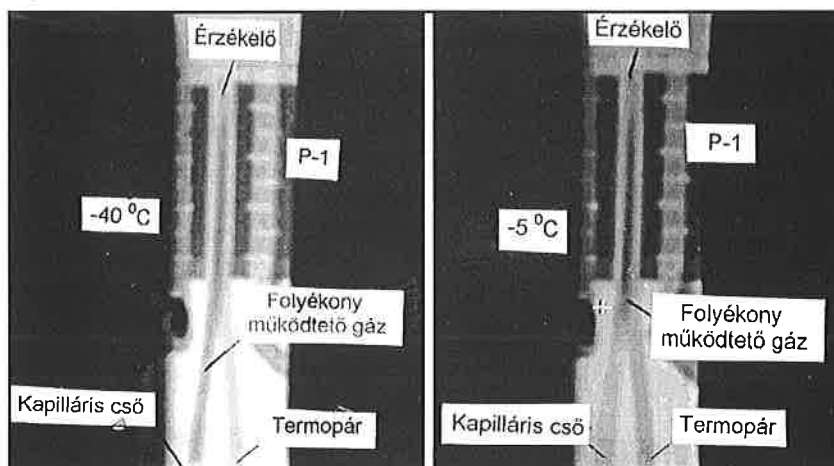
2. ábra. Peltier-elemes mérőfeltét neutron-radiográfiai képe

\* KFKI Atomenergia Kutató Intézet, 1525 Budapest, 114, Pf.: 49

\*\* Lehel Hűtőgépgyár Kft. 5101 Jászberény, Pf.: 64

ményeket. A 2. ábrán a 25 °C hőmérsékletű mérőfeltét DNR-képét láthatjuk. A feltét külső hűtőelemeinek (P-2) meleg oldalait víz hűti, míg a

belső elemek (P-1) meleg felületein keletkező hőt a külső elemek hideg oldala vonja el. A mérőkamra hőmérsékletét termoelem-párral mértük. A



3/a ábra. Termosztát érzékelőjében lévő kondenzálódott anyag neutron-radiográfiai képe -40 °C-on

3/b ábra. Termosztát érzékelőjéből kimoszult folyadékoszlop neutron-radiográfiai képe -5 °C-on

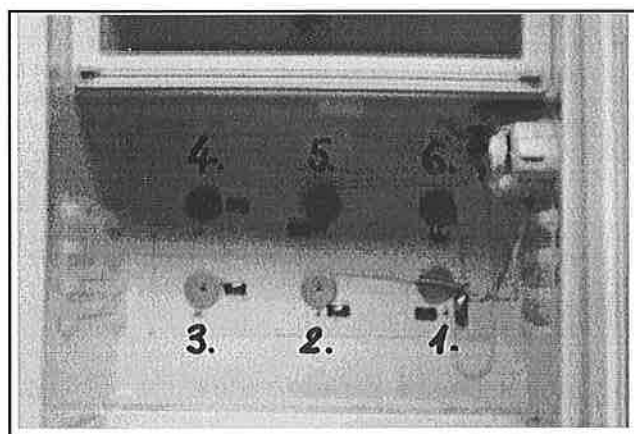
rendszer hőtehetetlensége igen csekély. A belső kamra hőmérséklete 10 perc alatt -45 °C-ra volt csökkenthető. Az egész elrendezés könnyen mobilizálható volt, és lehetőségünk nyílt az érzékelő lehetséges szerelési helyzeteinek a modellezésére.

Vízszintes pozícióban nem észleltünk semmi különöset; a lehűlés során a termosztát érzékelőjében kondenzálódott a hajtógáz, majd -40 °C elérésekor a beavatkozó elem megszakította a Peltier-elemek áramellátását. A folyékony gáz térfogata csökkenni kezdett a hőmérséklet emelkedésével arányosan, majd a -5 °C elérésekor csupán 15 mm hosszban töltötte ki az érzékelőt, amikor a termosztát ismét zárta a hőelem áramkörét. Megfigyeléseink során egyetlen téves kapcsolást sem észleltünk.

Az érzékelőelem függőleges működtetése során -40 °C elérésekor a kondenzálódott gázoszlop hossza elérte a 40 mm-t, amint az a 3/a ábrán látható, s ekkor kikapcsolt a termosztát. Ezt követően a mérőkamra hőmérséklete

emelkedni kezdett és az érzékelőben fokozatosan csökkent a folyékony gáz térfogata. A -5 °C elérésekor a megmaradt, mintegy 15 mm hosszú folyékony gázoszlop váratlanul összeomlott és kimoszult a kamrából lefelé, amint az a 3/b ábrán látható. Az oszlop térfogata jelentősen lecsökkent az alsó, melegebb csőszakaszhoz érve, majd az intenzív gázfejlődés a maradék folyadékot visszalökte a belső Peltier-elemek közé. A jelenség még kétszer megismétlődött 6 másodpercen belül. A termosztát kapcsolója ismételt kontaktus-váltásokkal követte az eseményeket. Ez magyarázatul szolgál a hűtőszekrények kompresszorainak a késlekedő indulására. A kompresszorok ismételt túláram elleni védelemmel vannak ellátva és az első kontaktusváltást követően 4 percig tiltják a motor újraindulását.

A 4. ábrán látható az a kísérleti hűtőszekrény, amelybe 6 darab termosztátot szereltünk a hátdoldali elpárologtató panelra. Mindegyiknél ügyeltünk arra, hogy a folyékony gázoszlop ne tudjon függőlegesen lefelé haladni. Példaként lehet látni az 5. ábrán az 1. jelű érzékelőben lévő folyékony hajtóanyag elhelyezkedését. A 72 órás mérési ciklus során egyetlen hibás kapcsolási jelenséget sem tapasztaltunk.



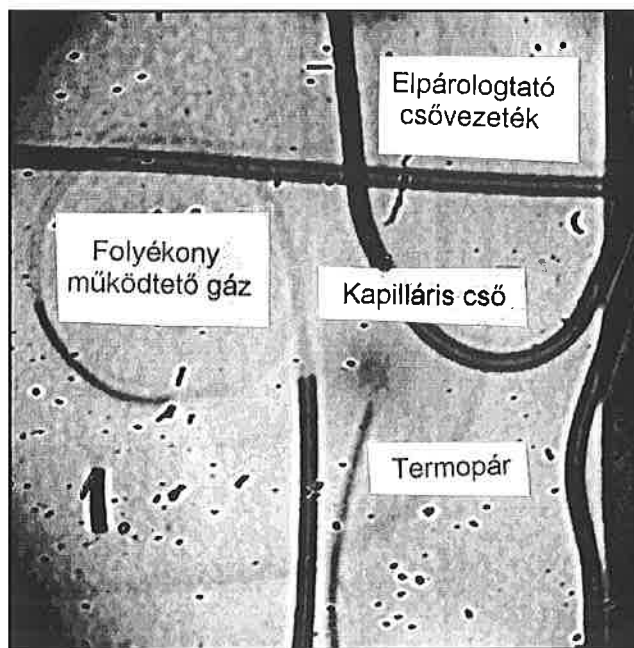
4. ábra. Kísérleti hűtőszekrény termosztátok sorozatmérésére előkészítve

### Következtetés

Méréseink során tapasztaltuk, hogy a DNR alkalmas módszer a hűtőszekrény kompresszorai késlekedő indulási jelenségének a magyarázatára. Megfigyeléseink alapján megállapítottuk, hogy a hűtőszekrények hőmérséklet-szabályozását végző termosztátok érzékelőjének helytelen szerelési pozíciója a felelős a rendellenességért. Ezért javaslatot tettünk a hiba elkerülését biztosító szerelési előírásra.

### Irodalom

- [1] Proc. 4th World Conf. on Neutron Radiography, WCNR-4 (Ed.: J.P. Barton, Gordon and Breach Science Publ. 1993.)
- [2] M. Balaskó, E. Sváb, L. Cser, L. Pálvölgyi, J. Oláh: Visualization of dynamic processes by neutron radiography, Proc. 3rd European, Conf. on Non-Destructive Testing, Firenze, Vol. 4 (1984) pp. 383-390.
- [3] M. Balaskó, E. Sváb, I. Cserháti: Combined dynamic neutron radiography and thermovision in development of absorption aggregators, Proc. 7th European Conf. on Non-Destructive Testing (ECNDT '98), Ed.: B. Larsen, Copenhagen (1998), pp. 341-348.
- [4] M. Balaskó, E. Sváb, J. Oláh, J. Bojtos: Dynamic neutron radiography in development of environment friend compressor refrigerators. Proc. Conf. Heat Engines and Environmental Protection, Baltonfüred, (1995), pp. 286-291.
- [5] M. Balaskó, E. Sváb: Dynamic neutron radiography instrumentation and applications in Central Europe, Nuclear Inst. and Methods in Physics Research A377, (1996), pp. 140-143.



5. ábra. Az 1. sz. termosztát-érzékelőben lévő folyékony hajtóanyag neutron-radiográfiai képe