

# MEGJEGYZÉSEK ELEKTROMOS KÁLYHÁK HŐMÉRSEKLETSZABÁLYOZÁSÁHOZ\*

TARJÁN IMRE és VOSZKA RUDOLF

Budapesti Orvosi Fizikai Intézet

E cikkben a szerzők kristálynövesztési vizsgálataiknál használt termoelemes hőmérsékletszabályozót ismertettek, amely egyben a hőmérséklet folyamatos változtatására és a hőmérséklet mérésére is alkalmas. Az ismert elven működő hőmérsékletszabályozó használatát néhány gondolat alkalmazásával egészítették ki. A készüléket 1000 C°-ig használták.

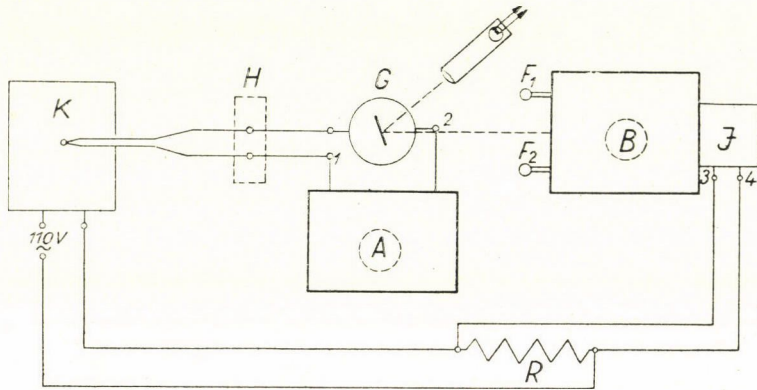
Intézetünkben vizsgálatok folynak különböző egykristályoknak olvadékból való előállításával kapcsolatban. Erre a célra különböző hőmérsékleti tartományokban dolgozó és különböző speciális igényeket kielégítő elektromos kályhákat építettünk. A kristálynövekedés, temperálás, hűtés körülményeinek ellenőrzése szempontjából minden esetben lényeges szerepet játszik a kristály terében a hőmérsékletszabályozás. Bár a követelmények az egyes esetekben és kristályfajták szerint is különbözőek, általános azonban az a követelmény, hogy a folyamatok alatt — gyakran több napon át — minél lassúbb hőmérsékletváltozások ériék a kristályt. A növekedés tartama alatt sem annyira a hőmérséklet állandósága, mint inkább a hőmérsékletváltozás lassúsága a döntő szempont. Berendezéseink egyik részében közvetlenül a hőmérsékletet, más esetekben viszont a kályha fűtőfeszültségét szabályoztuk.

Az irodalom a szabályozókat két csoportra osztja [1]: folyamatos és diszkontinuus szabályozók. Egyelőre diszkontinuus szabályozókkal dolgoztunk. A közvetlen hőmérsékletszabályozásnak előnye, hogy a szobahőmérséklet változásait is korrigálja, hátránya viszont az, hogy a kályha hőtehetetlensége a szabályozás intervallumát növeli. A feszültségszabályozásnál a külső hőmérséklet változásai a kályhában is jelentkeznek, a diszkontinuus szabályozással együttjáró feszültségváltozások azonban a kályha belsejében — ha nagy hőtehetetlenségű kályhával dolgozunk — finom és csak igen lassú hőmérsékletváltozásokban nyilvánulnak meg. Közvetlen hőmérsékletszabályozás esetén tehát a kályha hőtehetetlensége kellemetlen tényező, a feszültségszabályozás esetén viszont javunkra szolgál. Főül nyitott kályhákban, mint amilyeneket pl. a Kyropoulos módszernél alkalmazunk, hőmérsékletszabályozással dolgoztunk, a tégelysüllyesztés eljárásnál pedig, amelynél alul nyitott, bizonyos esetekben pedig teljesen zárt és így a környezettől kevésbé befolyásolt kályhák

\* Érkezett 1955. I. 10.

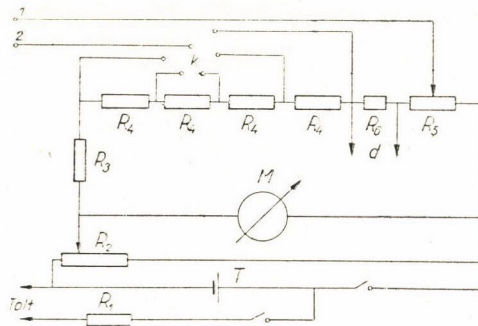
használatosak, a feszültséget szabályoztuk [2]. Az alábbiakban csupán az általunk alkalmazott hőmérséklet szabályozót ismertetjük.<sup>1</sup>

Jól ismert elven felépült szabályzóról van szó, amelyet az intézetben föllelhető alkatrészekből házilag állítottunk össze. Érdekessége néhány apró gondolat felhasználásából áll, amelyeket részben éppen kristályosító kályhák-nál sikerrel alkalmazhatunk.



1. ábra. A termoelemes szabályozó elvi kapcsolási rajza

A berendezés működésének elvét az 1. ábrán láthatjuk. A  $K$  stabilizáló hőmérsékletű térbe egy termoelem melegpontja nyúlik, hidegpontját Dewar-edényben ( $H$ ) olvadó jég hőmérsékletén tartjuk. A termofeszültséget az  $A$  kompenzáló kör közbeiktatásával a  $G$  tükrös műszerre visszük. A kompenzáló kört úgy állítjuk be, hogy a kívánt hőmérsékleten a műszer nullállásban legyen és a tükréről visszaverődött fény az  $F_1$  és  $F_2$  fotocellák közé



2. ábra. A kompenzáló kör kapcsolási rajza

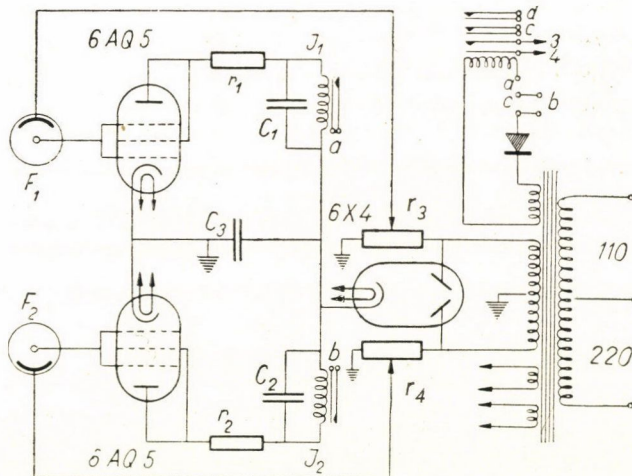
essék. Ha a hőmérséklet változik, pl megnő, a fény az egyik cellára jut, amely a  $B$  erősítő berendezésen át  $J$  jelfogó segítségével beiktatja a fűtőkörbe az  $R$  ellenállást. A hőmérséklet mindaddig csökken, míg a fény a másik

<sup>1</sup> A feszültségszabályozóról külön cikkben számolunk be.

cellára nem esik. A  $J$  jelfogó ekkor rövidre zárja az  $R$  ellenállást és a hőmérséklet mindaddig nő, míg a fény az első cellára nem esik, és így tovább. Az  $R$  ellenállás értékét úgy kell megválasztanunk, hogy rövidzárás esetén a hálózat várható legkisebb feszültségét számításba véve, az áramerősség elegendő legyen a kívánt hőmérséklet elérésére. Az  $R$  ellenállás beiktatásakor pedig a hálózat várható legnagyobb feszültsége mellett is az áramerősség kisebb legyen, mint a kívánt hőmérséklet eléréséhez szükséges áramerősség.

A 2. ábra az  $A$  kompenzálókört mutatja. A kompenzáló feszültséget a  $T$  akkumulátor szolgáltatja, amely esetenként az  $R_1$  ellenálláson át hálózatról tölthető. Az  $R_2$  potencióméterrel beállítható feszültséget az  $M$  műszerrel ellenőrizzük. Ezt a feszültséget osztóláncrea visszük, amely az  $R_3$  ellenálláson kívül öt egyenlő értékű tagból ( $R_4, R_5$ ) áll, egyikük ( $R_5$ ) potencióméter.<sup>2</sup> Ily módon az 1 és 2 pontok közötti feszültség a  $k$  kapcsoló és az  $R_5$  potencióméter állításával folyamatosan szabályozható 0-tól kb. 50 mV-ig. Ezzel a feszültséggel kompenzáljuk a tükrös műszerre eső termofeszültséget. A kompenzáló feszültség változtatásával a kályha hőmérsékletét változtathatjuk. Az  $R_5$  potencióméter skálája 200 részre van osztva, így egy beosztás 1  $^{\circ}$ -nak felel meg. Ezen a skálán lehet tehát kompenzálás esetén a hőmérsékletet leolvasnunk.

A 3. ábra a fotocella erősítőt szemlélteti. Ha az  $F_2$  fotocellát fény éri, akkor a hozzátartozó cső rácsa negatív feszültséget kap és a cső lezár. Ebben az esetben az anódkörben levő fordított üzemű  $J_2$  jelfogó bekapcsolja a  $J$



3. ábra. A fotocellaerősítő kapcsolási rajza

erősáramú jelfogót, amely rövidre zárja a fűtőkörben levő  $R$  ellenállást. Ha a fény elhagyja a cellát, — akár egyik, akár másik irányban — a  $J_2$  kikapcsol ugyan, de a  $J$  a  $c$  kontaktuspár zárása miatt bekapcsolva marad és kioldás

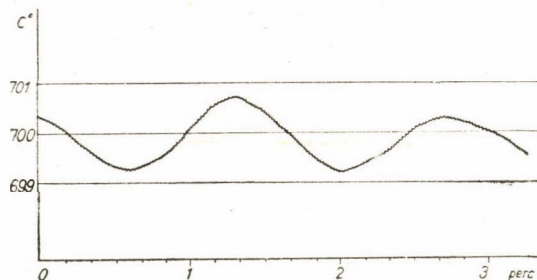
<sup>2</sup> Az  $R_6$  ellenállás és a  $d$  kontaktuspár szerepéről később lesz szó.

csak abban az esetben következik be, ha a fény az  $F_1$  cellára esik. Ilyenkor a  $J_1$  jelfogó, minthogy  $a$  kontaktuspárja a  $c$  kontaktussal sorba van kötve, a  $J$  jelfogó áramát szakítja és az  $R$  ellenállást beiktatja. Az  $R$  ellenállás beiktatva marad mindaddig, amíg a fény ismét az  $F_2$  fotocellára nem esik. Az  $r_3$  és  $r_4$  potencióméterek segítségével a cella-feszültséget lehet a fényerősséghez beállítani.

Megépített berendezésünkben a fotocellák kb. 30 cm-re voltak a tükrös műszertől, a cellák közötti távolság pedig kb. 2 cm széles fényfolt esetén kb. 2,5 cm volt. A tükrös műszer érzékenysége a fotocellák síkjában mérve kb.  $10^{-5}$  V/mm volt. Ebben az esetben konstantán-kantal termoelemet használva<sup>3</sup> a berendezés a kályha hőtehetetlenségétől függően kb. 2–5 C°-os periodikus ingadozásokon belül stabilizált bármely hőmérsékleten. Egy periódus időtartama átlagosan 1,5 perc. A fentemlített távolságok változtatásával, valamint érzékenyebb műszer alkalmazásával az érzékenység fokozható.

Lényeges javítást érhetünk el azonban az  $R_6$  ellenállás beiktatásával, amelyiknek rövidzárását és bekapcsolását a  $d$  kontaktuspáron keresztül a  $J$  jelfogó szabályozza (lásd a 2. és 3. ábrát). Ha a  $J$  „meghúz”, az  $R_6$  rövidzárása folytán a kompenzáló feszültség kis értékkel csökken, és a fényfolt az  $F_1$  celláról azonnal az  $F_2$  cellára megy át. Ekkor azonban a  $J$  kiold, az  $R_6$  rövidzárása is megszűnik, a kompenzáló feszültség megnő és a fényfolt ismét az  $F_1$  cellára esik és így tovább. A  $J$  jelfogó szapora működése következtében (kb. másodpercenként nyit-zár) a szabályozás kis szakaszokban történik, így a kályha hőtehetetlenségéből eredő hiba jelentékenyen csökkenthető. Ehhez hasonló gondolatot alkalmazott Moser ellenállásos hőmérsékletszabályozóknál hídkapcsolásban [3].

A módosított berendezéssel végzett egyik ellenőrző mérésünk eredményét az alábbiakban közöljük. A használt kályha külső átmérője 14 cm, hossza 18 cm, belső méretei 3 cm és 10 cm, a falak közötti tér azbeszttal volt kitöltve. A szabályozó és mérő termoelemet (mindkettő konstantán-kantal) egymástól kb. 1 cm-re helyeztük el. A mérést 700 C°-on végeztük 10 órán át.



4. ábra. A hőmérsékletváltozás időbeli lefolyása.

<sup>3</sup> Konstantán-kantal elem termofeszültsége  $5,1 \cdot 10^{-2}$  V/1000 C°, platina-platinrhodium elemé pedig  $9,6 \cdot 10^{-3}$  V/1000 C°.

A hőmérsékletváltozás a 4. ábrában felrajzolt görbe szerint ment végbe. A finom csipkésítés, amelynek periódusa kb. 1 sec, amplitudója kb.  $0,05\text{ C}^\circ$  volt, a  $J$  jelfogó működésével egy időben történt, az elnyújtott hőmérsékletingadozás pedig a fotocellákra eső fényfoltok a két cella közötti periodikus eltolódásával volt kapcsolatban, periódusa kb. 1,5 perc, amplitudója  $\pm 1\text{ C}^\circ$ -nál kisebb volt. Kis tégelyben olvadékot helyezve a kályhába és ebbe téve vékonyfalú kvarccsőbe a mérő termoelemet, a finom csipkésítés nem jelentkezett, az elnyújtott hullámzás amplitudója pedig  $\pm 0,2\text{ C}^\circ$ -nál kisebb volt. Ez a pontosság kísérleteinkben elegendő volt, bár — mint említettük — a pontosság fokozható.

Ha a hőmérséklet állandóságára nem helyezünk súlyt, és megelégszünk a hőmérséklet lassú változásával valamilyen egyensúlyi helyzet körül — ami éppen kristályosítási vizsgálatoknál megengedhető — akkor más eljárást is alkalmazhatunk. A fentiekben a szabályozó termoelemet a stabilizálandó térbe, vagyis a kályha belsejébe helyeztük. Tegyük a termoelem melegpontját közvetlenül a fűtőszál mellé,<sup>4</sup> és olyan kályhát építsünk, amely a fűtőszál külső oldalán gyöngébb, a belső tér felé viszont jó hőszigeteléssel rendelkezik. Ilyen esetben a termoelem gyorsan megérzi a feszültségváltozások okozta hőmérsékletváltozásokat és a kályha belsejében, éppen a jó belső hőszigetelés folytán, csökkentett hőmérsékletingadozások jelentkeznek. Olyan módosítást is végeztünk, hogy a kristályosító kályhával sorbakötöttünk egy rossz hőszigetelésű kis kályhát, amelyben a fűtőszál hőmérséklete gyorsan reagált a hálózati feszültségingadozásokra, valamint a külső hőmérséklet változásaira is. A termoelemet e kis kályha fűtőszálához helyeztük. Ily módon a szabályozás periódikusságából eredő hőmérsékletingadozásokat a kályha belsejében tovább sikerült csökkenteni. Minthogy azonban a kísérleti kályha és a vele sorbakötött segédkályha hőtehetlensége különböző volt, ezért a kísérleti kályhában egy lassú hőmérsékletváltozás jelentkezett, amely a hálózati feszültség emelkedő vagy csökkenő tendenciájával volt kapcsolatban. Ez utóbbi módszernek előnye, hogy a szabályozó termoelem lényegesen alacsonyabb hőmérsékleten működik, valamint nincs kitéve a sógőzök korrodáló hatásának.

#### IRODALOM

[1] *F. Henning*, Temperaturmessung 1951. *I. Strong*, Procedures in experimental Physics, 1951.

[2] *Tarján—Turchányi—Voszka*, Magyar Fizikai Folyóirat, 2, 1954.

[3] *Moser*, Z. f. techn. Physik, 13, 384, 1932.

<sup>4</sup> Ezt az eljárást egyébként már néhány évvel ezelőtt *Gyulai—Tarján—Zimonyi—Ujhelyi* kvarcnövesztési vizsgálatainál is alkalmazták.

