

Izzólámpát sokat használunk, de vajon ismerjük-e?! (2. rész)

KOLLÁR ERNŐ

Fék- és helyzetjelző izzószálak egymásra gyakorolt hatása

Ugyanabban az üveggömbben lévő fék- és helyzetjelző izzószálak működésükor egymásra hatást gyakorolnak. Gondoljunk a következő példára: a kikapcsolt helyzetjelző mellett fékezünk, a fék-izzószál a környezeti hőmérsékletéről izik fel a működési hőmérsékletre. Bekapcsolt helyzetjelző mellett azonban egy „előmelegített” környezetben kezdődik meg a felizzás, ezért a fék-izzószál hőmérsékleti válasza a magasabb hőmérsékleti értékek irányába tolódik el. Eközben természetesen visszahat a helyzetjelző izzószálra is, aminek szintén növekszik a hőmérséklete. Vajon ez a kölcsönhatás megmutatkozik-e az elhasználódási folyamatban?

A gyakorlatban a kisebb névleges teljesítményű helyzetjelző működik folyamatos üzemmódban, miközben a nagyobb névleges teljesítményű fék-izzószál csak rövid időre kapcsolódik be. Az elhasználódás tekintetében ezt úgy értelmeztük, hogy a helyzetjelző folyamatos működése öregíti az időnként felizzó fék-izzószálra. Ha ez a fajta elhasználódás valóban létezik, és felcseréljük a két izzószál funkcióját, azaz a nagyobb névleges teljesítményű izzószállal öregítjük a kisebbet, akkor azon vélhetően szembe-tűnőbb módon jelenik meg az elhasználódás. A kísérletben az elhasználódás

idejét lerövidítve állandó 30 W teljesítményt kényszerítettünk a fék-izzószálra, és közben regisztráltuk a helyzetjelző ellenállását. Az eltelt idő függvényében ábrázoltuk a helyzetjelző ellenállásának relatív megváltozását (8. ábra).

A korábbi méréseknél tapasztaltunk, hogy az első pár órában az izzószál ellenállása csökken, és csak utána kezd növekedésbe. Feltételezhető, hogy a karakterisztika kezdeti tartományában ezt a beégési részt látjuk. A karakterisztika további része azonban nem mutat egyértelmű növekvő vagy csökkenő tendenciát. Vegyük észre azt, hogy a relativellenállás-megváltozás tengelyét erősen felnagyítottuk, továbbá emlékezzünk, hogy a névlegesnél közel másfélszer nagyobb teljesítmény hajtotta a felcserélt funkciójú izzószálra!

Az elvégzett kísérlet alapján arra következtethetünk, hogy a fék- és helyzetjelző izzószálak egymás elhasználódását legfeljebb csak a beégési részben idézhetik elő. A gerjesztett izzószál körül felhevült gáz a szomszédos izzószál beégését segítette elő.

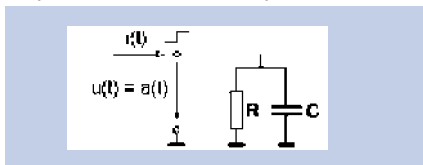
Öregedésvizsgálat termikus tranzien mérés segítségével

Felvetődhet a kérdés, vajon a kapcsolási feszültség (felvett áram) monitorozása mellett milyen más módszerrel lehet még az elhasználódást nyomon követni? Egyik ilyen lehetséges módszer a termikus tranzi-

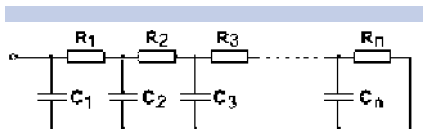
ensmérés, aminek lényege a vizsgált eszközre adott teljesítmény-egységugrás termikus válaszfüggvényének felvételén és kiértékelésén alapszik. A válaszfüggvény numerikus feldolgozása speciális hőterjedési térképeket, ún. *struktúrafüggvényeket* ad a gerjesztés helyétől a végtelen környezet felé. A módszer alkalmassá tehető különféle eszközök roncsolásmentes vizsgálatára, valamint egyes anyagok bizonyos termikus jellemzőinek mérésére is. A termikus tranziens-mérési módszer elméleti hátterét korábban már publikálták, ezért itt a részletekre nem térünk ki.

A módszer az alábbi analógiát alkalmazva (9. ábra) a termikus rendszer problémáját az elosztott paraméterű RC-hálózat megoldására vezeti vissza:

Feszültség	→	Hőmérséklet
Áram	→	Hőáram
Ellenállás	→	Hővezetési ellenállás
Kapacitás	→	Hőkapacitás



9. ábra. A termikus rendszert leíró RC-hálózatanalógia és legegyszerűbb esete, az egytagú Cauer-hálózat

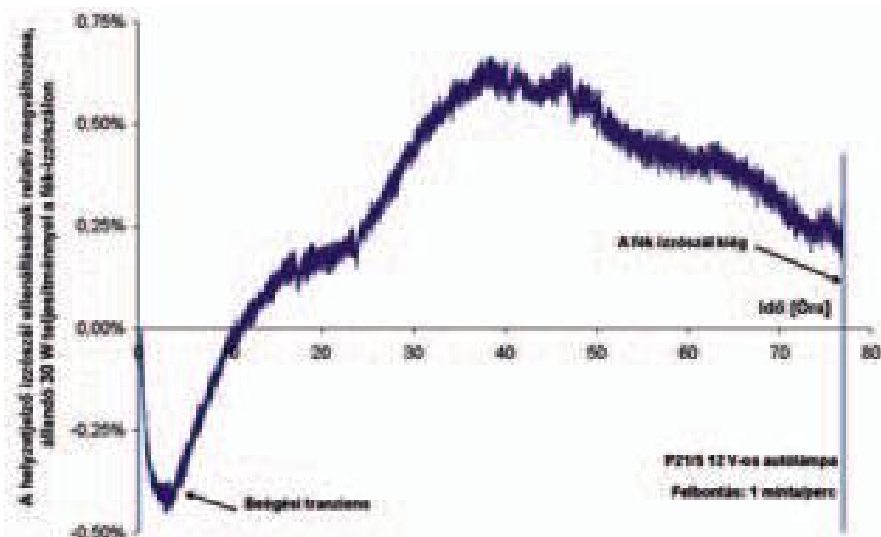


10. ábra. Bonyolultabb, termikus struktúrák Cauer-hálózati modellje

A fenti RC-hálózat R és C elemeiből kölcsönösen egyértelmű módon meghatározható az áram-egység lépésre adott $a(t)$ válaszfüggvény a amplitúdójúja és t időállandója.

Egyszerű termikus struktúra esetén (némi közelítéssel ilyenek tekinthető például egy kicsi vörösréz golyó) egy tagból áll a Cauer-hálózat. Bonyolult struktúrák esetén, ha az egydimenziós hőárammodell és elfogadható közelítés egy adott struktúrára, akkor a több tagból álló Cauer-hálózat (10. ábra) különböző tagjai megfelelnek a fizikai struktúra egyes részeinek. Az „egydimenziós” jelző itt nem csupán a vonal mentén történő hőterjedésre vonatkozik, hanem a koncentrikus és a gömbfelületű hőterjedésre is, általában arra az esetre, ha a hőáramnak egy *domináns pályája* van.

A *struktúrafüggvények* a termikus struktúrák RC-hálózat Cauer-modelljének grafikus megjelenítései. A hővezetési ellenállás a hőforrás (gerjesztés helye) és a hálózatmodell n -edik eleme között:



8. ábra. Az izzószálak egymásra gyakorolt hatása

$$R_{\Sigma}(n) = \sum_{i=1}^n R_i, \quad (1)$$

valamint a kumulatív hőkapacitás:

$$C_{\Sigma}(n) = \sum_{i=1}^n C_i, \quad (2)$$

ahol R_i és C_i jelöli a Cauer-hálózat i -edik tagjának értékeit. Tekintsük ezeket az $R_{\Sigma}(n)$ és $C_{\Sigma}(n)$ értékeket egy folytonos $C_{\Sigma}(R_{\Sigma})$ függvény közelítésének, ismert pontjainak! Ábrázolva a C_{Σ} -t R_{Σ} függvényében, a kumulatív (integrális) struktúrafüggvényhez jutunk (11. ábra).

Termikustranziens-mérés izzólámpákon

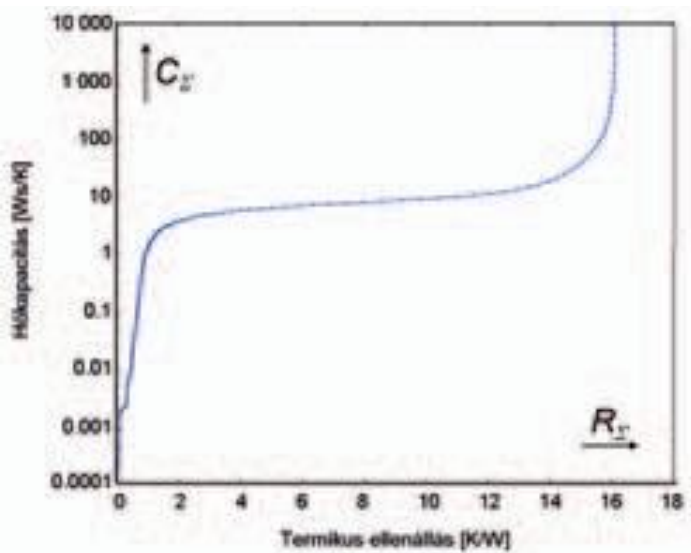
A termikustranziens-mérésnél az izzószál ellenállásának hőmérsékletfüggését használjuk ki: ennek révén magát az izzószálat használjuk hőmérséklet-érzékelő elemként is. A felfűtött izzószálról az I_{force} fűtőáramot lekapcsolva, az állandó I_{sense} szenzoráramot változatlanul hagyva mérjük a rajta eső feszültséget, amely arányos az izzószál hőmérsékletével. A szenzoráramnak akkorának kell lennie, hogy az izzószál hűléséből eredő feszültségváltozás akkora legyen, hogy a mérhető mértéktartományon túl alkalmas legyen értékelhető struktúrafüggvények készítésére is. Fontos, hogy a két áram összege mellett sem történhet fénykibocsátás sem a látható, sem az infravörös tartományban! Csak ekkor élhetünk azzal a feltételezéssel, hogy az izzószálra adott teljesítmény teljes egészében hővé alakul. A struktúrafüggvények segítségével történő analízisünk során a sugárzás útján távozó teljesítményt nem vettük figyelembe. Vizsgálatunkat a P21 12 V jelű autólámpán végeztük. Próbamérések alapján a szenzoráram értékéül $I_{sense} = 100$ mA-t, fűtőáramként pedig $I_{force} = 400$ mA-t választottunk. Az izzószál ellenállásának hőmérsékletfüggését folyadékos termosztát segítségével 4 vezetékes ellenállásméréssel határoztuk meg. Figyelembe véve a 100 mA-es szenzoráramot, az izzószál hőmérséklet-érzékenysége:

$$\gamma = 100 \text{ mA} \cdot 1.748 \frac{\text{m}\Omega}{\text{K}} = 174.8 \frac{\mu\text{V}}{\text{K}} \quad (3)$$

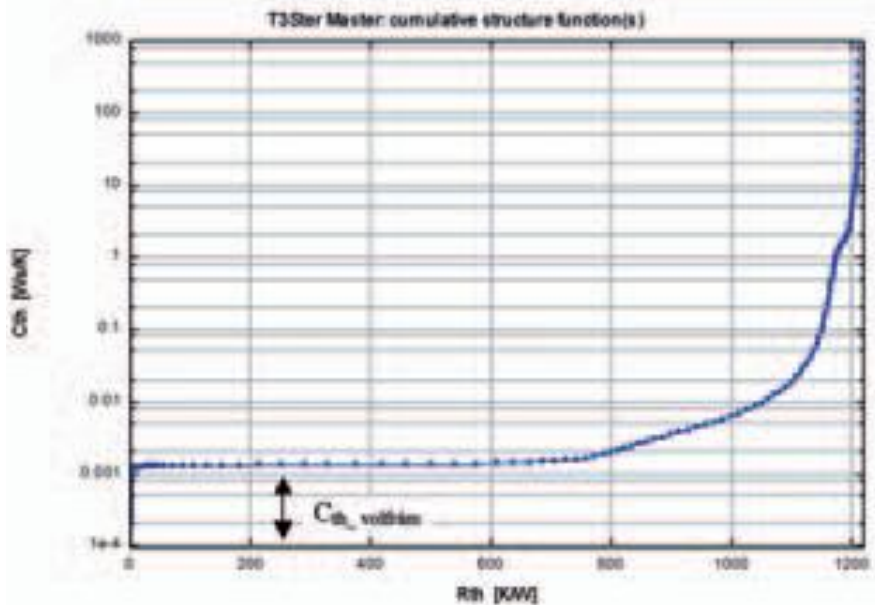
Az U-I karakterisztika nemlineáris volta miatt a disszipációlépés pontos értékét magából a karakterisztikából kell meghatározni úgy, hogy az $I_{sense} + I_{force}$ és az I_{sense} munkaponti áramokhoz tartozó teljesítmény különbségét képezzük.

A teljesítmény-egységugrásra adott hőmérsékleti választ rögzítettük, majd a T3SterMaster [2] szoftverrel struktúrafüggvényt készítettünk belőle (12. ábra).

Az izzóban a gerjesztés helye a volfrámszál, így a termikus struktúrát jellemző függvényben is az izzószál termikus tulajdonságai jelennek meg először. (A Cauer-hálózati modell első tagja.) A függvényről



11. ábra. Kumulatív (integrális) struktúrafüggvény



12. ábra. A P21 12 V-os izzó termikus viselkedését jellemző kumulatív struktúrafüggvény

leolvasható a volfrámszál hőkapacitása. Ha utóbbit osztjuk a volfrám fajlagos hőkapacitásával, akkor megkapjuk az izzószál térfogatát. Ha az elhasználódás során különböző időpillanatokban mérünk egy-egy termikus tranziens, nyomon követhetővé válik az izzószál fogyása.

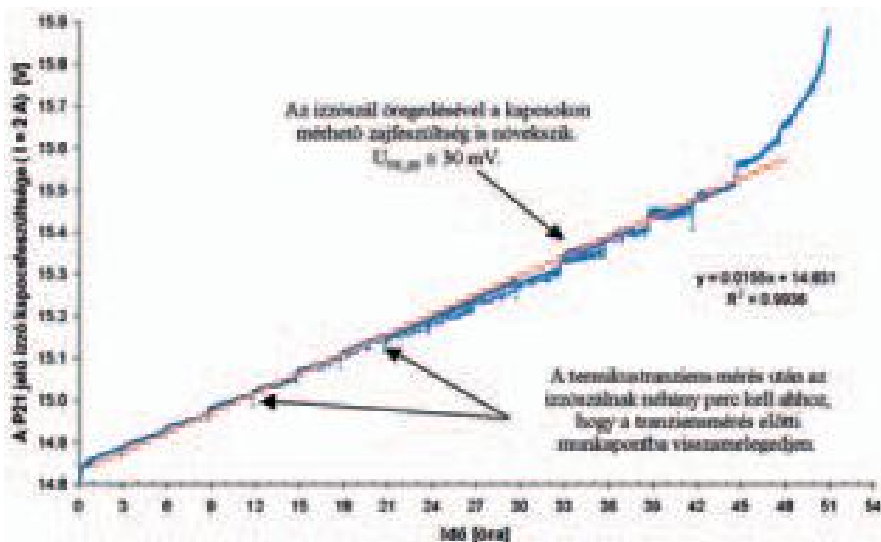
Az elhasználódás folyamatát most is felgyorsítottuk úgy, hogy a névleges áram helyett 2 A-t kényszerítettünk át az izzón. Percenként rögzítettük a kapcsolófeszültséget, és 3 óránként – az öregítést megszakítva – termikus tranzienszt mértünk az izzószálon (13. ábra).

A kihűlt izzó csak néhány perc elteltével melegsik vissza abba a munkapontba, amiben előzőleg megszakítottuk. Ez az izzó kapcsolófeszültségén nyomon követhető, a megszakítások egyértelműen azonosíthatók a görbén. A 3 óránként felvett termikustranziens-válasz egyikéből elkészítettük a kumulatív struk-

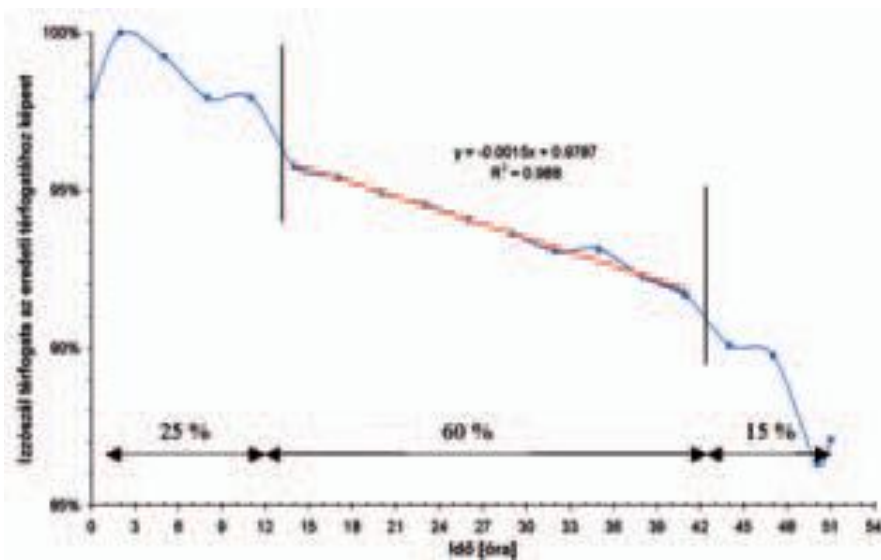
túrafüggvényt, amiből rendre meghatároztuk a volfrámspirál térfogatát. A spirál-térfogatokat normalizáltuk az öregítés előtti izzószál térfogatával. Ábrázoltuk a normalizált térfogatot az eltelt idő függvényében (14. ábra).

- A görbén három tartomány különíthető el:
- kezdeti (beégési) tartomány, ahol a térfogatcsökkenés még nem egyenletes
 - lineáris tartomány, ahol az eltelt idővel egyenesen arányosan csökken az izzószál térfogata (állandó áram mellett!)
 - kiégési tartomány, ahol az izzószál térfogatcsökkenésének üteme felgyorsul, szerkezete jelentős változáson megy keresztül.

Az izzószál térfogatának 13-14%-a párolgott el. Ez az arány harmonizál az



13. ábra. Az 50 óra élettartamra becsült P21 izzólámpa kapocsfeszültségének növekedése ($I = 2 \text{ A}$)



14. ábra. Az izzószál normalizált térfogatának csökkenése az idő függvényében

irodalomban [3] 15%-os (tömegszázalékos), halálos százaléknak nevezett értékkel. (Érdemes megjegyezni, hogy a halogénizzók esetén nem tudjuk ily módon nyomon követni az elhasználódást, mert az elpárolgott volfrám visszarakódik az izzószálra.)

Tekintsük az izzószálat egy L hosszúságú, A keresztmetszetű, c_{vol} fajlagos

hőkapacitású, λ hővezetési együtthatójú hengernek, akkor az izzószál termikus időállandója:

$$\tau = R_{th} \cdot C_{th} = \left(\frac{1}{\lambda} \cdot \frac{L}{A} \right) \cdot (c_{vol} \cdot A \cdot L) = \frac{c_{vol} \cdot L^2}{\lambda} \quad (4)$$

Az izzószálról elpárolgó anyag a szál keresztmetszetet csökkenti. Látható, hogy

ez az időállandó időbeli elhelyezkedését nem befolyásolja. A hőmérséklettranzienst-transzientekből készített időállandóspektrumban az izzószál termikus időállandójának megfelelő spektrumvonal helye változatlan maradt, a nagysága körülbelül 15%-ot nőtt.

Konklúzió

Megmutattuk, hogy a különböző névleges teljesítményű izzók névleges feszültségre és felvett áramra normalizált egyen-áramú U-I karakterisztikája 20 W névleges teljesítmény felett jó közelítéssel egybevágónak tekinthetők. A 20 W alatti karakterisztikák a névleges teljesítmény csökkenésével rendre eltorzulnak, és a látható izzás határa a nagyobb normalizált feszültségérték felé tolódik el.

Megmutattuk, hogy az izzólámpa teljes életciklusa alatt elkülöníthető egy rövid kezdeti beégési rész, egy hosszú lineáris és egy rövid kiegészítő rész.

Láttuk, hogy a halogénizzókon a normál lámpákhoz képest kisebb zajfeszültség mérhető, ami a halogén-körfolyamattal magyarázható.

A bemutatott mérés alapján megállapítottuk, hogy a fék- és helyzetjelzőlámpa izzószálak egymás elhasználódását legfeljebb csak a beégési részben idézhetik elő.

Végül pedig a termikus tranzienst-mérés segítségével nyomon követtük az izzószál párolgását a normál izzólámpában.

Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretném köszönetemet kifejezni dr. Székely Vladimírnak jelen cikkhez fűzött észrevételeiért és javaslataiért.

Irodalom:

- [4] V. Székely: A new evaluation method of thermal transient measurement results, *Microelectronics Journal*, Vol.28, No.3. (1997) 272–292
- [5] www.micred.com/t3ster/
- [6] Mojzes Imre, Kökényesi Sándor: *Fotonikai anyagok és eszközök*. Egyetemi tankönyv. Műegyetemi Kiadó, 1997

Munkatársat keresünk!

Az ELEKTRO szerkesztősége munkatársat keres szerkesztőségi asszisztens munkakörbe.

Feltétel:

- önálló munkavégzésre való alkalmasság
- magas szintű szervezőképesség
- műszaki érdeklődés
- az Office programokban, valamint az angol nyelv használatában való jártasság.

Az új munkatárs feladata:

- kapcsolattartás a külföldi partnerekkel
- kiállításokon való részvétel megszervezése és bonyolítása
- szakmai konferenciák szervezésében való közreműködés.
- szerkesztőségi adminisztrációs feladatok ellátása

Villamosmérnöki végzettség előny, de nem feltétel!

Bemutató leveleket és önéletrajzokat a mohai@heiling-media.hu e-mail címre várunk!

ELEKTRO
net