

## KERTI GÉPEKBEN ALKALMAZOTT MIKROKAPCSOLÓK ÉLETTARTAM ADATAINAK VIZSGÁLATA

**Sipkás Vivien**

PhD hallgató, Miskolci Egyetem, Gép- és Terméktervezési Intézet  
3515 Miskolc, Miskolc-Egyetemváros, e-mail: [machsv@uni-miskolc.hu](mailto:machsv@uni-miskolc.hu)

**Vadászné Bognár Gabriella**

prof. Dr., egyetemi tanár, Miskolci Egyetem, Gép- és Terméktervezési Intézet  
3515 Miskolc, Miskolc-Egyetemváros, e-mail: [v.bognar.gabriella@uni-miskolc.hu](mailto:v.bognar.gabriella@uni-miskolc.hu)

### **Absztrakt**

A dolgozat célja, hogy bemutassunk egy mikrokapcsoló tesztberendezést és a tesztelés folyamatát. A módszeres tesztelési procedúra kidolgozásában a Taguchi módszert alkalmaztuk. Ezen módszer alkalmazásával kidolgoztuk a mikrokapcsoló minták tesztelési sorrendjét, azok vizsgálati körülményeit (a páratartamát, kapcsolási időszakokat és kapcsolási sebességet). A tesztek közben több módon is rögzítjük a hőmérséklet változását.

**Kulcsszavak:** mikrokapcsoló, Taguchi módszer, kapcsolási ciklus, élettartam tesztek

### **Abstract**

The aim of this paper is to introduce a current version of the workbench for lifetime testing and to design the testing process. In the measurement design the Taguchi method is applied. We used this method to elaborate the test circumstances, humidity, switching speed of the test samples. During the tests the temperature increase is observed.

**Keywords:** micro switches, Taguchi method, switching cycle, lifetime tests

### **1. Bevezetés**

A kutatás célja mikrokapcsolók gyorsított élettartam vizsgálata. Korábban már rámutattunk a mikrokapcsolók leggyakrabban előforduló meghibásodási formáira [1,2], vizsgáltuk azokat a matematikai modelleket, melyek a tesztsorozatok elvégzését követően alkalmazhatók lesznek. Összefoglaltuk a különféle vizsgálati módszereket, melyek segítségével a termékek várható élettartamát becsülhetjük meg [3,5,7]. Bemutattuk az általunk vizsgált szerkezeti elemek (mikrokapcsolók) tesztelésére alkalmas berendezés tervezésének kezdeti lépéseit [6].

Kutatásunk során különböző típusú kerti szerszámban alkalmazott kapcsolókat előre megtervezett rendszer szerint vizsgálunk. A vizsgálatok során feltárjuk azokat a működési viszonyokat, amelyeknél a berendezés normál terhelésénél nagyobb terhelés adható. Célunk, hogy a mérések eredményeiből következtetéseket vonjunk le a mikrokapcsolók élettartamára. A kísérletek megtervezéséhez a Taguchi módszert alkalmaztuk, amelynek segítségével egy jól átlátható kísérleti tervet tudunk összeállítani. Cikkünkben áttekintjük a Taguchi módszer alapjait és megvizsgáljuk annak alkalmazási lehetőségeit. Hogyan tudjuk alkalmazni ezt a módszert saját vizsgálatainkban? A mikrokapcsolók tesztelése során több igénybevételi formát lenne kívánatos megvizsgálni, esetünkben ez rendkívül nagyszámú teszt

lefuttatását jelentené. Taguchi elveit használva azonban a szükséges kísérletek számát jelentősen lecsökkenthetjük.

## 2. A mikrokapcsolókat vizsgáló berendezés bemutatása

Elkészült a mikrokapcsolókat vizsgáló berendezés első prototípusa. Az 1. ábra szemlélteti, hogy a mikrokapcsolókat különálló egységként (nem a kerti szerszámba beépítve) teszteljük. Az erre a célra megtervezett és legyártott munkalapon egyszerre négy darabot tudunk vizsgálni, melyeket egy pneumatikus munkahenger és egy nyomólap segítségével működtetünk. A kapcsolókon 10 A áram folyik, ezt a 12 kW-os kerámialapos műterhelés biztosítja. A pneumatikus munkahenger megfelelő működését fojtás kapcsolók és útváltószelepek szabályozzák. A vizsgálatokhoz készített PLC program segítségével megadhatjuk és nyomon követhetjük a pneumatika által működtetett kapcsolásokat és a mikrokapcsolókon ténylegesen végbemenő kapcsolások számát. A vizsgálat tárgya, hogy hány kapcsolás után mennek tönkre a termékek. Egy kapcsoló hibásnak minősíthető, ha a kapcsolási funkciót már nem tudja ellátni.

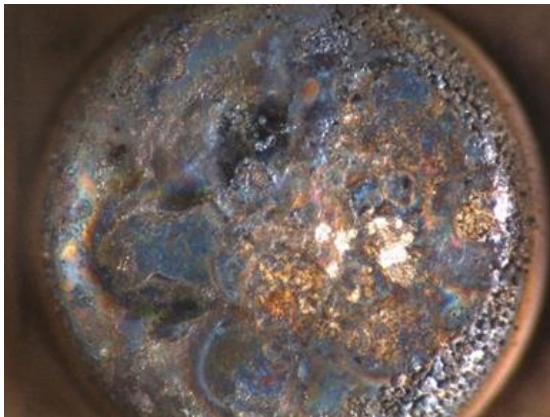


1. ábra. A mikrokapcsolókat vizsgáló berendezés

## 3. A mérések leírása

A tesztberendezés megépítése után lefuttatunk néhány próbatesztet. A tesztek során kétféle kapcsolási sebességet határoztunk meg. Az első két teszt alkalmával 1 s be- és 1 s kikapcsolást állítottunk be, így egy kapcsolási ciklus 2 s volt. A második két teszténél viszont már csökkentettük a be- illetve kikapcsolási időt 0,5 s-ra, így egy kapcsolási ciklus ideje csak 1 s volt. Az első három teszt során a szabvány (IEC 60745-1 Ed 4 2006-04) által előírt 50.000 hibamentes kapcsolási ciklusszám eléréséig teszteltük a mintákat, a negyedik tesztől azonban már nem állítottuk le 50.000 kapcsolási számnál a tesztet, hanem tönkremenetelig engedjük a tesztet. A standard vagy próbatesztek tesztek lefuttatása alkalmával azt tapasztaltuk, hogy hozzávetőlegesen 130.000 kapcsolást még hibamentesen tudnak teljesíteni a vizsgált kapcsolók, meghaladva azt már nagy eséllyel meghibásodhatnak. Jelentkeznek a már korábban ismertetett tönkremeneteli formák [1,2]. Az eddig vizsgálatok alapján a leggyakrabban az érintkező felületek beégését tapasztaltuk. Általában egy bizonyos kapcsolási ciklusszám felett az érintkezők

felületén egyre több szennyeződés és égési folt jelenik meg, magasabb kapcsolási ciklusszám felett pedig a kapcsoló mechanika is roncsolódásokat szenvedhet. Ezeket a jelenségeket a 2. illetve 3. ábrán mutatjuk be.



**2. ábra.** A mikrokapcsoló érintkező felületének egy részlete 50.000 kapcsolási ciklus után



**3. ábra.** A mikrokapcsoló házának és belső szerkezetének fotója egy részlete 143.213 kapcsolási ciklus után

A tesztek végeztével, mikroszkópos felvételeket készítettünk a minták műanyag házáról, a belső szerkezetéről és az érintkező felületekről. Megfigyelhető, hogy az érintkezőkön, annál több szennyeződési, égési folt található minél több kapcsolási ciklust teljesítenek el a kapcsolók.

#### 4. Módszeres mérési rendszer kidolgozása Taguchi „receptje” alapján

Dr. Genichi Taguchi a japán Electrical Communication Laboratories mérnöke arra következtetésre jutott, hogy a minőségellenőrzés és kísérlettervezés hagyományos eszközei már nem elégítik ki a modern kor követelményrendszerét. Taguchi egy új módszert dolgozott ki, melyért 1960-ban állami kitüntetést kapott. 1980-ban a Bell Laboratóriumban mutatta be az általa kidolgozott kísérlettervezési statisztikai módszerét, melyet azóta széles körben alkalmaznak. A Taguchi-filozófia forradalmasította az ipar minőségellenőrzés módszerét, melynek három alapelve a következő [9, 10]:

1. A gyártmány minőségét nem utólag kell ellenőrizni, hanem a gyártmányba bele kell tervezni („quality design”).
2. A minőség akkor lesz a legjobb, ha minimalizáljuk az előíránytól való eltérést. Úgy kell megtervezni a terméket, hogy érzéketlen legyen az ellenőrizhetetlen környezeti hatásokra („robust design”).
3. Az előírástól való eltérés függvényében definiálni kell a minőség előírt „költségét”. A tényleges költséget a teljes termelési folyamat kell során kell rendszeresen mérni („cost of quality”).

A Taguchi módszer lényege, hogy a gyakorlati, kísérleti és tapasztalati tervezési módszereket részesíti előnyben, nem pedig a kísérlettervezés matematikai formuláit. Ez az újszerű elgondolás tette ezt a módszert olyan sikeresen alkalmazhatóvá a már ismert eljárásokkal szemben.

A korábban alkalmazott módszer, a faktoriális kísérlettervezési módszer a kísérletezőnek segített megtalálni a kísérleti eredményre ható legfontosabb faktorokat, és azok lehetséges összes kombináció-

ját. Ezek a faktoriális tervek azonban a nagyon sokfaktoros esetekben túl bonyolultakká váltak, és túl sok kísérlet elvégzését tettek szükségessé [11]. A részleges faktoriális kísérletek megtervezésénél a feles és negyedes replikációk még jól tervezhetők a kihagyott kölcsönhatások következtében létrejövő hatás-keveredések szempontjából, azonban a nyolcados vagy még magasabb rendű replikációkat már nagyon nehezen lehet áttekinteni. Oly módon csökkentette az optimum eléréséhez vezető kísérletek számát, illetve úgy növelte a viszonylag egyszerűen megvizsgálható faktorok és kölcsönhatások számát, hogy rengeteg kísérlet eredmény alapján létrehozott néhány, a gyakorlatban gyakran előforduló feladatra kísérleti terveket. A tervekhez úgynevezett ortogonális táblázatokat dolgozott ki.

Ezekben az ortogonális táblázatokban („orthogonal arrays”) kidolgozta a legáltalánosabbnak nevezhető faktor kombinációkat, és meghatározta, hogy hogyan célszerű elhelyezni a fontosabb és kevésbé fontos hatásokat és kölcsönhatásokat azokban. Ezeket a táblázatokat nevezzük Taguchi „szakácskönyvnek”. A szakácskönyv előnye, hogy a felhasználónak nem kell végiggondolni az összes hatás- és kölcsönhatás lehetséges verzióját [8-10].

A kísérlet teljes lebonyolítása az alábbi három lépésből áll:

1. Meg kell határozni a minőség jellemzőit, a kísérletben megvizsgálendő legfontosabb faktorokat és azok fontosági szintjeinek szóba jöhető értékét. A mi esetünkben ezek a faktorok a kapcsolási sebesség és a relatív páratartalom. Ezeket az értékeket az 1.-es táblázatban rögzítettük.
2. Meg kell tervezni és el kell végezni a kísérleteket a Taguchi- féle eljárás szerint.
3. Le kell futtatni egy ellenőrző kísérletet az optimális körülmények mellett. (lásd 3. Mérések leírása fejezet) [9,10].

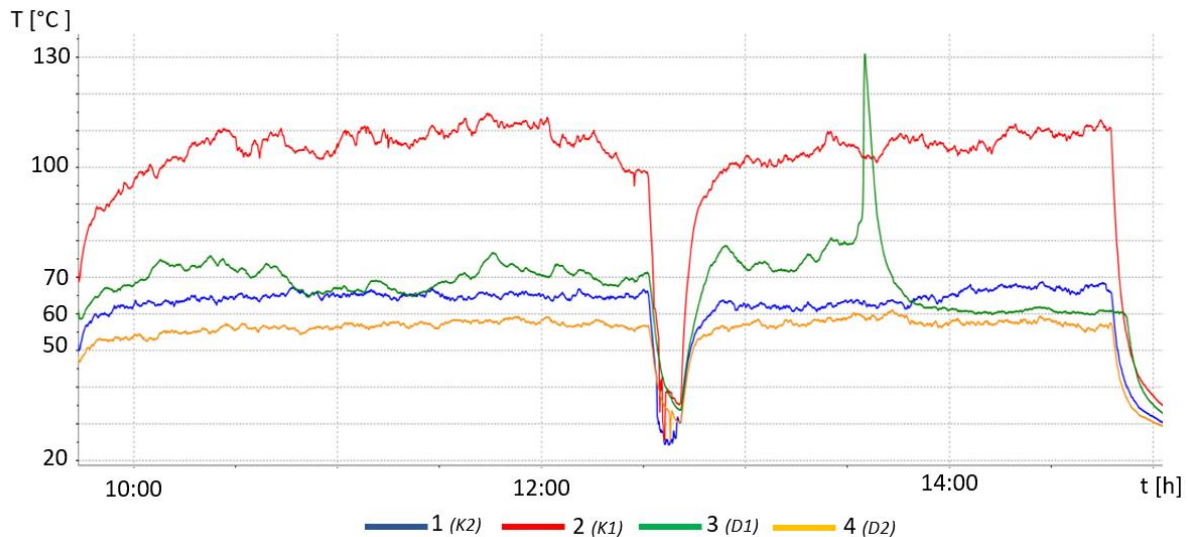
**1. táblázat.** Adatbázis, a tönkremeneteli eredményekkel  
Taguchi módszere alapján

| Vizsgált típusok száma | Kapcsoló típusok | Kapcsolási idő [s] | Relatív páratartalom [%] | A tesztek száma |        |        |        |
|------------------------|------------------|--------------------|--------------------------|-----------------|--------|--------|--------|
|                        |                  |                    |                          | 1               | 2      | 3      | 4      |
| 1                      | D.1              | 0,3                | 60                       | 143213          | 129171 | 171711 | 168082 |
| 2                      | D.1              | 0,3                | 80                       |                 |        |        |        |
| 3                      | D.1              | 0,25               | 60                       | 148664          | 165500 | 134524 | 124684 |
| 4                      | D.1              | 0,25               | 80                       |                 |        |        |        |
| 5                      | D.2              | 0,3                | 60                       | 180230          | 191019 | 182428 | 196031 |
| 6                      | D.2              | 0,3                | 80                       |                 |        |        |        |
| 7                      | D.2              | 0,25               | 60                       | 182918          | 170965 | 205622 | 225077 |
| 8                      | D.2              | 0,25               | 80                       |                 |        |        |        |
| 9                      | K.1              | 0,3                | 60                       | 189966          | 197341 | 197917 | 201465 |
| 10                     | K.1              | 0,3                | 80                       |                 |        |        |        |
| 11                     | K.1              | 0,25               | 60                       | 138767          | 217426 | 99140  | 185672 |
| 12                     | K.1              | 0,25               | 80                       |                 |        |        |        |
| 13                     | K.2              | 0,3                | 60                       | 180235          | 212592 | 209829 | 209829 |
| 14                     | K.2              | 0,3                | 80                       |                 |        |        |        |
| 15                     | K.2              | 0,25               | 60                       | 196937          | 217426 | 91820  | 154036 |
| 16                     | K.2              | 0,25               | 80                       |                 |        |        |        |

Az 1. táblázatban bemutattuk a vizsgálatainkhoz szükséges kísérletek számát. Meghatároztuk, hogy összesen négy típusú mikrokapcsolót tesztelünk, 0,3 s és 0,25 s kapcsolási idővel, 60% -os és 80% -os relatív páratartalmak beállításával.

## 5. A mérések eredményei

A 4. ábrán bemutatott diagramon a mikrokapcsolók utolsó 5000 kapcsolásánál, a hőmérsékletmérő műszer által rögzített értékek láthatók. Az adatgyűjtő 10 másodpercenként rögzíti a teszt közbeni értékeket, és ez egy látványos hőmérséklet diagramon jelenik meg. A diagramról leolvasható, hogy viszonylag nagy működési különbségek jelentkeznek egyes kapcsolóknál.



**4. ábra.** Az utolsó 5000 kapcsolási ciklusánál rögzített hőmérsékletek, 0,3 s kapcsolási idővel

A 4. ábrán látható diagram vízszintes tengelye a tesztek eltelt idejét jelöli, a függőleges tengely pedig a hőmérsékletet. A zöld színnel jelölt görbe azt mutatja, hogy a harmas helyen lévő mikrokapcsoló mintájának a hőmérséklete hirtelen megugrik 131 °C-ra, ekkor következik be a tönkremenetel. A diagramról leolvasható, hogy nem az a kapcsoló ment tönkre a leghamarabb, amelyik a teszt korábbi szakaszaiban a legmagasabb melegedést produkálta, hanem amelyik viszonylag átlagosan viselkedett.

## 6. Összefoglalás

A cikkben bemutattuk a mikrokapcsolók vizsgálatára alkalmas munkapad jelenlegi verzióját és összeállítottuk Taguchi elve szerint a négy mintára, két kapcsolási sebességgel és két környezeti páratartalommal elvégzendő mérési tervet.

Az adatbázist további mérési adatokkal bővítjük, ezt követően pedig statisztikai elemzéseket kívánunk elvégezni az élettartam adatok meghatározásához.

A teszteket folyamatosan, egymást követően – a jövőben pedig a relatív páratartalom szabályozhatóságával/állandóságával – végezzük. A megfelelő mennyiségű teszt elvégzését követően pedig a teszt sorozatok eredményeiből a mikrokapcsolók várható élettartamát előrejelző eljárást lehet kidolgozni és a termékek élettartamát befolyásoló tervezési és gyártási ajánlásokat adni. Az eredmények alapján pedig egy olyan matematikai eljárást dolgozunk ki, amely a várható élettartam meghatározásánál több befolyásoló tényező hatását is érvényesíteni tudja.

## 7. Köszönetnyilvánítás

A cikkben ismertetett kutató munka az EFOP-3.6.1-16-2016-00011 jelű „Fiatalodó és Megújuló Egyetem – Innovatív Tudásváros – a Miskolci Egyetem intelligens szakosodást szolgáló intézményi fejlesztése” projekt részeként – a Széchenyi 2020 keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

## Irodalom

- [1] Sipkás, V., Vadászné Bognár, G.: *Mikrokapcsolók Weibull- eloszlásán alapuló gyorsított élettartam vizsgálatok*, Doktoranduszok Fóruma, Miskolci Egyetem, Gépészmérnöki és Informatikai Kar, 2018, pp.105-110, ISBN 978-963-358-166-7
- [2] Sipkás, V., Bognár, G.: *The Application of Accelerated Life Testing Method for Micro Switches*, International Journal of Instrumentation and Measurement 2018, 3:1-5
- [3] Sipkás, V., Bognár, G.: *Failure Prediction Models for Accelerated Life Tests*, WSEAS Transactions on Circuits and Systems 2018, 17:173-179
- [4] Sipkás, V., Bognár, G.: *Micro Switch Failure Analysis*, Design of Machines and Structures, A Publication of the University of Miskolc 2018, 8(1):29-35
- [5] Sipkás, V., Vadászné Bognár, G.: *Mikrokapcsolók meghibásodási analízise*, Doktoranduszok Fóruma, Miskolci Egyetem, Gépészmérnöki és Informatikai Kar, 2019, pp.91-95, ISBN 978-963-358-194-0
- [6] Sipkás, V., Vadászné Bognár, G.: *Mikrokapcsolók élettartam vizsgálatának kérdései*, XXVII. Nemzetközi Gépészeti Konferencia, 2019, pp. 476-479, ISSN 2068-1267
- [7] Meeker, W. Q., Escobar, L. A.: *Statistical Methods for Reliability Data*, Wiley-Interscience Publication – John Wiley & Sons, INC, Copyright, 1998, ISBN 978-0-471-14328
- [8] Veličković, S., Stojanović, B., Babić, M., Vencl, A., Bobić, I., Vadászné Bognár, G., Vučetić, F.: *Parametric optimization of the aluminium nanocomposites wear rate*, Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering 2019, 41(1):1-10. <https://doi.org/10.1007/s40430-018-1531-8>
- [9] Wenzel, K.: *Kísérletek tervezése Taguchi-módszerrel*, 2013, <https://docplayer.hu/45687927-Kiserletek-tervezese-Taguchi-modszerrel.html> (Letöltés dátuma: 2019.10.14)
- [10] Finszter, F., Aradi, P., Czmerk, A., Németh, Z., Wenzelné Gerőfy, K., Halmai, A.: *Járműipari tesztelés és jóváhagyás, A Taguchi- módszer*, [http://mogi.bme.hu/TAMOP/jarmuipari\\_tesztelés\\_es\\_jovahagyás/ch04.html](http://mogi.bme.hu/TAMOP/jarmuipari_tesztelés_es_jovahagyás/ch04.html), (Date of download: 19.10.2019)
- [11] Kemény, S., Deák, A.: *Kísérletek tervezése és értékelése*, Műszaki Könyvkiadó, 2000