

MIKROKAPCSOLÓK MEGHIBÁSODÁSI ADATAINAK KIÉRTÉKELÉSE

EVALUATION OF FAILURE DATA OF MICRO SWITCHES

Sipkás Vivien¹ PhD hallgató, machsv@uni-miskolc.hu

Vadászné Bognár Gabriella² Prof. Dr., v.bognar.gabriella@uni-miskolc.hu

^{1,2} Miskolci Egyetem, Gépészmérnöki és Informatikai kar, Gép- és Terméktervezési Intézet

ABSTRACT

The purpose of this paper is to present the test results performed on microswitches and to characterize the lifetime of each product with changes in mean, standard deviation, and density functions of Weibull curves. Our goal is to develop a life prediction method and to predict the reliability of products in engineering practice.

1. BEVEZETÉS

Korunk fogyasztói társadalma egyre megbízhatóbb, nagyobb élettartamú és technológiailag is hibátlan termékeket követel. Ezek a magasszintű elvárások gondosan megtervezett megbízhatósági élettartam tesztek igényelnek a termékekre vonatkozóan. Jó módszer a gyorsított élettartam tesztelés (Accelerated Life Testing) alkalmazása melynek előnye, hogy a statisztikailag is megbízható élettartam adatokat rövidebb idő alatt tudjuk meghatározni. A gyorsított élettartam vizsgálatok jellegzetessége, hogy valamely élettartam tényezőt fokozott mértékben vizsgálunk, mint például megemelt igénybevételi gyakoriság, sebesség változás, terhelési szintemelkedés, csökkenés és környezeti hatások megváltoztatása. A vizsgálandó termékelemeket, vagyis a mikrokapcsolókat az ipar számos területén alkalmazzák elsősorban elektromos berendezések áramkörében. Ezen egységeket különféle méretben, típusban és konstrukciós kialakításban megtalálhatjuk a mindennapi környezetünkben, mint például háztartási gépekben, járművekben és szerszámgepekben.

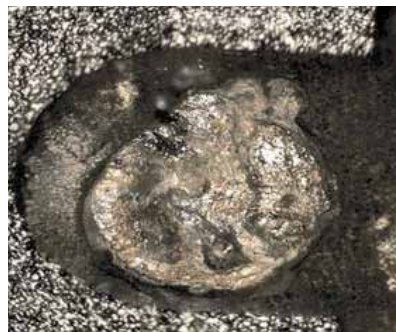
Kutatásunk célja gyorsított élettartam tesztekkel olyan élettartam előrejelző módszert kialakítani, melynek segítségével a mérnöki gyakorlatban előre jelezni tudjuk a szerkezeti elemek élettartamát, megbízhatóságát és az esetleges karbantartási időket. Számításba vesszük a termékek sajátos működési feltételeit, körülményeit és meghibásodási folyamatait. A mikrokapcsolók több típusán is élettartam tesztek végzünk, több környezeti és működési hatást figyelembe véve úgy, mint kétféle páratartalom szint és kapcsolási idő. Ezen

vizsgálatok alapján élettartam becsülő modell kifejlesztését szeretnénk elérni.

A cikk célja, hogy bemutassuk a mikrokapcsolókra elvégzett teszteredményeket, valamint jellemezzük az egyes termékek élettartamát az átlag, a szórás változásaival és a Weibull-görbék sűrűség függvényeinek szemléltetésével.

2. MÉRÉSI EREDMÉNYEK BEMUTATÁSA

A termékek megfelelő működésére, belső alkatrészek károsodására, például az érintkező felületek kopására és beégésére több tényező is hatással lehet, ilyen például a hőmérséklet, páratartalom és a kapcsolási idő (lásd 1. ábra 3D mikroszkóp felvétel a K2 típusú mikrokapcsoló érintkezőiről, 180.235 kapcsolási ciklus után) [3,4,7].



1. ábra. A K2 típusú mikrokapcsoló érintkezője

A körülmények hatásainak vizsgálatára összeállítottunk egy vizsgálóberendezést, melyen a kapcsolók különböző típusaiból egyszerre négyet tudunk vizsgálni. A berendezést PLC program segítségével működtetjük, ezzel követhetjük az egységeken ténylegesen végbemenő kapcsolások számát. A berendezésen különböző páratartalom szintet és kapcsolási időt állíthatunk be [8,9]. A vizsgálat tárgya, hogy hány kapcsolás után mennek tönkre a termékek. Egy mikrokapcsoló hibásnak tekinthető, ha a kapcsolási funkciót már nem tudja ellátni. A tesztek során összehasonlíthatjuk a különböző szinteken működtetett termékek élettartam adatait. A [10,11] cikkekben egy kísérleti mátrix segítségével foglaltuk össze az összes kísérleti

lehetőséget. Meghatároztuk a kísérletünkben szereplő faktorokat és szinteket a vizsgált mikrokapcsoló típusok, kapcsolási idő és páratartalom függvényében. Az adatok alapján ábráztuk a válaszfelület függvényeket lineáris és nemlineáris esetekre, a faktorok és a tönkremeneteli ciklusszámok megadásával. Az élettartam tesztek során összesen 4 típusú mintát vizsgáltunk, két páratartalom szinten két kapcsolási idővel. Ezeket a tönkremeneteli adatokat a következő fejezetben részletesen, diagramokkal mutatjuk be.

3. TÖNKREMETELI ADATOK SZEMLÉLTETÉSE

Vizsgálatainkban 4 típusú mikrokapcsoló teszteltünk, melyeket D1, D2, K1 és K2 jelöléssel láttunk el. Mindegyik típusból 10 darabot vizsgáltunk, 4 beállítással. Így összesen 160 darab tönkrement mintánk van.

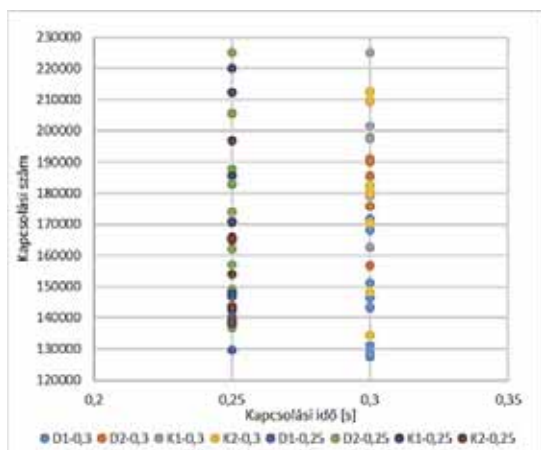
A négy beállítás:

- 0,25s kapcsolási idő és 60%-os páratartalom (40 darab minta),
- 0,25s kapcsolási idő és 80%-os páratartalom (40 darab minta),
- 0,30s kapcsolási idő és 60%-os páratartalom (40 darab minta),
- 0,30s kapcsolási idő és 80%-os páratartalom (40 darab minta).

Ezen adatokat a 3. és 4. ábrákon mutatjuk be.

3.1. Meghibásodott mikrokapcsolók adatainak ábrázolása a kapcsolási szám és a kapcsolási idő/páratartalom tengelyén

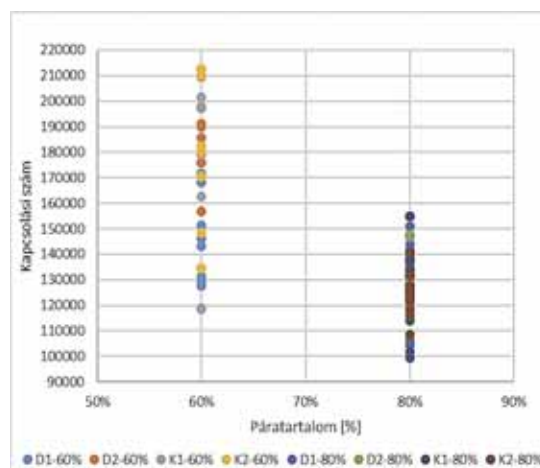
Az előző fejezetben vázolt 4 féle beállításból adódott mérési eredményeket diagramokon ábráztuk.



2. ábra. Meghibásodási adatok 60%-os páratartalom mellett

A 2. ábrán bemutattuk azokat az eredményeket, melyeket 60%-os páratartalom beállítással, 0,25s és 0,30s kapcsolási idő mellett adódtak.

Összehasonlítottuk a két különböző kapcsolási idő, de azonos páratartalom beállítása mellett kapott tönkremeneteli adatokat.

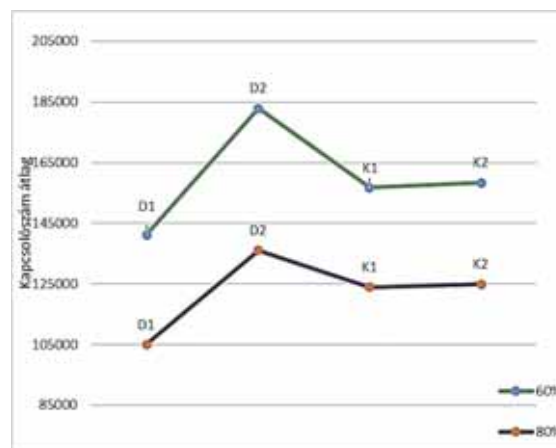


3. ábra. Meghibásodási adatok 0,30s kapcsolási idővel

A 3. ábrán azokat az adatokat láthatjuk, melyeket 0,30s kapcsolási idő mellett 60% illetve 80%-os páratartalom mellett teszteltünk. A diagram jelzi a két különböző páratartalom, de azonos kapcsolási idő beállításon kapott tönkremeneteli ciklusszámokat.

3.2. Meghibásodott mikrokapcsolók adatainak átlaga és szórása

Az alábbi diagramokon ábráztuk a különböző kapcsoló típusok kapcsolási idő és páratartalom szinteken kapott adatok átlagát és szórását.

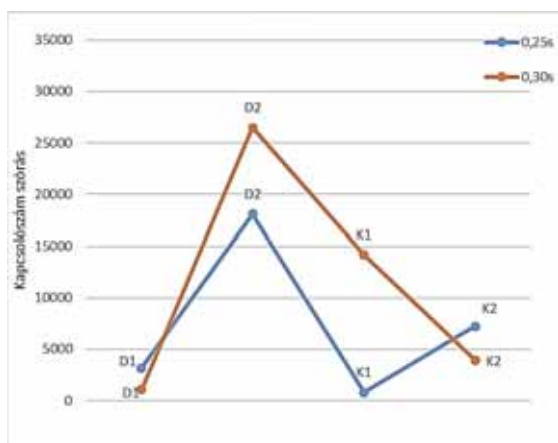


4. ábra. Átlag ábrázolása 0,30s kapcsolási időre

Meghatároztuk kapcsoló típusonként (D1, D2, K1, K2) a 10 tönkremeneteli adat átlagát valamint szórását.

A 4. ábrán láthatjuk a 0,30s kapcsolási idő beállítással tesztelt minták eredményeiből számított átlagokat, két páratartalom szint beállítással. Mindkét beállítás esetén a D2 jelű kapcsoló átlaga a legnagyobb és a D1 pedig a legkisebb.

Az 5. ábrán pedig az eredményekből számított szórásértékeket láthatjuk, 80%-os páratartalom beállítással, 0,25s és 0,30s kapcsolási idővel. A 0,25s beállításon végzett mérések esetén a D2 kapcsolónak a legnagyobb és K2-nek a legkisebb a szórása, míg a 0,30s beállításon ugyancsak a D2 típusnak a legnagyobb a szórása. De, itt D1-nek a legkisebb.



5. ábra. Szórás 80%-os páratartalomra

4. A WEIBULL- ELOSZLÁS ALKALMAZÁSA A MÉRÉSI EREDMÉNYEINKRE

A mikrokapcsolók meghibásodási analízise során a meghibásodási vizsgálatok eredményeit, a tönkremeneteli folyamatok hatását a termékek élettartamára vonatkozóan a Weibull-eloszlás alkalmazásával fogjuk elemezni.

4.1 A Weibull-eloszlás sűrűségfüggvénye

A Weibull-féle eloszlásfüggvény általános, háromparaméteres alakja [1-8]:

$$F(t) = \begin{cases} 1 - \exp\left[-\frac{(t - \gamma)^\beta}{\alpha}\right], & \text{ha } t \geq \gamma, \\ 0, & \text{ha } t < \gamma. \end{cases} \quad (1)$$

Az $F(t)$ függvény megadja a t tényleges működési idő alatti meghibásodási valószínűséget, azaz a selejtarányt. Az (1) képletben t a statisztikus változó,

$\alpha > 0$ skálaparaméter,

$\beta > 0$ alakparaméter,

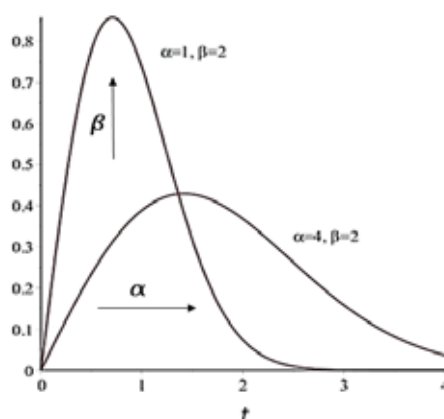
$\gamma \geq 0$ helyparaméter, melyet 0-nak veszünk fel.

A 6. ábrán a Weibull-eloszlás sűrűségfüggvényre bemutattuk a skálaparaméter (α) és az alakparaméter (β) hatásait. Abban az esetben, ha az α nagyobb, akkor a sűrűségfüggvény alakja szélesebb lesz. Ha viszont β nagyobb, akkor sűrűségfüggvény alakja megnyúltabb.

4.2 Weibull-görbék a mérési eredményekre

Az élettartam tesztek alapján a meghibásodási ciklusszámokból a Matlab szoftver, Distribution fitter moduljának alkalmazásával ábrázoltuk a

mikrokapcsolók élettartamára vonatkozó sűrűségfüggvényeket (lásd 8-9 ábrák).

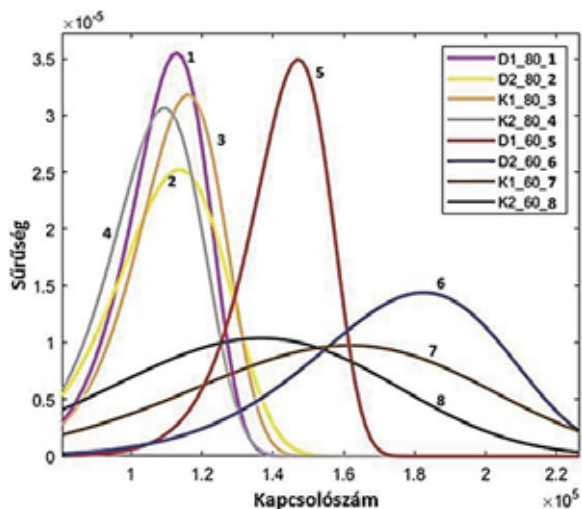


6. ábra A Weibull –eloszlás sűrűségfüggvénye

1. táblázat. Értékek 0,30s kapcsolási időre

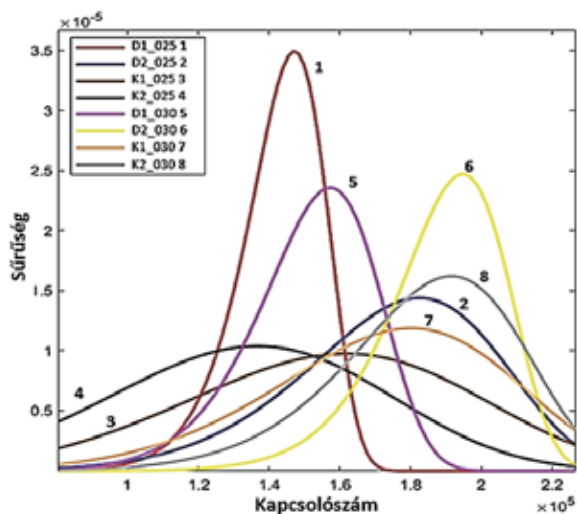
Matlab által kalkulált értékek	D1	D2	K1	K2	
Log. likelihood	-111,834	-111,333	-118,561	-115,691	
Tartomány	$0 < y < \text{Inf}$	$0 < y < \text{Inf}$	$0 < y < \text{Inf}$	$0 < y < \text{Inf}$	
Átlag	151303	188353	172365	183622	0,30s
Variancia	3,22653e+08	3,060045e+08	1,14682e+09	6,61174e+08	
α (becs.)	158945	195913	185950	194407	60%
β (becs.)	10,1419	13,1326	5,91063	8,50977	
α (st.hiba)	5235,54	4986,56	10464,1	7601,91	
β (st.hiba)	2,60717	3,27806	1,52868	2,2295	
Log. likelihood	-109,903	-107,895	-111,396	-105,144	
Tartomány	$0 < y < \text{Inf}$	$0 < y < \text{Inf}$	$0 < y < \text{Inf}$	$0 < y < \text{Inf}$	
Átlag	129779	134940	126842	125236	0,30s
Variancia	2,13386e+08	1,62373e+08	2,97214e+08	9,12767e+07	
α (becs.)	136019	140442	134094	129402	80%
β (becs.)	10,7296	12,9066	8,78488	16,1263	
α (st.hiba)	4217,12	3649,35	5092,5	2681	
β (st.hiba)	2,76049	3,10867	2,17941	3,94166	

Az 1. táblázatban megadtuk a számított értékeket, melyek között megfigyelhetők a skálaparaméter (α) és az alakparaméter (β) becstelt és standard hiba értékei minden típus esetén. Az 1. táblázatban csupán a 0,30s kapcsolási idővel és a kétféle páratartalom beállításon mért adatokból kalkulált értékeket mutatjuk be.



8. ábra 0,25s kapcsolási idő és 60%, ill. 80% páratartalom összehasonlítása

A 8. ábrán összehasonlítottuk a 0,25s kapcsolási időn, 60%-os, valamint 80% -os páratartalom szinteken mért adatokból ábrázolt Weibull-görbéket.



9. ábra 60%-os páratartalom és 0,25s illetve 0,30s kapcsolási idő mellett

A 9. ábrán pedig a 60%-os páratartalom beállítása mellett végzett mérések eredményeiből ábrázolt görbék láthatóak kétféle kapcsolási idő beállítással.

A 8. ábrán megfigyelhető, hogy a sűrűség függvények 80% páratartalomnál mind a négy kapcsoló típusnál balra tolódtak, vagyis a vizsgált termékek élettartama csökkent. Kapcsolási idő szempontjából a D2 jelű bizonyult a legmegbízhatóbbnak 0,30s kapcsolási idő mellett.

5. ÖSSZEFOGLALÁS

A tesztsorozatok alapján négyféle összehasonlítást tettünk, két páratartalom szinten, illetve kétféle kapcsolási idő beállítással. Összehasonlítottuk a kapott eredményeket és diagramok segítségével szemléltettük az élettartam adatokat. Majd ezek alapján az adatbázis adataiból kiszámoltuk az meghibásodási adatok szórását és átlagát. Továbbá szemléltettük a tönkremeneteli ciklusszámokat a kapcsolási idő valamint a kapcsolási szám/páratartalom tengelyén.

Végezetül pedig ugyancsak a négyféle összehasonlítási elméletet követve a Matlab szoftver segítségével ábrázoltuk a termékek élettartam adatait a Weibull-eloszlás skála- és alakparaméterek hatásainak függvényében. Megállapítottuk, hogy ha a skálaparaméter nagyobb, akkor a termékek megbízhatóbbak, de kisebb élettartammal rendelkeznek. Ha viszont az alakparaméter nagyobb, akkor az élettartam is nő, de kisebb a kapcsolók megbízhatósága.

Továbbá a kapott teszteredmények összehasonlításakor azt tapasztaltuk, hogy a

legnagyobb élettartam 0,30s kapcsolási idő és 60% páratartalom esetén adódik mind a négy kapcsoló típus esetén. Legkisebb élettartam pedig 0,25s kapcsolási idő és 80% páratartalom mellett adódik.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A cikkben ismertetett kutatómunka az Innovációs és Technológiai Minisztérium ÚNKP-19-3. kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának szakmai támogatásával készült.

IRODALOM

- [1] Balogh, A., Dukáti, F., Sallay, L.: *Minőségellenőrzés és megbízhatóság*, Műszaki Könyvkiadó, Bp.,1980, ISBN 0-262-04219-3
- [2] 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
- [3] Sipkás V., Vadászné Bognár, G.: *The Application of Accelerated Life Testing Method for Micro Switches*, *International Journal of Instrumentation and Measurement*, <http://www.iaras/journals/ijim>, Vol. 3, 2018, pp. 1-5. ISSN 2534-8841
- [4] 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
- [5] Sipkás V., Vadászné Bognár G.: *Gyorsított élettartam vizsgálat alkalmazása mikrokapcsolókra*, Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság (EMT) Gépészeti Szakosztálya által szervezett XXVI. Nemzetközi Gépészeti Konferencia kiadványa, 2018, pp. 405-408, ISSN 2068-1267
- [6] Sipkás, V., Vadászné Bognár, G.: *Failure Prediction Models For Accelerated Life Tests*, WSEAS TRANSACTIONS on CIRCUITS and SYSTEMS, Vol. 17, 2018, pp. 173- 179, E-ISSN 2224-266X
- [7] Sipkás, V., Vadászné Bognár, G.: *Testing of Micro Switches for Garden Tools*, *International Journal of Engineering and Management Sciences (IJEMS)*, Vol. 4, No.1, 2019, pp. 206-213, DOI:10.21791/IJEMS
- [8] Sipkás V., Vadászné Bognár G.: *Kerti gépekben alkalmazott mikrokapcsolók élettartam adatainak vizsgálata*, *Multidiszciplináris Tudományok*, Vol. 9, No.2, 2019, pp. 90-95, <https://doi.org/10.35925/j.multi.2019.2.13>
- [9] Sipkás, V., Vadászné Bognár, G.: *Testing accelerated life data of micro switches*, *Design of Machines and Structures*, Vol. 9, No.2, 2019, pp. 44-50, ISSN 1785-6892
- [10] Sipkás, V., Vadászné Bognár, G.: *Methods for accelerated life testing of micro switches in ve-hicles*, *GÉP folyóirat*, Vol. 71, No.3-4, 2020, pp.72-75, ISSN 0016-8572
- [11] Sipkás V., Vadászné Bognár G.: *Szerkezeti elemek tönkremeneteli analízise*, *Multidiszciplináris tudományok*, Vol. 10. No.4, 2020, pp. 3-12, <https://doi.org/10.35925/j.multi.2020.4.1>