

GV és VV érintkezők megbízhatósági vizsgálata

ETO 620.199.91:621.3.066.6

A hagyományos relénél az elektromágneses kör feladata, hogy a mechanikus közvetítő tagokat mozgassa, amelyek a kontaktusok nyitását és zárását végzik. E konstrukciók élettartama nemcsak az érintkezők által kapcsolt teljesítménytől függ, hanem a közvetítő tagok elhasználódásától is. A közvetítő tagok korlátozzák az élettartamot, és ezen túlmenően tömegükkel az elérhető legrövidebb kapcsolási időt is meghatározzák. A GV és VV érintkező a reed jelfogó építőeleme. A legegyszerűbb reed relé egy GV érintkezőt tartalmaz. Mivel a mechanikus közvetítőrészek hiányoznak, nincs mechanikus elhasználódás, az élettartamot a kapcsolt teljesítmény fajtája és nagysága határozza meg. A hermetikus lezárás miatt a hagyományos jelfogókkal szemben nagy előnye van. Nagyon kis terhelések esetén is kifogástalan érintkezést ad még hosszabb kapcsolási szünetekkel is, függetlenül a környező atmoszférától és annak szennyezettségétől. Karbantartást nem igényel. A GV érintkező gyártása teljesen automatizálható, s ez biztosítja a nagy megbízhatóságot és a kis gyártási költséget. A kis tömegek miatt a kapcsolási idő ms nagyságrendű, a kis méretek miatt közvetlenül a nyomtatott áramkörtálapokra beforrasztható. Ezért kvázi elektronikus eszköznek tekinthető.

A reed érintkezők megbízhatósági kérdéseinek tárgyalása előtt röviden tekintsük át a megbízhatósággal kapcsolatos néhány alapfogalmat.

Megbízhatósági alapfogalmak

A *megbízhatóság* annak a valószínűsége, hogy az alkatrész adott ideig, adott üzemi körülmények között az előírt specifikációknak eleget tesz.

A meghibásodási tényező, ill. *p* faktor (λ -nak is szokták nevezni) annak a valószínűsége, hogy adott üzemi körülmények között, előírt időpontban az alkatrész időegység alatt meghibásodik, azaz nem tesz eleget a specifikációknak. Definíciószerűen a *p* faktor az időegység alatt meghibásodó alkatrészek relatív gyakoriságának sztochasztikus határértéke, azaz:

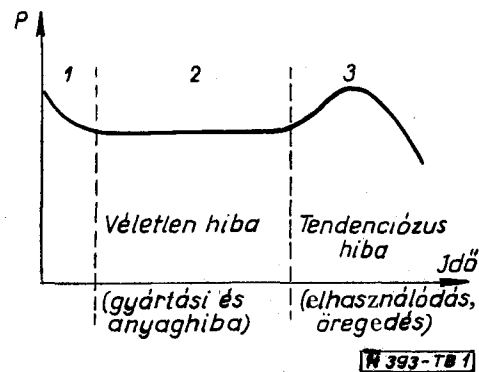
$$p = \lim_{N \rightarrow \infty} \text{st} \frac{n}{N \cdot t},$$

ha $N \rightarrow \infty$, N a vizsgált alkatrészek száma;

$t \rightarrow 0$, t a vizsgálati idő;

n a t vizsgálati idő alatt meghibásodott alkatrészek száma.

A *p* faktor nem állandó az alkatrész élete folyamán (1. ábra). Az 1. kezdeti szakaszban a rejtett hibás al-



1. ábra. A *p* faktor változása az alkatrész élete folyamán

katrészek kiesése után csökken, majd a 2. szakaszban állandó, itt a kiesés véletlenszerű, az alkatrész elhasználódása miatti hibák még nem jelentkeznek. A 3. szakaszban az alkatrészek elhasználódása miatt megnövekszik a kiesés, s ezért a *p* faktor már nem állandó, hanem változik.

Az alkatrészek *p* faktorát mérésrel határozzák meg. A mérések kiértékelését a matematikai statisztika módszereivel végzik. Az így meghatározott értékek valószínűségi változók. Ezek megadásakor meg szokták adni a hozzájuk tartozó konfidencia intervallumot, azt a két határértéket, amely közé megadott valószínűséggel esik az illető valószínűségi változó várható értéke.

A *p* faktor függ az üzemi körülményektől, pl. terheléstől, hőmérséklettől stb. Ezt a függést a regressziós egyenletek fejezik ki. Természetesen ezen egyenletek csak bizonyos értéktartományban érvényesek. Néhány alkatrész *p* faktora:

	<i>p</i> faktor
integrált áramkör	$0,1 \cdot 10^{-6}$ hiba/óra/db
tranzisztor	$1 \cdot 10^{-6}$ hiba/óra/db
félv. dióda	$1 - 5 \cdot 10^{-6}$ hiba/óra/db
elektroncső	$10 - 20 \cdot 10^{-6}$ hiba/óra/db
hosszú élett. cső	$1,5 \cdot 10^{-6}$ hiba/óra/db
ellenállás	$1 - 2 \cdot 10^{-6}$ hiba/óra/db
potencióméter	$5 - 40 \cdot 10^{-6}$ hiba/óra/db

GV és VV érintkezők megbízhatósági kérdései

A GV és VV érintkezők megbízhatósági kérdéseiről egy rövid, de áttekintő képet nehéz adni. Megbízható adatok csak hosszadalmas vizsgálatokkal nyerhetők.

Az élettartam végét a GV és VV érintkezők jellemző adatainak megváltozása adja, amely igen erősen

függ a kapcsolt teljesítmény nagyságától és fajtájától. Ezek elsősorban a következők lehetnek:

1. a kontaktus összehegedése,
2. az átmeneti ellenállás megnövekedése,
3. az elengedési gerjesztés megváltozása,
4. a meghúzási gerjesztés megváltozása,
5. az átütési feszültség lecsökkenése.

Élettartam-vizsgálataink során ezeknek a jellemzőknek a változását vizsgáltuk a kapcsolási szám függvényében és a következőket tapasztaltuk.

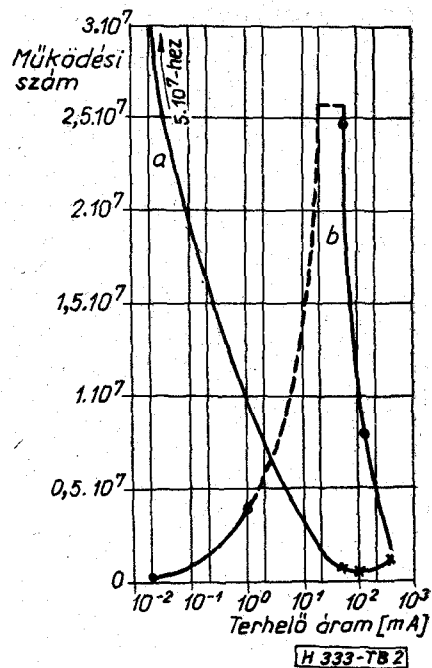
A meghúzási gerjesztés gyakorlatilag állandó volt az élettartam-vizsgálat során. Az átütési feszültség lecsökkenése üveghúzósság, repedés, valamint az érintkező elektromos túlterhelése következtében állt elő, elsősorban a VV MJO6 nagyfeszültségű típusnál. Repedés nemcsak gyártási hibából, hanem helytelen alkalmazásból is adódhat. MJO4 típusú GV érintkezőnél ez különösebb problémát nem okozott. Az üveghúzósság, ill. repedés olyan hiba, ami a gyártás és a minőségellenőrzés megfelelő automatizálásával kiküszöbölhető.

MJO6 típusú VV érintkezőknél az átmeneti ellenállás változását az élettartam-vizsgálat során közepes, ill. nagy kapcsolási teljesítményű feltételek esetén vizsgáltuk. Az átmeneti ellenállás a kezdeti értékről egy keveset csökken, majd gyakorlatilag állandó. Kivételt képez az az eset, amikor az üvegcsőben a vákuum nagymértékben leromlik, pl. üvegfeszültségből vagy érintkező-túlterhelésből eredő üvegrepedés miatt. Ekkor az átmeneti ellenállás igen nagy értékre nőhet meg, sőt előfordul, hogy a keletkezett oxidréteg miatt az érintkező zárását nem lehet indikálni.

MJO4-es kis teljesítményű GV érintkezőknél az átmeneti ellenállás az élettartam során megnövekszik. Az átmeneti ellenállás megnövekedése az érintkező terhelésétől és az érintkező bevonatától függ. A növekedés mértéke megegyezett az irodalmi adatokkal. Ha a kapcsolt áram pl. $I=100$ mA, az átmeneti ellenállás max. 500 mohm-ig nő. $I=0$, valamint kis áramok esetén az átmeneti ellenállás 1–10 ohmra nő meg 10^7 – 10^8 kapcsolás alatt.

A különböző kapcsolási teljesítményekre másképpen viselkedik az érintkező attól függően, hogy a kontaktus bevonó anyaga (MJO4 esetében aranyréteg) milyen mélyen van bediffundáltatva. A 2. ábra mutatja, hogy nagyobb teljesítmények esetén a kevésbé bediffundáltatott rétegű érintkező (b görbe) ad jobb élettartamot, amelynél határozott terhelési optimum van. Egészen kis terhelések esetén viszont a mélyen bediffundáltatott rétegű érintkező ad jobb eredményt (a görbe). Az ábra a terhelő áram függvényében mutatja az elérhető kapcsolási számot. Az elérhető kapcsolási szám 6%-os kieséshez tartozik. Egy érintkező kiesését itt az jelentette, hogy zárt állapotban az átmeneti ellenállása 10 ohm vagy annál nagyobb értékre nőtt meg.

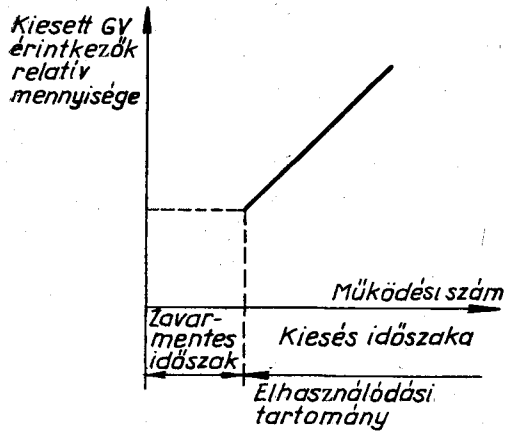
Extrém kis áramú, pl. 10 μ A-t és 10 mV-ot kapcsoló GV érintkezőre a külföldi gyártó cégek, pl. a Hathaway is max. 50 ohm átmeneti ellenállást engednek meg, és ilyen feltételek mellett végzik az élettartam-vizsgálatot az átmeneti ellenállás növekedésére vonatkozóan.



2. ábra. Különböző mélységre bediffundáltatott aranybevonatú MJO4 érintkezők élettartam-görbéi a terhelő áram függvényében

Mivel az átmeneti ellenállás növekedése okozta zavar az esetek legnagyobb részében a kapcsolt áramkör ellenállásának elegendően nagyra való választásával elkerülhető (de legalábbis lényegesen csökkenthető), ezért az igazi problémát elsősorban a kontaktus-erózió által okozott zavar, az összehegedés jelenti. A következőkben ezzel foglalkozunk. Vizsgálataink szerint az érintkezők összehegedését rendszerint megelőzi az elengedési gerjesztés jelentős csökkenése. Azonos jellegű hibának, ill. kiesésnek tekintjük akár a tényleges összehegedést, akár a meghúzási gerjesztésnek egy megengedett minimális érték alá való csökkenését. Hideg diffúziós tapadást, ill. összehegedést, valamint mágneses tapadást vizsgálataink során egyik típusú reed érintkezőnél sem tapasztaltunk, ami megegyezik az irodalmi tapasztalatokkal. Az összehegedés bekövetkezésének ideje függ a kapcsolási számtól, a kapcsolt teljesítmény fajtájától, nagyságától, valamint attól, hogy induktív terhelés esetén szikraoltást alkalmaznak-e. Terhelés nélkül $4 \cdot 10^9$ kapcsolásig nem lép fel semmiféle mechanikus elhasználódás, ill. összehegedés. Ugyanakkor viszont, ha az érintkezőt terheljük pl. 16 V~, 1 A teljesítménnyel, akkor már $50 \cdot 10^6$ működés után, 16 V~, 3 A terhelés esetén pedig 10^6 működés után kezdődik a kiesés a nagy teljesítményű VV érintkezőnél.

A GV érintkezők is egy meghatározott élettartamra készülnek, hasonlóan a többi építőelemekhez. Ez azt jelenti, hogy kezdetben az elhasználódás miatt semmi hiba nem jelentkezhet, feltéve, hogy az igénybevétel megfelel az előírásnak, vagyis a kezdeti időszak zavarmentes lesz. Ebben a zavarmentes időszakban a gyártási hibákból és anyaghibákból eredő véletlenszerű kiesések előfordulhatnak, de ez a gyártás és minőségellenőrzés nagyfokú automatizáltsága és lelkiismeretessége esetén nem számottevő.

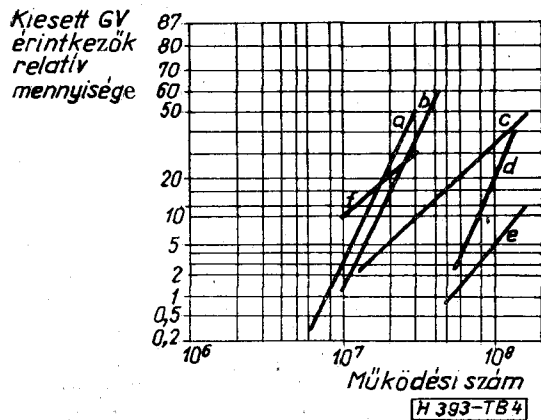


H 393-7B3

3. ábra. GV érintkezők összeforradási hibáiból adódó kiesési görbéje általános esetben

A GV érintkezőnek az összehegedési hibából adódó élettartam görbéje a 3. ábrán látható általános esetben. Ezt a görbét kiesési görbének nevezzük. A kiesési görbe a működési szám függvényében megadja a kiesett GV érintkezők relatív mennyiségét. Egy görbe csak egy megadott érintkezőtípusra, ill. megadott terhelési viszonyokra érvényes. A zavarmentes időszakban az adott terhelési viszonyok mellett az elhasználódás következtében kiesési hiba nem várható. A GV érintkező várható élettartama lényegében a zavarmentes időszakkal azonos. Ennek megfelelően a zavarmentes időszakban a GV érintkező meghibásodási tényezője, azaz p faktora a zavarmentes kapcsolási szám reciprok értékével egyenlő. A zavarmentes időszak után következik a kieséses időszak, amelyben az elhasználódás miatt a meghibásodási tényező erőteljesen megnő. Ezért ebben a szakaszban a meghibásodási tényező helyett a kiesési görbék használata célszerűbb. Az elhasználódási tartományban a kiesés jó közelítéssel Gauss-eloszlású.

Néhány jellegzetes kiesési görbét mutat a 4. ábra



4. ábra. Különböző terhelésű és gyártású reed érintkezők kiesési görbéi: a) H80, 60 V =, 0,03 A, induktív, szikraoltás nélkül, $f_k = 25$ Hz; b) H80, 60 V =, 0,161 Ws, induktív, szikraoltás nélkül, $f_k = 25$ Hz; c) H80, 60 V =, 0,1 A, ohmos, szikraoltás nélkül, $f_k = 50$ Hz; d) H80, 60 V =, 0,3 A, ohmos, $f_k = 50$ Hz; e) H80, 60 V =, 0,03 A, ohmos, $f_k = 50$ Hz; f) MJO6, 200 V ~, 50 W, ohmos, $f_k = 10$ Hz

különböző típusú és terhelésű reed érintkezőre, amelyek részben hazai, részben külföldi gyártásúak.

Az élettartam végét, azaz a kiesést a vizsgálat során az jelentette, ha kapcsolás után 5 ms-on belül a GV érintkező bontása nem történt meg.

Meg kell jegyezni, hogy a zavarmentes kapcsolási számot az érintkezők a gyakorlatban igen hosszú idő alatt teljesítik, így gyorsított vizsgálati eljárásra van szükség. A gyorsított élettartam-vizsgálat az üzemi körülményekkel azonos eredményt ad, mivel a hermetikus zárás miatt korróziós hatás nem lép fel, és feltételezzük, hogy a működtetés frekvenciája úgy van megválasztva, hogy az érintkezőréteg járulékos károsodást ne szenvedjen a gyorsabb működésből, ill. szikrázásból eredő túlmelegedés miatt. Ha a gyorsított vizsgálat során a kapcsolási frekvenciát 10 Hz-re választjuk, 30 millió kapcsolás vizsgálatához 1 hónapra van szükség, ami igen hosszú idő. Ugyanakkor viszont a MJO6 VV érintkezőre az adatlap maximális ohmos terheléssel 1 Hz kapcsolási frekvenciát enged meg. Ennek megfelelően a 4. ábra f egyenese kedvezőbb helyzetű lenne $f_k = 1$ Hz esetén. Az érintkezők hazai fejlesztése folyamán egy-egy típuson azonos feltételekkel végzett élettartam-vizsgálatok voltak a döntők a különféle technológiai eljárások hatásának viszonylag gyors ellenőrzésére maximális követelmények mellett, összehasonlítva a megfelelő külföldi típussal. Ilyen vizsgálat során az MJO6 érintkezőnél is az azonos teljesítményű külföldi (Hamlin) érintkezőkkel azonos adatokat kaptunk, a gyorsított élettartam-vizsgálat során az alábbi háromféle terhelési feltétel mellett:

- 16 V ~ 3 A, 50 W, $f_k = 5$ Hz,
- 220 V ~ 50 W, $f_k = 10$ Hz,
- 5000 V ~ 50 W, $f_k = 5$ Hz.

Az így kapott élettartam-adatok természetesen eltérnek az $f_k = 1$ Hz kapcsolási frekvencia esetén adódó értékektől.

MJO4 hazai gyártású GV érintkezőnél összehegedéses kiesést nem tapasztaltunk az érintkezőre megadott teljesítményen és kapcsolási számon belül.

A kiesési görbe, ill. görbesereg ismerete és használata adja meg a lehetőséget az áramkör megfelelő, az élettartamot is figyelembe vevő tervezésére. Ha a felhasználónak nem áll rendelkezésre pont olyan kiesési görbe, mint amilyen körülmények között az érintkezőt működtetni kívánja, úgy azt mérésekkel kell meghatározni.

A legjobb tervezési módszer az, ha a GV érintkező fajtáját és terhelését úgy választjuk meg, hogy a megkívánt működési szám a zavarmentes időn belül maradjon. A GV és VV érintkezők adatlapjain megadott működési szám maximális teljesítmény és/vagy maximális áram, ill. maximális feszültség kapcsolása esetén nem feltétlenül esik a zavarmentes időszakba. A maximális élettartam és a maximális kapcsolt jellemzők, beleértve a maximális kapcsolási frekvenciát is, ellentmondó követelményt jelentenek. A zavarmentes működési szám annál nagyobb, minél kisebb a terhelés. Ha a terhelés túl nagy, akkor a kiesési görbe előtt zavarmentes időszak nem lesz, és a működés kezdetén már kiesések jelentkeznek. Extrém

kapcsolási teljesítményviszonyok esetén nem ismeretlen, hogy mindjárt az első kapcsolás után összeheged az érintkező. Ezért természetesen nem a GV érintkezőt gyártó cég, hanem a kapcsoló áramkör-tervezője a felelős. Néhány helytelen áramköri tervezési példára szeretnénk felhívni a figyelmet.

Olyan GV érintkezős áramkörben, ahol izzólámpa kapcsolása történik, helytelen, ha nincs figyelembe véve, hogy az izzólámpa bekapcsolási áramlökése a névleges áramnak kb. a tízszerese. Váltakozó feszültségű áramkörben izzólámpa kapcsolása esetén teljes biztonságot csak az jelent, ha az érintkező maximális adatait a váltakozó feszültség csúcsertéken történő kapcsoláskor sem lépjük túl.

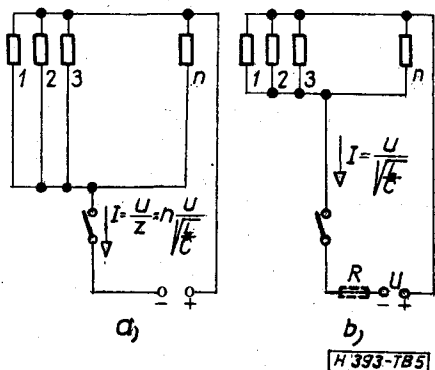
Helytelen, ha egy áramkörben levő kondenzátor töltési és kisülési áramai nincsenek a GV érintkezőre megengedett érték alá korlátozva. MJO6 nagyteljesítményű VV érintkezőnél pl. áramkorlátozó ellenállás nélkül nem lehet a 10^{-5} Ws értéket túllépni, mert ekkor a csúcásáram nagyobb lesz, mint 3 A. Az érintkezők zárt állapotában áthaladó 1 A tartós terhelés esetén a GV érintkező kb. 15 °C-kal, 5 A tartós áram esetén már 80 °C-kal melegszik túl. A pergés ideje alatt pedig az átmeneti ellenálláson sokkal több hő keletkezik, mint állandósult állapotban. Az érintkezők összehegedéséhez vezetnek az illetetlenségéből (reflexióból) adódó áramcsúcsok is. A relétől távol elhelyezett fogyasztó bekapcsolásakor fellépő áramlökést a vezeték hullámellenállása határozza meg:

$$I = \frac{U}{\sqrt{\frac{L}{C}}}$$

Több, távol elhelyezett fogyasztó bekapcsolása történhet az 5. ábra szerint kétféleképpen. A helyes módszert az 5b ábra mutatja, ahol az áramcsúcs kisebb, és ez szükség esetén tovább csökkenthető, nevezetesen az előírt érték alá, egy áramkorlátozó ellenállás beiktatásával.

Állandó mágnessel való működtetés esetén is fel-lephet probléma. A kikapcsolási időt a mechanikus mozgó rendszer jelentősen megnöveli, ennek következtében az érintkező elektromos eróziós igénybevétele lényegesen megnő.

Induktív terhelés esetén megfelelően méretezett szikraoltás feltétlenül szükséges, mert enélkül az élet-



5. ábra. Távol elhelyezett fogyasztók bekapcsolása reed jelzővel: a) helytelenül, b) helyesen

tartam lecsökken. Váltakozó feszültségű körben RC tag vagy feszültségfüggő ellenállás (varisztor, Zenerdiódák), egyenfeszültségű körben pedig szikraoltó dióda alkalmazása célszerű.

GV és VV érintkező élettartam-vizsgáló berendezés

Az érintkezők élettartam-vizsgálata céljára kifejlesztettünk egy élettartam-vizsgáló berendezést, melynek főbb jellemzőit az 1. táblázat tartalmazza. A berendezés alkalmas az érintkezők tartós terhelés üzemi működtetésére, és az üzem közben keletkezett hibák kijelzésére. Az érintkező terhelése történhet egyen- vagy váltakozó feszültséggel. Váltakozó feszültségű terhelésnél a kapcsolás és a kapcsolt váltakozó feszültség közti fázisszög tetszős szerint beállítható. A kapcsolási frekvencia tág határok között állítható. A figyelt érintkezők működését külön-külön figyeli és regisztrálja egy-egy ellenőrző berendezés. Betapadás, ill. az elengedési gerjesztésnek egy előre beállítható érték alá való csökkenése esetén a meghibásodott érintkező működtetése leáll. Ha az érintkező nem kapcsol be, szintén leáll a járatás. A kapcsolás utáni ellenőrzési időpont 5–15 ms között állítható. A berendezés az érintkező minden be- és kikapcsolását ellenőrzi, és ha az pl. az előre beállított 5 ms után nem következik be, kijelzést ad és rögzíti a meghibásodásig bekövetkezett működési számot.

1. táblázat

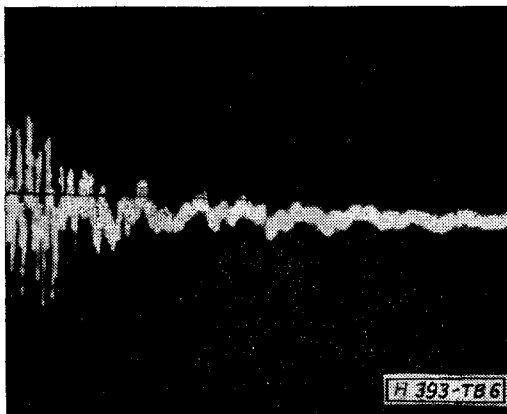
GV és VV érintkező élettartam-vizsgáló berendezés főbb adatai

Tartós járatható érintkezők száma	40 db
Automatikusan figyelhető érintkezők száma	10 db
Beállítható meghúzási gerjesztés	80–500 Am
Beállítható elengedési gerjesztés	0–80 Am
Beállítható figyelési késleltetés	0–10 ms
Kapcsolási frekvenciák	25; 12,5; 6,25; 3,12; 1,56; 0,8 Hz
Kapcsolási fázisszög	tetszés szerint
Érintkező típusa	tetszőlegesen kiépíthető
Érintkező terhelése	tetszőlegesen kiépíthető
Jelenleg kiépített típus	MJO6
Jelenleg kiépített terhelések	220 V, 50 Hz, 50 W 210 V =, 50 W 16 V, 50 Hz, 50 W, 3 A 16 V =, 50 W, 3 A

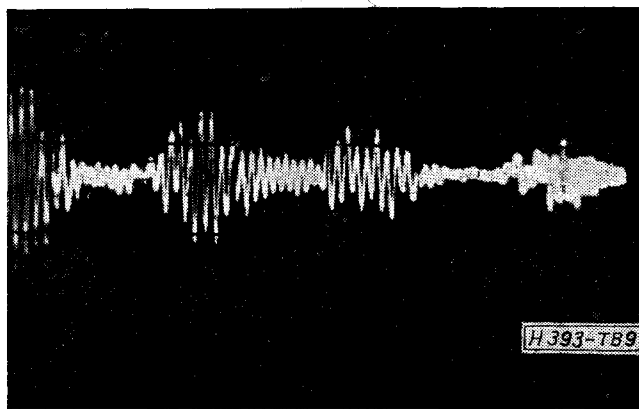
Az érintkezőnél bekövetkezett hibát (az érintkező nem zár vagy nem bont) a berendezés kijelzi, és rögzíti. Igen lényeges megemlíteni, hogy akár lekapcsolás, akár hálózatkimaradás esetén a készülék memória egysége az addig beírt információt megőrzi, és az egyszer már kiesett érintkező működtetése nem folytatódik. Ez felügyelet nélküli üzemeltetésnél igen lényeges szempont.

GV és VV érintkezők magnetostrikiós tulajdonsága

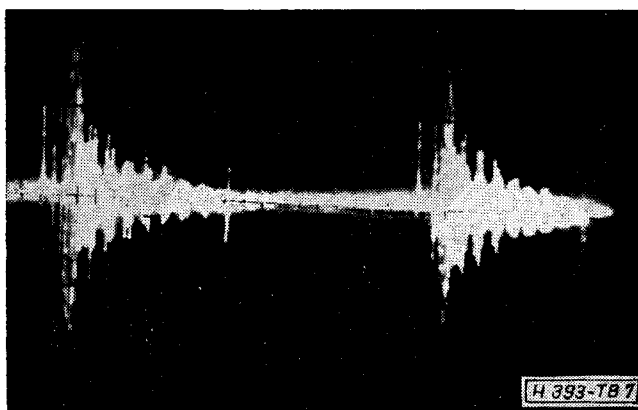
A GV érintkezők zárásakor magnetostrikiós jelenség figyelhető meg. Az érintkező záródásakor fel-



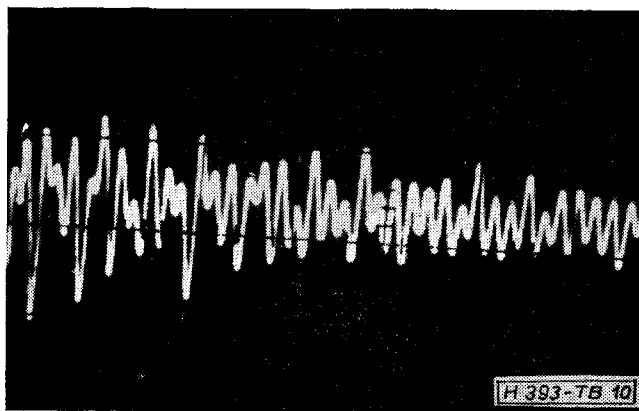
6. ábra



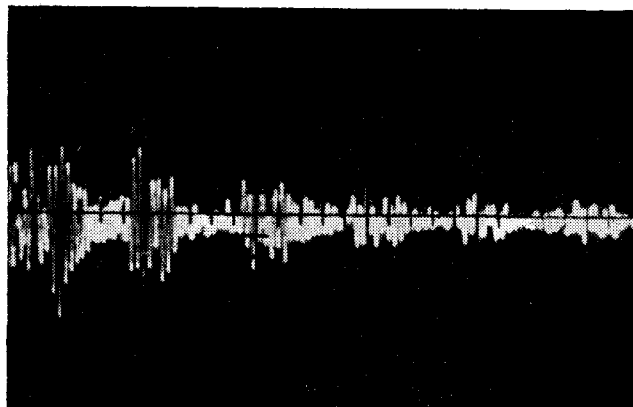
9. ábra



7. ábra



10. ábra



8. ábra

lépő mechanikai erőhatások és a jelenlevő mágneses tér együttes hatása következtében az érintkező nyelv hosszváltozást szenved, és mágneses jellemzői (permeabilitás, telítés) is megváltoznak. A nyelv rugalmas hosszváltozása ultrahang frekvenciájú elektromos feszültséget indukál az érintkező kapcsai között. Különböző típusú és gyártású GV érintkezők magnetostrikciós jeleit vizsgáltuk meg a bekapcsolási gerjesztés függvényében. A jeleket oszcilloszkóp segítségével figyeltük meg, és mindegyiket lefényképez-

tük. Néhány jellegzetes magnetostrikciós jelet mutatnak a 6–10. ábrák.

A magnetostrikciós felvételeken szereplő reed érintkezők típusa gyártása, kapcsolási gerjesztése és az oszcillogram teljes időtartama a következő volt:

- 6. ábra. MOJ2 Tungstram 600 Am, 5 ms,
- 7. ábra. M80 Hamlin 130 Am, 50 ms,
- 8. ábra. H80 Hamlin 130 Am, 10 ms,
- 9. ábra. H80 Hamlin 130 Am, 5 ms,
- 10. ábra. MJO4 Tungstram 300 Am, 2 ms.

Kapcsolási frekvencia: $f_k = 50$ Hz.

A magnetostrikciós jeleket kiértékelve megállapítottuk, hogy a jel frekvenciája 16–22 kHz között változik, kezdeti amplitúdója 5–10 mV_{cs-cs} és néhány ms alatt lecseng. Gyakorlatilag alig tértek el egymástól a különböző típusú GV érintkezők magnetostrikciós jelei, és a kapcsolási gerjesztés értékétől is viszonylag függetlenek (a meghúzási gerjesztés növelésével egy határig kissé nő a magnetostrikciós jel).

I R O D A L O M

- [1] Handbuch der Schutzgaskontakte und Relais. Tungstram, 1972.
- [2] Rensch, H.: Eigenschaften und Anwendung von Schutzrohrkontakten. VDI Zeitschrift, 107 (1965) Nr. 4.
- [3] Elektronikusan vezérelt távbeszélő-központ fejlesztésének és gyártásának kérdései. OMFB tanulmány, 5–906–T, 1970.