

## Vpliv vlage in nečistoč na kontaktne materiale, vgrajene v hermetično inkapsulirane sestavne dele

### Examination of Moisture and Contamination Effects on the Contact Properties of Hermetic Sealed Professional Electronic Parts

L. Koller, *Inštitut za elektroniko in vakuumsko tehniko, Teslova 30, 61000 Ljubljana, Slovenija*

M. Jenko, *Inštitut za kovinske materiale in tehnologije, Lepi pot 11, 61000 Ljubljana, Slovenija*

S. Spruk, D. Railič, *Inštitut za elektroniko in vakuumsko tehniko, Teslova 30, 61000 Ljubljana, Slovenija*

*Pri zanesljivosti delovanja elektronskih sestavnih delov imajo poleg drugih dejavnikov pomemben vpliv tudi kontaktne lastnosti. Pri vrsti hermetičnih relejev smo raziskali napake, opažene pri nizkih temperaturah in minimalni vzbujevalni napetosti tuljave. S plinsko kromatografsko analizo smo raziskali atmosfero v notranjosti hermetičnih relejev in proučevali izvore vlage v njej. Zanimal nas je vpliv vlage in raznih nečistoč na zanesljivost delovanja ter povišanje kontaktnih upornosti kontaktnega materiala v elektronskih sestavnih delih. S pomočjo plinske kromatografske analize in elektronske mikroskopije smo pojasnili vzroke odpovedi skupine relejev in povišanje kontaktnih upornosti elektronskih sestavnih delov.*

*Ključne besede: hermetični miniaturni elektromagnetni releji, kontaktni materiali*

*Contact properties of electronic parts have a great influence on their operating performances. Some defects detected on the series of hermetic sealed relays were examined at low temperatures and the minimal applied coil voltages. Gas chromatography was used to analyse the internal atmosphere and to find the humidity sources in it. Our main interest was devoted to the influence of moisture and impurities on the operating performances (and possible increase of contact resistance) of relays. Chromatographic and electron microscope analyses enabled to explain the breakdown of a series of relays and to discover the reason for substantial increase of the contact resistance.*

*Key words: hermetical miniature electromagnetic relays, contact materials*

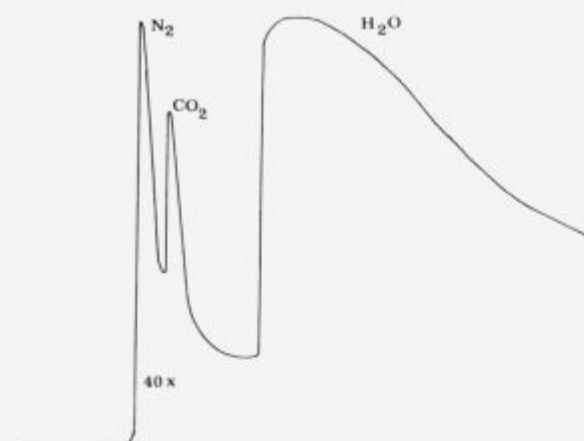
#### 1 Uvod

Miniaturni elektromehanski releji so nevtralni, polarizirani, monostabilni elektromagnetni elementi za istosmerno vzbujanje. Služijo kot električni razklopni členi in so namenjeni uporabi v najtežjih razmerah delovanja. Glavne lastnosti omenjenih relejev so kovinsko ohišje, hermetična izvedba, velika odpornost na vibracije in udarce, neposredna montaža v tiskana vezja. Družina relejev je namenjena vgradnji v naprave, ki delujejo pod izjemno težkimi mehanskimi obremenitvami in klimatskimi pogoji. Pri tem morajo zanesljivo delovati in ohraniti vse nominalne tehnične karakteristike. Na zanesljivost delovanja profesionalnih miniaturnih hermetičnih relejev imajo poleg drugih dejavnikov pomemben vpliv kontaktne lastnosti<sup>1,2,3,4</sup>. Namen raziskave je bil proučiti obnašanje kontaktov kontaktnih zlitin iz plemenitih kovin<sup>5</sup> miniaturnih relejev pri posebnih razmerah delovanja. V tem sklopu smo obravnavali defekte delovanja relejev<sup>6,7</sup> pri nizkih temperaturah in minimalni vzbujevalni napetosti tuljave. Raziskali smo atmosfero v notranjosti okrovov relejev s plinsko kromatografsko analizo<sup>8</sup> in proučevali izvore vlage v atmosferi releja ter vpliv vlage na dolgotrajnost in zanesljivost delovanja. Študirali smo vzdržljivost in vzroke povečanja kontaktnih upornosti kontaktov pri nazivni obremenitvi po  $10^5$  preklonih. Študirali smo tudi vpliv nečistoč<sup>9</sup> na zanesljivost ter povišanje kontaktnih upornosti relejev.

#### 2 Eksperimentalni del in diskusija

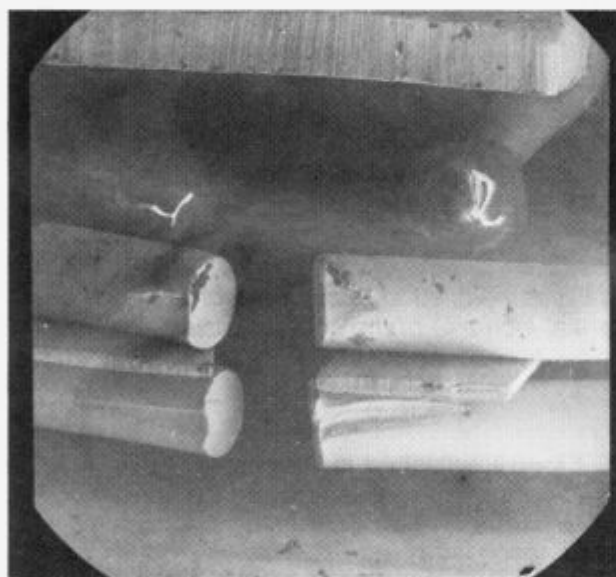
Pri preskušanju delovanja hermetičnih relejev pri zelo nizkih temperaturah ( $-55^{\circ}\text{C}$ ) smo ugotovili, da nekateri merjenci odpovedo pri prvem vzbujanju. Vzrok smo iskali v prisotnosti vlage v zaščitni atmosferi notranjosti hermetično zaprtega releja. Za preiskavo smo uporabili plinsko kromatografsko analizo. Izdelali smo posebno preskusno komoro z mehanizmom za dvojni preboj okrova preskušanelega releja. Metoda je destruktivna. Za analizo plinov v okrovu defektnih relejev smo uporabili plinski kromatograf Perkin Elmer F17 (nosilni plin argon) s kolono Chromosorb 102 s temperaturo  $150^{\circ}\text{C}$  in z detektorjem na ionizacijski preseki. Občutljivost za vodo je približno 10 ppm. Umeritev na vodo je bila v področju 100 ppm. Karakteristični kromatogram plina iz enega od defektnih relejev je prikazan na sliki 1.

Poleg vrha, ki ustreza vodi, je v kromatogramu opazen še vrh  $\text{CO}_2$  ali neke organske spojine. Analiza nam je dala slutiti, da je vzrok za odpoved nekaterih vzorcev prisotnost vlage in organskih nečistoč v atmosferi znotraj okrova releja. Z dodatnimi preiskavami smo ugotovili, da je pretežni izvor organskih nečistoč izolacija navitja tuljave, za prisotnost vlage pa je kriva premala vakuumaska razplinjenost sestavnih delov pred inkapsulacijo.



**Slika 1.** Kromatogram atmosfere subminiaturnega hermetičnega releja s slabimi karakteristikami, posnet na Chromosorb 102, temperatura kolone 150°C, dušenje 40 ×, nosilni plin Ar, 20 l/min.

**Figure 1.** Chromatographic pattern of the atmosphere inside the subminiature hermetic relay with some bad characteristics. Chromosorb 102 column was used at 150°C, attenuation 40 ×, flux of Ar 20 l/min.



**Slika 2.** SR-1-24V, kontaktni del subminiaturnega releja po  $7 \times 10^5$  preklonov, povečava 60 ×.

**Figure 2.** The contact section of the subminiature SR-1-24V relay after  $7 \times 10^5$  operations, magnification 60 ×.

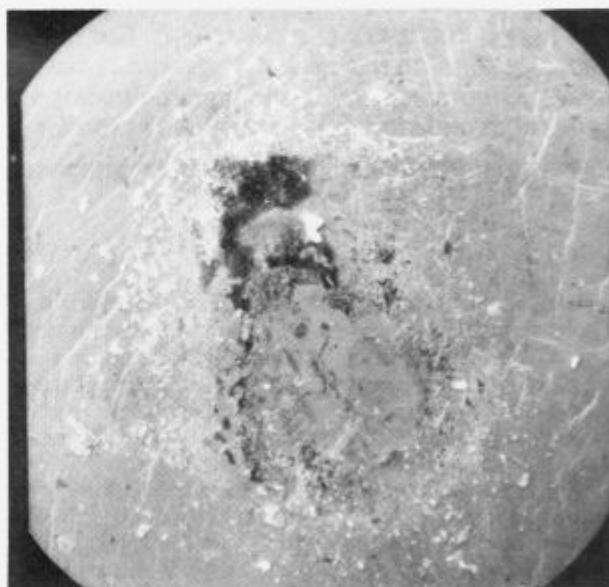
Študirali smo vzdržljivost kontaktov subminiaturnih relejev SR-1 pri nazivni uporovni obremenitvi z enosmerno napetostjo 28 V in tokom 1 A s preklapljanjem delovnih in mirovniških kontaktov. Rezultati kontaktne upornosti pri nazivni moči in  $1 \times 10^5$  preklonov so bili med 80 mΩ in 120 mΩ. Pd-Ag kontaktne zlitine imajo odlične mehanske lastnosti z visoko trdoto, so pa električno slabše prevodne in so zato njihove kontaktne upornosti večje. Dva izmed relejev smo testirali še naprej. Vzdržala sta  $7 \times 10^5$  preklonov. Zanimal nas je vzrok mehanskih odpovedi subminiaturnih relejev. Oba vzorca smo odprli. Na kontaktih ni bilo opaznih sprememb, opazili pa smo deformirano oviro in kotvo releja. Odprta vzorca smo slikali z elektronskim mikroskopom (sliki 2 in 3).



**Slika 3.** SR-1-24V po testu mehanske vzdržljivosti, ovira in kotva deformirani, povečava 470 ×.

**Figure 3.** SR-1-24V after the mechanic endurance test, stop and armature are deformed, magnification 470 ×.

Z elektronskim mikroskopom smo analizirali tudi nečistoče na kontaktnih mestih obeh odprtih vzorcev. Kontaktni mesti sta bili močno onesnaženi, kar vidimo na sliki 4 ter pripadajočem spektru (slika 5).

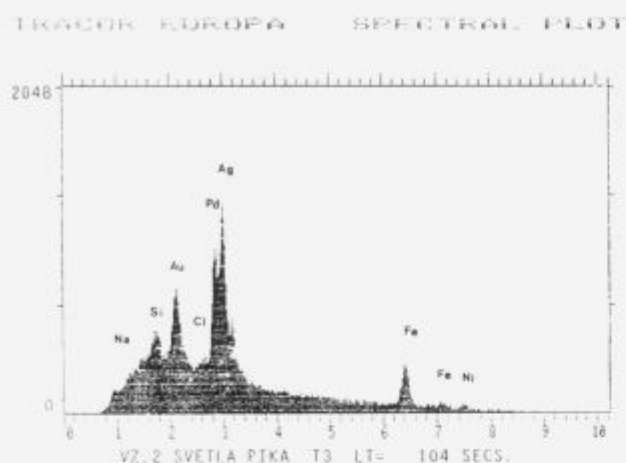


**Slika 4.** SR-1-24V, onesnaženo kontaktno mesto po  $7 \times 10^5$  preklonov, povečava 300 ×.

**Figure 4.** SR-1-24V, the contaminated contact area after  $7 \times 10^5$  operations, magnification 300 ×.

### 3 Zaključek

- Nizka kontaktna upornost je posebna zahteva za kvalitetne profesionalne releje. Proučevali smo vzroke povišanja kontaktne upornosti in odpovedi relejev pri ekstremnih pogojih okolja.



Slika 5. Spekter onesnaženega kontaktnega mesta po  $7 \times 10^5$  preklonih.

Figure 5. Spectrum of the contaminated contact area after  $7 \times 10^5$  operations.

- Pri študiju lastnosti kontaktov v odvisnosti od atmosfere v hermetičnem releju smo s plinsko kromatografijo odkrili vodno paro in organske nečistoče, katerih izvor je slabo razplinjeno in slabo posušeno navitje tuljave pred inkapsulacijo relejev.
- Pri študiju obrabe kontaktov pri nazivni moči (life test) smo z elektronsko analizo odkrili nečistoče, ki so vplivale na povišano kontaktno upornost. Deformacij na kontaktih nismo opazili.

- S skrajno čisto kontaktno površino kontaktnih zlitin plemenitih kovin in s polnjenjem notranjosti releja z inertnimi plini (npr. s suhim dušikom ali argonom), bi lahko zagotovili nizke kontaktne upornosti ter povečano zanesljivost profesionalnih hermetičnih relejev.

#### 4 Literatura

- <sup>1</sup> R. Tavzes, Raziskave tehnologije subminiaturnih relejev I. del, IEVT, Poročilo RSS, Ljubljana, 1979.
- <sup>2</sup> M. Antler, M.H. Drozdowicz and C.A. Haque, Connector Contact Materials: Effect of Environment on Clad Palladium, Palladium-Silver Alloys, and Gold Electrodeposits, IEEE Trans. Components, Hybrids, Manuf. Technol., 4, 482-492 (1981).
- <sup>3</sup> R. Holm, Electric Contact Handbook, 4<sup>th</sup> Ed., New York, Springer Verlag, 1967.
- <sup>4</sup> M. Murko-Jezovšek, Raziskave lepljenja čistih kovin v ultravakuumu, IEVT, Poročilo RSS, Ljubljana, 1970.
- <sup>5</sup> F.H. Reid, W. Goldie, Gold Plating Technology, Electrochemical Publications Limited, 1974.
- <sup>6</sup> R. Tavzes, Raziskave tehnologije subminiaturnih relejev II. del, IEVT, Poročilo RSS, Ljubljana, 1980.
- <sup>7</sup> A.R. Ruolik, D.L. Ljubinskij, Tehnologija miniaturnih relejev, Leningrad Energoizdat, Leningrad 1982.
- <sup>8</sup> G.E. Bainlescu, V.A. Ilie, Stationary Phases in Gas Chromatography (International Series of Monographs in Analytical Chemistry, Vol. 56), Pergamon Press, 1975.
- <sup>9</sup> M. Antler, Effect of Surface Contamination on Electric Contact Performances, Circuits and Devices Magazine, 3, 8 (1987).