

# Načrtovanje sistema za avtomatizirano montažo relejev

Janez Pogorelc<sup>1</sup>, Darko Samastur<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko

<sup>2</sup> Iskra - Releji, d.d., Štatenberg 88, 2321 Makole

E-pošta: janez.pogorelc@um.si, darko.samastur@siol.net

## Design of Automatic Relay Assembly System

**Abstract.** A gradual design process of the final assembly automatization for TRK 10 relay family is presented in the paper. New device enables a joint functionality of three manual operations. Currently only the initial phase of automation is finalized, the complete automatization will follow within the next months. Additionally an automatic nozzle for components cleansing before the assembly is included, enabling a significant improvement of final products reliability. It is expected that the introduction of the new device will not only increase the productivity, but also improve the quality of production.

## 1 Uvod

Predstavljen bo postopen proces avtomatizacije končne montaže družine relejev TRK10 v podjetju Iskra – Releji, d.d.. Nekdanje tri posamične mehanizirane delovne operacije z ročno stregro se bodo združile v enovito napravo, ki bo postopoma po fazah v celoti avtomatizirana. Poseben pomen ima dodatno vključeno samodejno čiščenje posamičnih sestavnih delov tik pred sestavljanjem, s čimer bomo preprečili morebitne kasnejše motnje funkcionalnosti releja ali celo izmet zaradi prisotnosti tujkov na delih kontaktnega sistema. Na ta način bomo poleg bistveno povišane produktivnosti povečali tudi kvaliteto in zanesljivost delovanja relejev, na drugi strani pa zmanjšali izmet v zadnjih fazah montaže.

Proces načrtovanja avtomatizirane montaže se prične že z razvojem izdelka in oblikovanjem posameznih sestavnih delov. Lastnosti posameznih sestavnih delov odločilno vplivajo na strukturo montaže releja, ta pa na konfiguracijo montažne naprave. Zaradi nekaterih specifičnih lastnosti sestavnih delov relejev predstavlja avtomatizacija montažnih procesov velik tehnološki izziv, saj je poleg standardnih komponent v avtomatizacijo montažnih naprav potrebno vključevati velik delež posebej za to razvitih tehnično tehnoloških rešitev.

V avtomatizirani montažni napravi (AMN) za končno montažo releja se po nastavljanju elektromehanskih parametrov s pomočjo manipulatorja »rele sestav« izpostavi pred šobo za izpihovanje z ioniziranim zrakom. Tako dosežemo, da so vsi releji izpostavljeni enakim pogojem in enakemu impulznemu času izpihovanja. Zatim se »rele sestav« vstavi v pokrov in ročno pokrije z dnom ter odloži v embalažo [3].

Glede gospodarnosti je postavljen cilj, da se mora investicija avtomatizirane končne montažne naprave

povrniti najkasneje v petih letih. Pomembni so tudi cilji, kot je npr. povečanje produktivnosti (600 kosov na uro) in kvalitete relejev (zmanjšanje izmeta pod 2 %).

## 2 Možnosti izvedbe avtomatizacije

Dolgoročno gledano bi bila gotovo najbolj ekonomična in fleksibilna izvedba izdelava samostojne robotske celice z možnostjo kasnejše vključitve le-te v popolnoma avtomatizirano montažno linijo. Vendar je omejitev zaradi relativno visoke cene robotske celice (približno 4-kratnik) v primerjavi s predstavljenim pnevmatskim manipulatorjem [1].

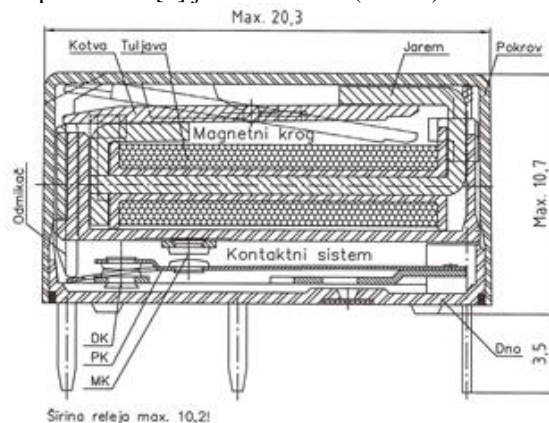
### 2.1 Zahteve za izvedbo

Delovanje avtomatizirane naprave za končno montažo releja mora zajemati [2]:

- Možnost izbire delovanja po korakih in avtomatsko;
- vizualizacijo napak preko zaslona (displeja);
- vsa mesta za manipulacijo sestavnih delov morajo vsebovati kontrolo prisotnosti;
- zastoj mora biti signaliziran s svetlobnim signalom (utripajoča rdeča luč);
- izpihovanje skozi kontaktni sistem releja mora trajati 1,2 s impulzno;
- v času delovanja naprave mora biti delovno okolje zaščiteno z optičnimi ali mehanskimi varovalci;
- čas cikla naprave približno 6 s;
- naprava mora biti izdelana v skladu z veljavnim pravilnikom iz varstva pri delu.

### 2.2 Zgradba relejev družine TRK10

Kljub vse večji miniaturizaciji in integraciji v polprevodniški industriji se v svetu še vedno uporablja veliko elektromehanskih naprav – miniaturnih relejev za direktno vgradnjo na tiskana vezja. Eden izmed razširjenih produktov [2] je rele TRK10 (slika 1).

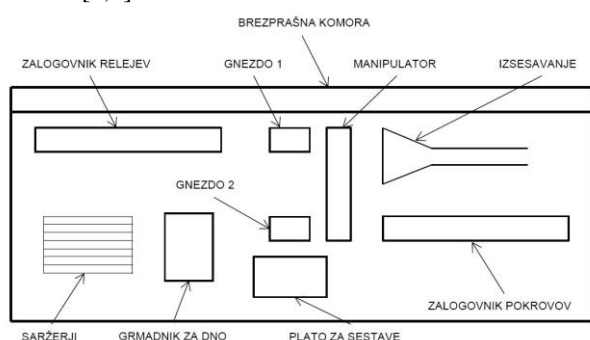


Slika 1: Zgradba releja TRK10

Rele je sestavljen iz magnetnega in kontaktnega sistema. Magnetni sistem sestavljajo tuljavnik z navitjem (tuljava) in kovinski deli (jedro, jarem kotva), ki so izdelani iz relejnega železa (RFe80). Kontaktni sistem (KS) je stikalni del releja, ki predstavlja močnostni tokokrog, kjer se preklapljajo višji tokovi in napetosti. Danes se na tržišču večinoma pojavljajo releji z enim ali dvema kontaktnima sistemoma. Proces montaže relejev je specifičen zaradi majhnosti relejev in velikega števila sestavnih delov.

### 2.3 Zasnova avtomatiziranega sistema

Konstruktorska zasnova in konfiguracija avtomatizirane montažne naprave (AMN) ter pripadajoče strege je prilagojena strukturi objekta montaže – »rele sestava« TRK10 [1,3].



Slika 2: Skica avtomatizirane montažne naprave

AMN (slika 2) vsebuje naslednje sklope: brezprašno komoro; zalogovnik z rele sestavi, ki so embalirani v medfazno cevasto embalažo; gnezdo 1 za odvzem »rele sestava«; manipulator, ki vzame »rele sestav«, ga prenese pred izsesavanje in ga dostavi v gnezdo 2; gnezdo 2, v katerem se sestavita pokrov in »rele sestav«; zalogovnik za pokrove, ki so embalirani v medfazno cevasto embalažo; grmadnik z dnom; prostor za saržerje; prostor za odlagalni plato.

## 3 Zgradba AMN

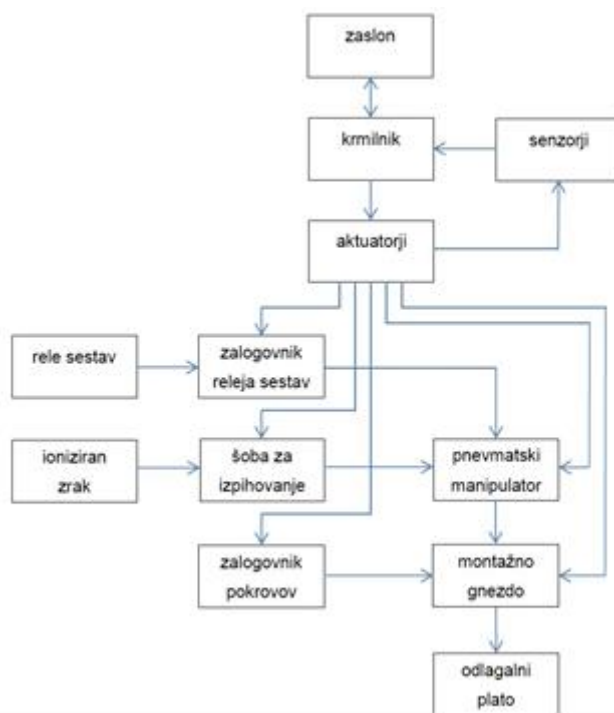
Zadali smo si, da v začetni fazi avtomatizacije sestavljanja relejev izvedemo le t.i. finalno montažo, ki obsega združevanje treh sestavnih delov oziroma podsklupe v sestav in sicer [1]:

- »rele sestav« TRK10 – funkcionalni del releja z vgrajenim magnetnim in kontaktnim sistemom;
- pokrov releja – zgornji del ohišja releja;
- dno releja – spodnji del ohišja releja.

Razen tega je potrebno še pred sestavljanjem očistiti »rele sestav« in dno. Pokrov je očiščen že na predhodni delovni operaciji žigosanja oznake. Konfiguracija celotne AMN je prikazana na sliki 3.

Predvideli smo uporabo PLC krmilnika družine Siemens SIMATIC S7-1200 [4], ki ustreza vsem odločilnim izbornim pogojem. Glede na kompleksnost, strukturo in fleksibilnost AMN smo izbrali PLC krmilnik s CPU 1214C s tranzistorskimi izhodi. Ker potrebujemo vsaj 41 vhodov, smo za razširitev uporabili še dva sig-

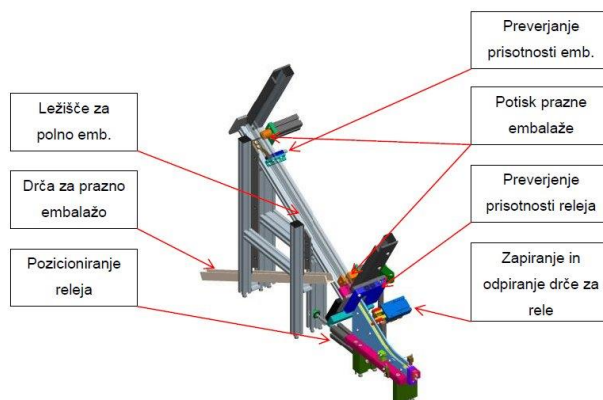
nalna modula in sicer SM 1223 ter SM 1221. Za razširitev komunikacije smo uporabili razširitveni modul SCM 1277, da smo povezali HMI panel in programirno napravo (PC). Uporabili smo tudi Siemensov HMI modul KTP400 Basic mono.



Slika 3: Blokovna shema AMN

### 3.1 Zalogovnik za »rele sestave«

Osnova interne medfazne embalaže so PVC embalažne profilne cevi, razrezane na ustrezne dolžine in na obeh straneh zaprte z gumijastimi čepi (slika 4).



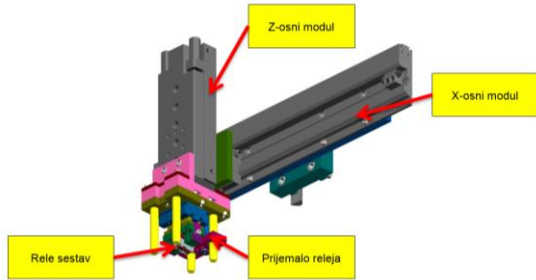
Slika 4: Zalogovnik za »rele sestave«

Na predhodni delovni operaciji justiranja relejev se »rele sestavi« odlagajo v embalažne profilne cevi. Nato se prenesejo na vstopni zalogovnik AMN, od koder se po drči pod naklonom spuščajo v montažni proces. Zalogovnik je opremljen z avtomatskim pnevmatskim menjalcom posameznih embalažnih cevi, ki v okviru pred-

videne avtonomije montažnega sistema zagotavlja samodejno polnjenje AMN.

### 3.2 Pnevmatiski manipulator

Glavni gibajoči se del AMN predstavlja standardni horizontalni dvoosni pnevmatiski manipulator z dvema linearnima pnevmatiskima moduloma s po dvema nastavljivima končnima položajema v ordinatni Z-osi in prav tako dvema končnima nastavljivima položajema v abscisni X-osi. Gibi obeh modulov so zgolj premočrtni. Vsi skrajni položaji so varovani z ustreznimi končnimi stikali (slika 5).

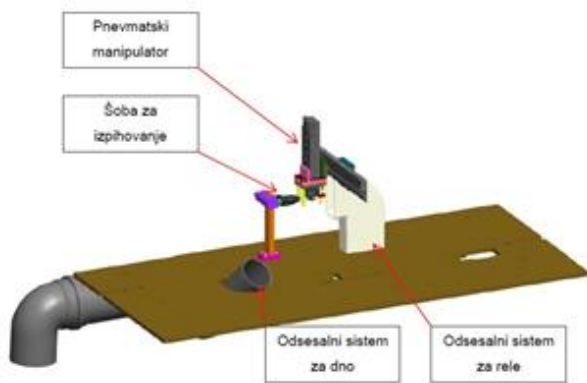


Slika 5: Pnevmatiski manipulator

Prijemalo manipulatorja, ki je pripeto na modul Z-osi, je kompleksno in več funkcijsko. Poleg osnovne funkcije prijemanja »rele sestava« na odjemnem mestu mora imeti tudi funkcijo njegovega vpenjanja z nastavljivo, dokaj nizko silo (do max. 5 N), da se »rele sestava« ne deformira. Imeti mora tudi možnost regulacije položaja »rele sestava« v vseh treh oseh, poleg tega pa vsebuje tudi centrirni sistem z vodili, ki v trenutku vstavljanja »rele sestava« v pokrov pozicionirajo prijemalo na Z-osi manipulatorja proti ohišju montažnega mesta (gnezdni del naprave).

### 3.3 Šoba za izpihovanje in odsesalni sistem

Celotna AMN je postavljena v t.i. brezprašno komoro, v kateri se vzdržuje nadtlak, ki preprečuje morebitno vračanje smeti iz okolice naprave nazaj v notranjost naprave ter s tem ponovno onesnaženje že očiščenih sestavnih delov in zmontiranih relejev (slika 6).

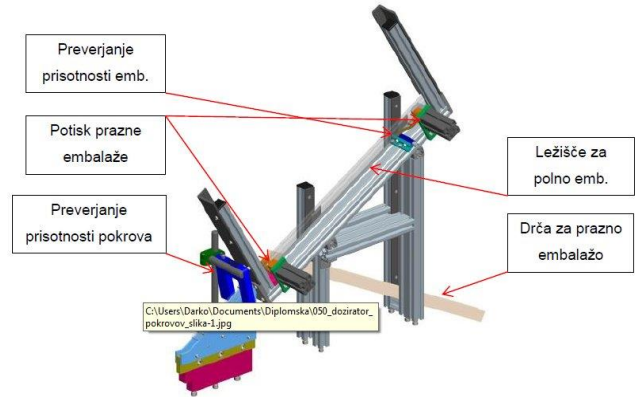


Slika 6: Šoba za izpihovanje in sesalni sistem

### 3.4 Zalogovnik za pokrove

Tudi pokrovi se po predhodni operaciji žigosanja označe (tamptisk tehnika nanašanja barve), kjer se tudi iz-

pihujejo, odlagajo z luknjo obrnjeno navzgor v enake PVC embalažne profilne cevi kot »rele sestavi«. Nato se prenesejo na vstopni zalogovnik AMN, od koder se po drči pod naklonom spuščajo v montažno gnezdo, kjer se natančno pozicionirajo (slika 7). S tem so pokrovi pripravljene za vstavljanje že očiščenega »rele sestava«.

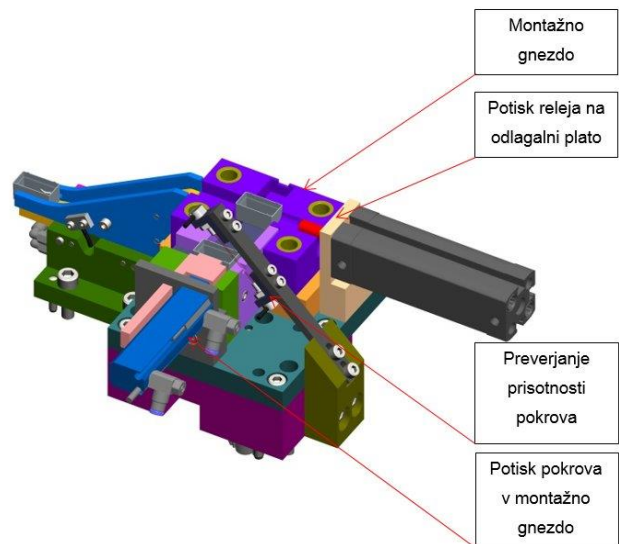


Slika 7: Zalogovnik za pokrove

### 3.5 Montažno gnezdo

Centralni del AMN predstavlja več funkcijsko montažno gnezdo, ki ima nalogo, da poleg sprejemanja, pozicioniranja in vpenjanja pokrova pred montažo, centrirata tudi prijemalo manipulatorja pri vstavljanju »rele sestava« in potisne le-tega v končno lego v pokrovu.

Po ročnem vstavljanju dna in izpenjanju se montažnemu gnezdu lahko opcijsko dogradi tudi dodatna funkcija izmetavanja releja oziroma dvigovanje le-tega na želeno višino, ki pri delno avtomatizirani izvedbi AMN omogoča ročno odlaganje na tekoči trak oziroma v sarnišerje za nadaljnjo montažo in končno kontrolo (slika 8).



Slika 8: Montažno gnezdo

### 3.6 Zalogovnik za dno

Pri trenutni izvedbi AMN [1] so dna relejev še neurejeno odložena v grmadnik ustrezne velikosti, od koder se postopoma samodejno spuščajo (z luknjo obrnjeno



navzdol) na sesalno mrežo, kjer se pred ročno montažo v rele sestav očistijo s sesanjem morebitnih nečistoč v notranjosti.

Pri popolnoma avtomatizirani izvedbi [3] se bodo dna orientirala v ustreznem rotacijskem vibratorju in se s pomočjo linearnega vibratorja transportirala do odjemnega mesta za nadaljnjo avtomatsko montažo, kjer se bodo, z luknjo obrnjeno navzdol, pred vstavljanjem še posesala. V tem primeru bo treba v AMN dograditi še dodaten dvoosni pnevmatski manipulator s posebnim visoko senzibilnim in prožnim namenskim vpenjalom za dno, ki bo omogočalo vstavljanje dna preko priključkov releja sestav v pokrov.

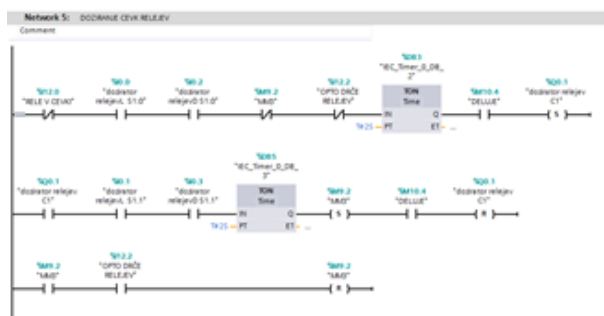
## 4 Programska oprema

Razvoj, testiranje, zagon in dokumentiranje programske opreme krmilnika za aplikacijo AMN temelji na programskih orodjih Siemens TIA portal, ki obsega [5]:

- SIMATIC STEP 7 za programiranje osnovnih funkcij PLK;
- SIMATIC Safety za programiranje varnostnih funkcij PLK;
- SIMATIC WinCC za programiranje HMI panelov in konfiguriranje vizualizacije.

Osnovne in varnostne funkcije aplikacije AMN programiramo grafično s pomočjo t.i. lestvičnega orodja LAD (Ladder Logic) v kombinaciji s funkcijskimi blokovnimi diagrami FBD (Function Block Diagram).

Trenutna aplikacija AMN [1] obsega 41 logičnih vhodov, na katere so priključeni senzorji (optični, induktivni, kapacitivni), tipke in stikala. Na 17 logičnih izhodov so priključeni aktuatorji pnevmatskega sistema.



Slika 9: Del programa za doziranje (LAD)

Celoten uporabniški program je vsebovan v »Main« (OB1) po naslednjih sklopih:

- delovanje števca in vklop krmilja;
- meritev ciklusa naprave;
- doziranje embalaže s pokrovi;
- priprava pokrova za prevzem;
- doziranje embalaže z releji;
- priprava releja za prevzem;
- prevzem releja z manipulatorjem;
- nalaganje releja na plato;
- resetiranje naprave;
- prikaz napak.

Vizualizacija in uporabniški vmesnik sta izvedena s pomočjo HMI modula, ki vsebuje:

- vklop krmilja;
- način delovanja (avtomatsko/ročno);
- prikaz sestavljenih izdelkov;
- možnost resetiranja števca;
- možnost resetiranja alarmov;
- prikaz trajanja cikla.

Dodatno smo izdelali tudi prikaz aktuatorjev, ki jih lahko ročno vzbujamo. Ta funkcija nam zelo koristi pri odkrivanju raznih napak in testiranju pravilnega delovanja aktuatorjev in senzorjev.

## 5 Zaključek

Tri posamične mehanizirane delovne operacije končne montaže relejev smo združili v enovito avtomatsko napravo, vendar zaradi tehnološke zahtevnosti še nekaj mesecev ne bo v celoti avtomatizirana. Velik pomen ima vključeno samodejno čiščenje kontaktnega sistema, kar se je takoj izrazilo na kvaliteti in zanesljivosti delovanja relejev. Z integracijo AMN v montažo relejev družine TRK10 se nam je povečala tudi kapaciteta montaže, saj se je montažni čas znižal iz povprečno 12,35 h/1000 kosov (mehanizirana montaža) na 8,53 h/1000 kosov. Tako smo dosegli cilj, da se bo investicija povrnila v roku petih let [1, 3].

Z delno avtomatizacijo še nismo v celoti izločili človeškega faktorja, ki je vzrok številnih napak v montaži. Kot cilj smo si tudi postavili, da začnemo v avtomatizirano montažo drugih linij vgrajevati novodobne PLK krmilnike, saj je v današnjem času avtomatizacija tudi drugih montažnih operacij neizbežna.

Plan nadaljnjega dela [1,3] je seveda doseči popolno avtomatizacijo montaže družine relejev TRK10. Celotna avtomatizirana montažna linija bo sestavljena iz montaže magnetnega kroga, s kontrolo in kalibracijo ter diagnostično meritvijo releja. Drugi del linije bo zajemal končno montažo releja z robotsko celico, ki bi popolnoma avtomatizirala končno montažo releja. Ker bo avtomatizirana montažna linija kompleksnejša, bo seveda krmilni sistem precej bolj zahteven kot pri predstavljenem AMN.

## Literatura

- [1] D. Samastur, Avtomatizirana naprava za končno montažo relejev, diplomsko delo VS, UM-FERI, Maribor 2017.
- [2] Iskra-Releji. Tehnični podatki za releja TRK10 in TRK10A. Makole, 2008.
- [3] Iskra-Releji, Tehnični zahtevnik za avtomatizirano napravo za končno montažo relejev TRK10, TRK10A in TRK08. Makole, 2012
- [4] Siemens AG. SIMATIC S7-1200. Katalog produktov. <https://mall.industry.siemens.com/mall/en/WW/Catalog/Products/10045647>
- [5] Siemens AG 2014. SITRAIN, Training for Industry, SIMATIC S7 TIA Portal Programming, TIA-PRO1, V13. Dostopno na: [www.siemens.com/sitrain](http://www.siemens.com/sitrain)