

DETEKTOVANJE I SPREČAVANJE NASTAJANJA GREŠKE PRIMENOM POKA-YOKE ALATA NA STOLU ZA TESTIRANJE KABLOVSKIH SNOPOVA**DETECTING AND PREVENTING DEFECT USING POKA-YOKE TOOLS ON TEST TABLES FOR CABLE HARNESS**Marko Subotić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – INDUSTRIJSKO INŽENJERSTVO**

Kratak sadržaj – Ovaj rad demonstrira primenu alata poka-yoke na stolovima za testiranje kablovskih snopova u auto industriji.

Ključne reči: Poka-yoke, zaštita od greške, prevencija, detekcija, Lean, auto industrija.

Abstract – This paper demonstrates the application of the poka-yoke tool on test tables for cable harness in the automotive industry.

Keywords: Poka-yoke, mistake proofing, prevention, detection, Lean, automotive industry.

1. UVOD

Poka-yoke predstavlja još jedan u nizu alata namenjen za sprečavanje nastanka grešaka tokom procesa proizvodnje.



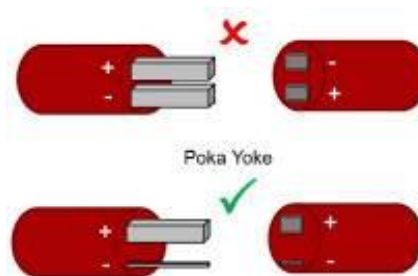
Slika 1 - Poka Yoke [1]

Shigeo Shingo, inženjer u Toyota-i, je prvi definisao termin poka-yoke. Na japanskom jeziku Poka označava nenamernu grešku, dok Yoke predstavlja prevenciju (slika 1). Autor koji se vodio ideologijom „nulte greške“ (zero quality control) smatrao je da je moguće postaviti sistem ili proces u kojem je greška nemoguća, odnosno, da se uz pomoć Poka-Yoke jednostavno detektuje i ispravi. U suštini, poka-yoke predstavlja alat za kontrolu grešaka koji se postavi na mašinu, radno mesto, proizvodnu traku itd. [2].

Sa slike 2 se vidi da je u prvom slučaju moguće spajanje komponenti nezavisno o međusobnim položajima polova pojedinih komponenti. Na taj način moguće je negativni pol jedne komponente postaviti u otvor za pozitivnu, a pozitivnu u otvor za negativnu, što je pogrešno. Primenom poka yoke rešenja, pozitivnoj i negativnoj elektrodi se pripisuju različite dimenzije, tako da je pogrešno spajanje komponenti nemoguće [3].

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Milovan Lazarević, red. prof.



Slika 2 - Poka-yoke dizajn [3]

„Razlog pojave defekta leži u greškama radnika, gde defekti predstavljaju rezultat ne rešavanja tih grešaka. Iz toga proizilazi da se greška neće pretvoriti u defekt ukoliko se otkrije i ukloni što je pre moguće, odnosno ukoliko povratna sprega (feedback) i akcija zauzmu poziciju u početnoj fazi greške“ [2].

Postoje tri podele poka-yoke rešenja [1]:

- 1) Pasivni – postoji mogućnost da greška nastane, koriste se audio vizuelni signali i oni ne mogu da spreče aktivnost koja vodi ka činjenju greške ali mogu da naglase pogrešne korake koje ne treba činiti
- 2) Aktivni – sprečavaju nastajanje greše, postoje dve vrste:
 - a. Preventivne – ne dozvoljavaju da nastane greška (projektovanje operacije tako da se onemogući činjenje greške od strane operatera), takav tip opreme je uglavnom definisan kao stop graničnici, koji kada detektuju grešku istog momenta zaustavlja mašinu, a ponekada i ceo proces, odnosno proizvodnu liniju,
 - b. Detektivne – projektovanje operacije tako da se detektuje greška koja za posledicu ima defekt proizvoda, one su uglavnom signalnog karaktera, one prilikom detekcije nepravilnosti zvučnim ili svetlosnim signalima obaveštavaju radnika,
- 3) Hibridni – predstavlja kombinaciju aktivne i pasivne poka-yoke.

Šest koraka poka-yoke [1]:

- 1) Razumeti proces
- 2) Identifikovati mogućnost nastanka greške
- 3) Utvrditi rizike povezane sa njima
- 4) Pokušati ukloniti najveće rizike
- 5) Plan-Do-Study-Act (PDSA) analiza mogućih rešenja za sprečavanje grešaka
- 6) Implementirati rešenja za sprečavanje grešaka

Poka-yoke alati predstavljaju ponekad veoma jednostavne mehanizme koji ili sprečavaju greške/defekte ili detektuju greške/defekte [2].

Koraci u procesu razvijanja jednog poka-yoke uređaja su [2]:

- 1) Opisati potencijalnu grešku na proizvodu i izračunati učestalost iste.
- 2) Odrediti mašinu koja uzrokuje greške na proizvodu i mašinu koja može da otkrije iste greške - najčešće to nije ista mašina.
- 3) Izolovati mašine i utvrditi suštinski razlog zašto dolazi do greške u procesu obrade. Problemi mogu biti neadekvatan alat, neprecizni merači, nedostatak informacija i sl.
- 4) Kada se utvrdi izvor problema potrebno je konstruisati poka-yoke uređaj. Ne postoji sistem tj. šema po kojoj se može napraviti uređaj, ali se treba pridržavati pravila konstrukcije što jednostavnijeg uređaja. Jednostavni uređaji se manje kvare i jednostavniji su za kontrolisanje.

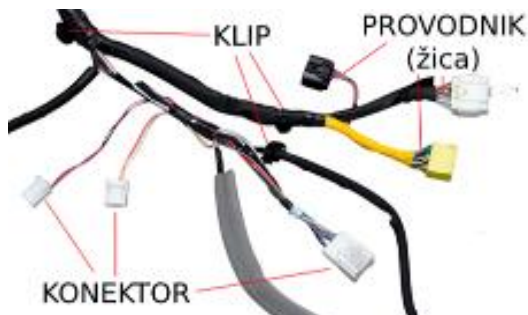
2. PRIMENA POKA-YOKE ALATA NA TEST STOLOVIMA

Kablovski snop predstavlja sistem za distribuciju električne energije i informacija u automobilu. Prikaz jednog kablovskog snopa može se videti na slici 3.



Slika 3 - Kablovski snop [5]

Glavni delovi snopa prikazani su na slici 4, i oni su terminali, provodnici, klipovi i konektori.



Slika 4 - Delovi kablovskog snopa [6]

Snopovi se testiraju na test stolovima, glavne stvari koje se testiraju su prisutnost klipova, prisutnost konektora i dobra povezanost provodnika.

Klip služi da se snop fiksira prilikom ugradnje u automobil. Na slici 5 vidimo različite vrste klipova.



Slika 5 - Različite vrste klipova [7]

Klip sto je radno mesto na kojem se testira prisutnost klipova (klip test). Na slici 6 prikazano je ovo radno mesto.



Slika 6 - Klip sto

Provodnici se pozicioniraju u konektore, koji se dalje montiraju u automobil. Na slici 7 vidimo različite vrste konektora.



Slika 7 - Različite vrste konektora [8]

Elektro sto radno mesto na kom se testira provodljivost snopa i prisutnost konektora (elektro test). Kada se završi elektro test štampa se nalepnica koja je dokaz da je snop ispravan. Na slici 8 prikazano je ovo radno mesto.



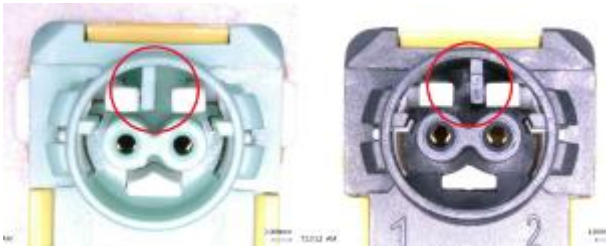
Slika 8 - Elektro sto

Modul za testiranje je uređaj pomoću kog se testiraju klipovi i konektori na kablovskom snopu. U njemu se nalaze mikro prekidači koji služe da detektuju da li su prisutni klipovi ili konektori, i pinovi koji služe za test provodljivosti provodnika u snopu. Na jednom test stolu se nalazi više modula. U svaki modul može da uđe samo odgovarajući konektor ili klip.

2.1. Studija slučaja

U toku montaže ugrađen je pogrešan konektor u snop. Umesto plavog konektora za airbag stavljen je crni konektor. Na snopu se nalazi pet airbag konektora. Ako je snop LHD (left-hand drive) ugrađuju se svi crni konektori, a ako je snop RHD (right-hand drive) ugrađuju se dva crna i tri plava konektora. Na liniji, gde se vrši montaža, konektori se nalaze jedan pored drugog. Na test modulu je detekcija za boju bila podešena previše nisko i snop je prošao test kao ispravan.

Postoje dva airbag konektora koja se testiraju. Njihova razlika je u boji, jedan je plavi a jedan je crni, i imaju fizičku razliku koja se naziva kodingu, uokvireno crvenim na slici 9.

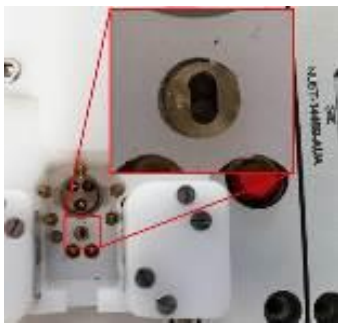


Slika 9 - Airbag konektori (uokvireno crvenim je razlika u kodingu)

Da se to ne bi ponovilo potrebno je da se napravi poka-yoke alat koji će detektovati ovakvu grešku.

Moduli na kojima se testiraju ovi konektori su identični, imaju iste detekcije. U toku testiranja, jedini način kako su se razlikovali konektori je boja.

Detekcija za boju (slika 10) radi tako što preko jednog optičkog kabla šalje svetlosne zrake koji se odbijaju o konektor a preko drugog kabla prihvata odbijene zrake i detektuje njihovu vrednost. U zavisnosti koji konektor je potreban tako se optika podešava.

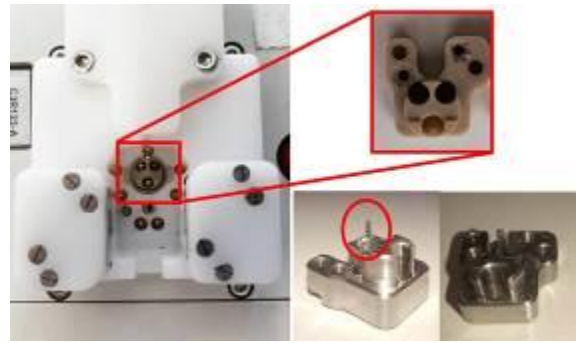


Slika 10 - Detekcija za boju

Podešava se granica i da li da prođe veća vrednost ili manja. U slučaju da crni konektor treba da prođe, a plavi ne, tražiće se manja vrednost od zadate. A u slučaju da je potrebno da plavi konektor prođe, a crni ne, onda će se tražiti veća vrednost.

Predloženo je rešenje da u modul može da uđe samo jedan konektor (u modul za crni konektor samo crni da može da uđe, u plavi samo plavi). Pošto se konektori fizički razlikuju po kodingu na osnovu toga se pravi poka-yoke alat.

U komunikaciji sa dobavljačem modula dogovoreno je da se doda graničnik na plastični deo (prikazano na slici 11) koji ne bi dozvolio fizički da se ubaci u modul neodgovarajući konektor.



Slika 11 - Prva verzija



Slika 12 - Oštećenja na konektorima

Na slici 12 vidimo oštećenja koja pravi prva verzija. U komunikaciji sa dobavljačem došlo se do zaključka da graničnik mora da bude odgovarajuće debljine i na odgovarajućem mestu da ne bi promašio koding na konektoru i da ga ošteti. Na slici 13 je prikazana druga verzija.



Slika 13 - Verzija 2

I dalje ima oštećenja na konektorima (slika 14), ali razlog za oštećenja je to što moduli za testiranje nisu pravljene serijski i razlika u njima je u desetom delu mm, a metalni graničnik je pravljene serijski i svi su identični. Iz tog razloga dobavljaču su poslani moduli da on ugradi metalne graničnike.



Slika 14 - Konektor pre i posle testiranja

Problem ove verzije je što je previše „igličasta“, i ukoliko operater na silu pokuša da ubaci konektor oštetiće ga i može da aktivira sve detekcije i prođe test. Na poslednjoj

verziji (slika 15) proširen je graničnik a otvori za detekcije CPA 4 i CPA 5 su sužene.



Slika 15 - Poslednja verzija

Dodavanjem metalnog graničnika se sprečava da se ubaci pogrešan konektor. Ukoliko se pogrešan konektor ubaci u modul graničnik će ga zaustaviti i neće se aktivirati sve potrebne detekcije.

Na slici 16 možemo videti da ne odgovarajući konektor ne ulazi u modul do kraja i da zbog toga nema sve detekcije aktivirane.



Slika 16 - Odgovarajući konektor i ne odgovarajući

Ovo poka yoke rešenje ne sprečava nastajanje greške ali detektuje da je nastala greška i daje mogućnost da se proizvod sa defektom ispravi.

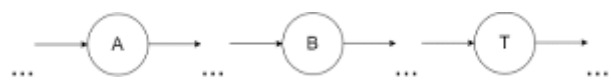
Ovo rešenje je implementirano na dve linije od četiri, iz razloga što se moduli šalju dobavljaču na ugradnju graničnika.

Još jedan predlog rešenja je da se montaža konektora razdvoji na dva radna mesta. Na slici 17 je prikazano trenutno stanje. Na radnom mestu „A“ se vrši montaža airbag konektora a na radnom mestu „T“ se vrši testiranje kablovskog snopa. Ukoliko dođe do greške na poziciji „A“ ona će se videti tek na testiranju.



Slika 17 - Trenutno stanje

Da bi se greška mogla ranije otkloniti predlog je da se crni airbag konektor ugrađuje na poziciji „A“ a plavi na poziciji „B“, kao što je prikazano na slici 18. Ukoliko se u toku proizvodnje RHD snopa crni konektor ugradi na pogrešno mesto (gde treba da bude plavi konektor) na poziciji „B“ će se primetiti ova greška i manje vremena će trebati da se otkloni.



Slika 18 - Predlog rešenja

3. ZAKLJUČAK

U ovom radu prikazana su poka-yoke rešenja na stolovima za testiranje kablovskih snopova. Svrha Poka-yoke

jeste da ukloni nedostatke proizvoda sprečavanjem, ispravljanjem ili da obaveste na ljudske greške u procesu rada.

Za prvi problem predloženo je rešenje da u modul može da uđe samo jedan konektor (u modul za crni konektor samo crni da može da uđe, u plavi samo plavi). Pošto se konektori fizički razlikuju po kodingu na osnovu toga se pravi poka-yoke alat.

U komunikaciji sa dobavljačem modula dogovoreno je da se doda graničnik na plastični deo koji ne bi dozvolio fizički da se ubaci u modul neodgovarajući konektor.

Ovo poka-yoke rešenje ne sprečava nastajanje greške ali detektuje da je nastala greška i daje mogućnost da se proizvod sa defektom ispravi.

Još jedan predlog rešenja jeste da se montaža konektora razdvoji na dva radna mesta. Ukoliko se u toku proizvodnje RHD snopa crni konektor ugradi na pogrešno mesto (gde treba da bude plavi konektor) na poziciji na kojoj se ugrađuje plavi konektor će se primetiti ova greška i manje vremena će trebati da se otkloni.

Primenom poka-yoke uređaja na testiranju proizvoda pomaže da se detektuju greške koje su nastale u toku proizvodnje. Detektovane greške mogu da se isprave i time se postiže veći kvalitet proizvoda.

4. LITERATURA

- [1] „Lean Compass,“ [Na mreži]. Available: <https://lean-compass.com/poka-yoke/>.
- [2] Đ. Radonić, Unapređenje procesa proizvodnje firme Dugme primenom Lin (Lean) koncepta, Univerzitet u Novom Sadu, Master rad, 2013.
- [3] „Alatnica home blog,“ [Na mreži]. Available: <https://alatnica.home.blog/2019/01/11/poka-yoke/>.
- [4] I. Beker, S. Morača, M. Lazarević, D. Šević, Z. Tešić, A. Rikalović i V. Radlovački, LEAN sistem, Novi Sad: Fakultet Tehničkih Nauka, 2017.
- [5] „Meridian Cable,“ [Na mreži]. Available: <https://www.meridiancableassemblies.com/cable-assembly/wire-harness/>.
- [6] „Wirafe,“ [Na mreži]. Available: <https://www.wirafe.com/component-parts-of-a-wire-harness/>.
- [7] „Avery Dennison,“ [Na mreži]. Available: <https://fastener.averydennison.com/en/home.html>.
- [8] „Fortop,“ [Na mreži]. Available: <https://www.fortop-wireharness.com/products.aspx?id=13>.

Kratka biografija:



Marko Subotić rođen je u Loznici 1996. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Industrijsko inženjerstvo – projektovanje proizvodnih i uslužnih sistema odbranio je 2022.god.

kontakt: msuba2@gmail.com