

Merjenje karakteristike stikala zaganjalnika AME in AZJ

Milan Krapež, univ. dipl. ing.
Flexatec d.o.o. Ljubljana
milan.krapez@tp-lj.si

Characteristic measurement of power switch for motor starter type AME and AZJ

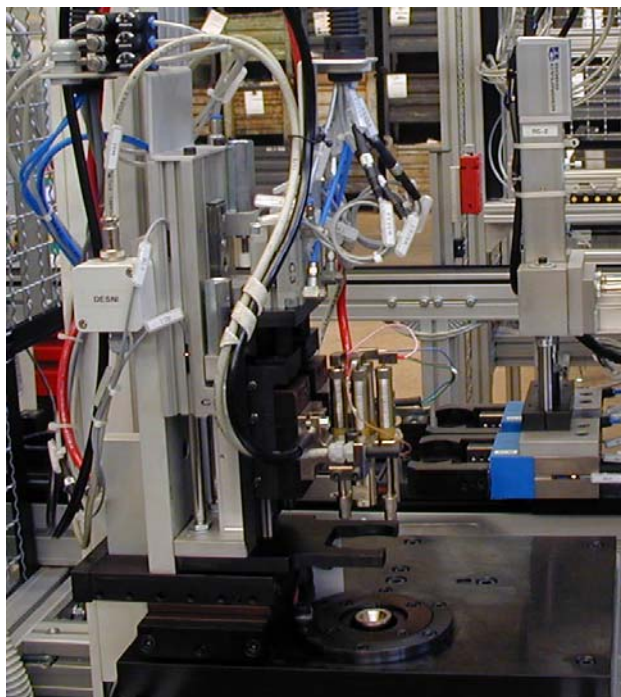
Abstract: *In this article measurement system projected and realised by our company for customer AVTOELEKTRIKA d.d. is described. Measurement devices in 13 seconds measures resistance (R_d , R_{dv}), forces (F_{dv} , F_{odl}) and contact reserve. Results are stored in database for future analyses.*

1 Uvod

Sodobni proizvodni proces v avtomobilski industriji zahteva visoko kakovost vgradnih elementov za vsak avtomobil. To dosežemo le z uporabo avtomatizacije in računalniške tehnologije v procesu proizvodnje. Ti sistemi omogočajo zanesljivost, ponovljivost in seveda tudi sledljivost, če je izdelek opremljen s sistemom identifikacije. Programska oprema vgrajena v take sisteme dovoljuje precejšnjo mero prilagodljivosti. Obstoječe sisteme je mogoče naknadno spremeniti ali dograditi. Zato moramo preudarno načrtovati koncept sistema, kakor tudi strojno opremo, da si ne zapremo poti za morebitne dograditve.

2 Avtomatska proizvodna linija

BOSCH paletni sistem je bil uporabljen kot osnovni gradnik celotnega transportnega sistema v procesu proizvodnje stikala zaganjalnika. S prirejenimi paletami, na katerih so ustrezna gnezda za pozicioniranje stikala v vertikalni legi, izdelek potuje med delovnimi mesti. Ob traku so prigradjena avtomatska ali polavtomatska delovna mesta za posamezno delovno operacijo. Po končanem sestavljanju stikala sledi še končna kontrola. Meritev je popolnoma avtomatska, zato da se izloči napaka človeškega faktorja.



Slika 1: Merilno mesto

Ob vstopu v testno napravo se paleta s stikalom najprej fiksira. Triosni manipulator odvzame s palete prispelo stikalo in odda na isto paletu že izmerjeno stikalo. Nato manipulator prenese merjenec na merilno mesto (slika 1) in ga vstavi v položaj za merjenje. Z zgornje strani se spusti vpenjalna glava z električnimi priključki (napajanje in kontrolni signali), s spodnje pa se približa jedro z merilno sondo. Po uspešnem vpetju se izmeri karakteristika stikala.

Celotno vpenjanje in meritev je opremljena z več varnostnimi funkcijami, ki preprečujejo poškodbo mehanskih sklopov. Ob neuspešni izvedbi posamezne faze, se aktivira alarm z ustreznim sporočilom. Glede na naravo napake mora operater posredovati oziroma napako odpraviti.

3 Časovne zahteve meritve

Meritev karakteristike je razdeljena na več sekvenc, ki si sledijo druga za drugo, dokler ni opravljena celotna meritev stikala. Pri tem sem moral upoštevati čas cikla, ki je za dani primer 13 sekund, od tega odpade za manipulacijo 5 sekund, 8 jih ostane za meritve.

Odvzem in postavitve novega stikala na merilno mesto je mrtvi čas, ko meritev miruje. Ostali del manipulacije se izvršuje vzporedno med samo meritvijo. To smo dosegeli z dvojnimi prijemalom na manipulatorju. Pri vsakem transportu med paletu in merilnim mestom, se izvršita dve fazi:

- odvzem novega merjenca,
- oddaja izmerjenega merjenca.

Pri manipulaciji smo bili omejeni še s pospeški oziroma pojemki, ki povzročajo vibracije in nihanja na celotnem ohišju naprave.

Meritev karakteristike je sestavljena iz naslednjih faz:

- meritev Rd in Rdv: 2 sekundi,
- meritev vlečne sile in kontaktne rezerve: 3 sekunde,
- meritev odlepne sile in umik jedra: 3 sekunde.

Časovno najbolj zahtevna so bila preklapljanja močnostnih kontaktorjev in spreminjanje režima delovanja izvora enosmerne napetosti. Pri tem sem moral upoštevati naslednje omejitve:

- kontaktorje se ne sme izklapljeti pod obremenitvijo, ker preko njih teče velik tok,
- zaradi velikega toka se grejeta navitji Rd in Rv, kar prinese napako meritve,
- spreminjanje režima delovanja izvora enosmerne napetosti zahteva med 200 ms in 400 ms,
- stabilizacija napetosti na merjencu zahteva med 100 ms in 500 ms zaradi napajalnika.

Zahtevani čas meritve je bil dosežen s pravilnim zaporedjem meritve in ustreznim

upravljanjem z močnostnimi elementi merilnega sistema.

4 Meritev

Meritev karakteristike stikala je razdeljena na naslednje sekvence:

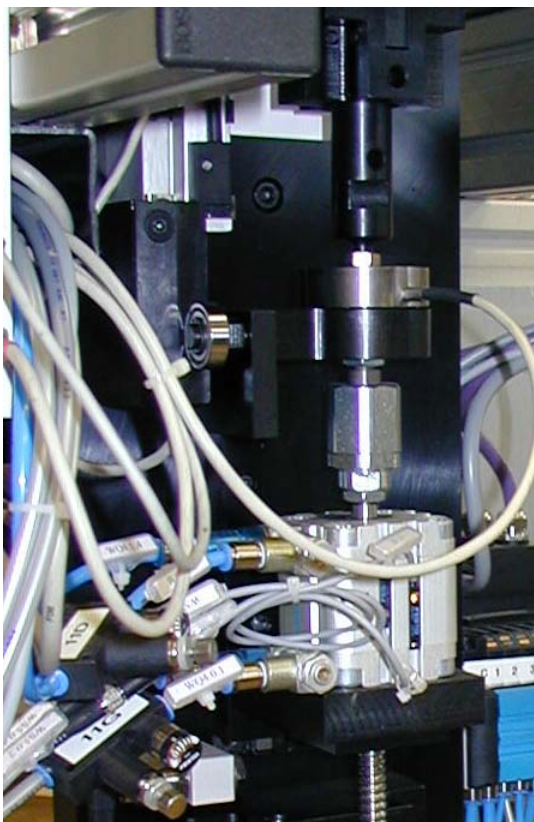
- meritev upornosti Rd po U/I metodi,
- meritev upornosti Rdv po U/I metodi,
- meritev vlečne sile jedra,
- meritev kontaktne rezerve,
- meritev odlepne sile.

Meritev obeh upornosti temelji na osnovni štiri žični U/I metodi. Kontaktiranje s priključki na stikalu je izvedeno z dvojnimi kontaktnimi iglami: močnejšimi za priklop napetosti in signalnimi, ki so dodatno vzmetene zaradi prilagajanja. Največ težav je bilo zaradi ostankov kolofonije po lotanju priključkov. S spremembo tehnologije lotanja je bila težava odpravljena.

Tehnološki postopek s strani kupca določa, da se meritev opravi pri nazivni napetosti, kar pomeni tokove skozi navitji 13A oziroma 55A. Tako veliki tokovi povzročajo izdatno segrevanje žice tuljav in s tem spreminjanje upornosti. Meritev sem pospešil tako, da se nastavlja režim delovanja izvora enosmerne napetosti med mrtvimi časi manipulacije.

Med meritvijo vlečne sile jedra se sočasno vzorči trenutna sila na merilniku sile, pozicija jedra in stanje kontakta (odprt / sklenjen). Zato sem uporabil 16/8 kanalni A/D vmesnik za PC. Ker je razmerje med *sample rate* in *scan rate* pri največji hitrosti pomika jedra (hitrost je nastavljiva) večje od 100, lahko predpostavimo, da so vzorci zajeti sočasno. Pri tej meritvi sem moral vgraditi še varnostno funkcijo. Ta pri preobremenitvi merilne sonde prekine meritev in izpiše ustrezno sporočilo na zaslonu. Preobremenitev je lahko posledica napačne nastavitve koordinat pomika jedra ali mehanske ovire v tuljavniku. Na podlagi zajetih vzorcev se izračuna sila v merilnih točkah in kontaktna rezerva.

Mejenje odlepne sile poteka v obratni smeri kot prejšnja meritev. Predhodno je potrebno ustvariti zračno blazino na pnevmatskem cilindru, na katerega je pritrjeno merilno jedro (slika 2). Ta tehnološki postopek je potreben zaradi zaščite merilne sonde sile. Odlepitev jedra povzroči sunek sile, ki bi v daljšem obratovalnem času naprave poškodoval sondo. Med meritvijo je zajetih 4000 vzorcev sile, iz katerih se izračuna maksimalno odlepno silo jedra.



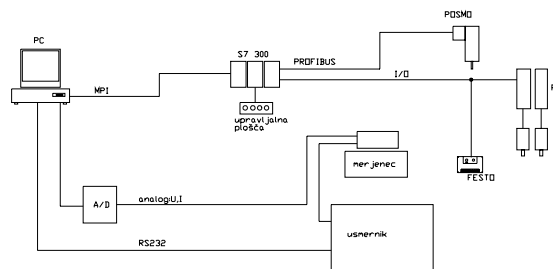
Slika 2: Merilnik sile

5 Merilni sistem

Merilni sistem je zgrajen iz dveh enot:

- PLC krmilnik Simatic S300,
- PC industrijski računalnik Siemens IL40 z A/D vmesnikom in prilagoditvenim modulom proizvajalca NI [1].

PLC krmilnik upravlja vse mehanske pomike: manipulator, primik sond, pomik jedra in varnostne funkcije kot so zaščitna vrata. Z



Slika 3: Merilni sistem

nadzornim PC je povezan preko MPI vodila. Podatki se ciklično izmenjujejo v obe smeri (slika 3).

Zajem in obdelavo podatkov opravlja PC v industrijski izvedbi. Posebnost tega računalnika je nadzor temperature v ohišju in vgrajeni kontrolni časovnik (*watchdog*). Analogne signale vzorči 16/8 kanalni 12 bitni A/D pretvornik serije E6023. Ker so merjeni signali pri določenih modelih stikal višji od dovoljene napetosti na vhodu A/D pretvornika, sem uporabil še prilagoditveni modul z autenatorji 10:1. Pretvornik omogoča nastavitvev ojačanja, in načina delovanja *single end / differential*, kar je precej poenostavilo merilni del naprave. Merilni upori so razreda točnosti 0,1. Vir enosmerne napetosti proizvajalca Fug je v celoti analogne izvedbe z dodanim digitalnim vmesnikom. PC ima popoln nadzor nad napajalnikom preko RS232 komunikacijskimi vrati.

6 Programska oprema

Programska oprema se deli na:

- oprema za PLC krmilnik,
- oprema za PC.

Programsko opremo za PLC sem napisal v višjem programskem jeziku SCL [2], ki omogoča naprednejše programske tehnike, kot jih na primer STL ali *ladder*. Nadzor mehanskih sklopov se deli na:

- upravljanje manipulatorja,
- upravljanje merilnega dela (sonde, pomik jedra, sinhronizacija s PC),
- upravljanje palet.

Manipulator sestavljajo servo pogoni in pnevmatske enote. Pozicioniranje motorjev je preko I/O blokov, same pozicije pa se vpišejo preko RS232 vmesnika iz PC-ja neposredno v krmilnik servo motorja. Krmiljenje pnevmatskih enot je enostavno s krmilnim ventilom in končnim stikalom.

Merilni del nima zahtevnejših enot razen servo pogona za pomik merilnega jedra. Tu je uporabljen POSMO A pogon, ki je s PLC krmilnikom povezan preko PROFIBUS vodila. Ta sistem omogoča pozicioniranje in kontrolo za manj zahtevne aplikacije. Upravljanje palet se izvaja v sinhronizaciji z manipulatorjem.

Programska oprema omogoča avtomatski in ročni način delovanja. Želeni režim operater izbere na upravljalni konzoli na napravi.

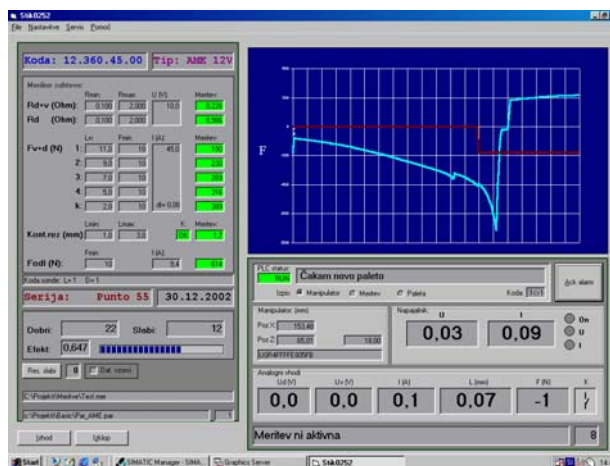
V ročnem načinu lahko postavi napravo v izhodiščni položaj. Lahko pa izvaja funkcije posameznega sklopa koračno naprej ali en korak nazaj. Sklop izbere na zaslonu PC-ja. Problem pri koračnem izvajanju so servo pogoni, saj se morajo vedno pravilno pozicionirati, ne glede na to ali je bil korak izveden do konca ali prekinjen. Vsi gibi mehanskih sklopov so ustrezno komentirani na zaslonu, tako da operater lahko sledi izvajanju cikla pri nastavljanju naprave. Ravno tako je vsak gib časovno nadzorovan. V primeru prekoračitve časa, se na zaslonu izpiše alarmno sporočilo z opisom vzroka napake.

V avtomatskem načinu delovanja deluje naprava popolnoma samostojno. Delovanje se prekine v primeru napake pri izvajanju posameznega giba ali trikratne zaporedne neustrezne karakteristike meritve izdelka. V obeh primerih mora posredovati operater in ugotoviti vzrok napake. To je pomembno predvsem pri neustreznih meritvah. Dosedanje izkušnje so pokazale, da so merilne naprave mnogokrat odkrile napake, ki so bile posledica nepopolnih operacij na predhodnih postajah ali pa zamenjave vgrajenih materialov. Vendar se je zmerom iskal vzrok izmeta na merilni napravi.

Programska opremo za nadzorni PC sem napisal v Visual Basic-u [3]. Aplikacija, dosti zahtevnejša kot tista na PLC-ju, izvaja naslednje funkcije:

- komunikacija preko MPI vodila z PLC-jem,
- komunikacija preko RS323/RS485 vodila s krmilnikom servo pogonov manipulatorja,
- komunikacija preko RS232 vodila z izvorom enosmerne napetosti,
- vzorčenje in zajem analognih signalov preko A/D vmesnika,
- sinhronizacija s PLC-jem,
- izpis alarmov in diagnostike,
- obdelava zajetih signalov,
- zapisovanje merilnih rezultatov v podatkovno bazo,
- prikaz meritve,
- nastavljanje strojnih nastavitev,
- nastavljanje merilnih parametrov,
- sestavljanje serij,
- metrološki nadzor.

Največji izziv pri razvoju programa so predstavljale časovne zahteve. Komunikacije



Slika 4: Uporabniški vmesnik

preko vmesnikov so dokaj počasne, nepričakovano predvsem preko MPI vodila, zato sem spet izkoristil mrtve čase med mehanskimi gibi, za pridobitev vsake desetinke sekunde.

Uporabniški vmesnik je koncipiran kar se da enostavno in pregledno (slika 4), tako da operater s pogledom na zaslon lahko takoj ugotovi stanje naprave. Sprememba parametrov je hitra in enostavna. Le z nekaj kliki miške lahko izbere iz pripravljene podatkovne baze nov tip izdelka ali odpre novo serijo. Seveda pa je dostop do sprememb zaščiten z geslom.

7 Povzetek

Z opisanim merilnim sistemom je realizirana popolno avtomatizirana končna kontrola izdelka. Pridobljene izkušnje pri projektiranju te naprave bodo pripomogle pri iskanju še boljših

rešitev pri naslednjih napravah. Posebno spodbudne so izkušnje z A/D vmesnikom proizvajalca NI, ki se je izkazal za zanesljivega in enostavnega za uporabo.

8 Literatura

- [1] Signal Conditioning, SC-2345 User Manual, National Instruments 2002
- [2] Structured Control Language (S7-SCL) for S7-300 and S7-400 Programming, Siemens AG, 1998
- [3] Microsoft VisualBasic Language Reference Microsoft Corporation 1995