

UNIVERZA V LJUBLJANI
FAKULTETA ZA ELEKTROTEHNIKO

Karl Jerman

**ŠTUDIJA ROČNE, DELNO AVTOMATIZIRANE IN
AVTOMATSKE LINIJE ZA IZDELAVO ŠTEVCEV
MT372**

DIPLOMSKO DELO UNIVERZITETNEGA ŠTUDIJA

Mentor: doc. dr. Boštjan Murovec

Ljubljana, 2005

Zahvala

Zahvaljujem se mentorju doc. dr. Boštjanu Murovcu, univ. dipl. inž. el., ki me je usmerjal pri izdelavi diplomskega dela.

Zahvaljujem se tudi svojemu mentorju v podjetju Iskraemeco d. d. mag. Mirku Šaleju, univ. dipl. inž. el., za strokovno pomoč in nasvete pri izdelavi diplomskega dela.

Zahvaljujem se tudi svoji mami, ki me je več čas študija materialno in moralno podpirala.

Karl

Kazalo

Povzetek.....	1
Abstract.....	3
Uvod.....	5
1. Zgradba in delovanje števca MT372.....	7
1.1 Značilnosti elektronskega gospodinjskega števca MT372	7
1.2 Princip merjenja električne energije	9
1.3 Napajalnik	10
1.4 Merilni sistem števca MT372	10
1.5 Napetostni in tokovni vhod	11
1.6 SPI vodilo.....	11
1.7 Izhodi	11
1.8 Vhodi.....	11
1.9 GSM/GPRS komunikacijski vmesnik.....	12
1.10 RS485 komunikacijski vmesnik	12
1.11 Program za komunikacijo s števcem MeterView	13
1.12 Tehnični podatki števca MT372	14
2. Postopek izdelave števca MT372.....	17
2.1 Izdelava podsestavov in sestavnih delov števca	17
2.2 Izdelava opremljenega tiskanega vezja (OPTIV)	18
2.3 Sestavljanje števca	19
2.4 Lasersko vpisovanje čelne plošče in pregrade	19
2.5 GSM test	20
2.6 Umerjanje in končna kontrola.....	21
2.7 Zapiranje	22
2.8 Test prebojne trdnosti	23
2.9 Prevzem.....	24
2.10 Pakiranje	24
2.11 Servis.....	24
3. Sledenje števecv.....	27

3.1	Pomen sledenja	27
3.2	Proizvodni Informacijski Sistem (PIS)	27
4.	Ročna montažna linija MT372.....	29
4.1	Shema ročne montažne linije	29
4.2	Laser.....	30
4.3	Sestav 1	31
4.4	Sestav 2	31
4.5	GSM test	32
4.6	Umerjanje in končna kontrola.....	33
4.6.1	Etalonski števec TEMP-100	34
4.6.2	Elektronski vir EMH PPS 60.3	36
4.6.3	Junction box	37
4.6.4	Merilnik napake NE357	38
4.6.5	Fiksni čitalec črtne kode Metrologic IS4120	39
4.6.6	Fiksni čitalec črtne kode SICK CLV420	40
4.6.7	Ročni čitalec črtne kode Symbol LS4000.....	41
4.6.8	Ročni čitalec črtne kode Datalogic LYNX D302E.....	42
4.6.9	Izbira čitalcev črtne kode	42
4.7	Zapiranje	43
4.8	Test prebojne trdnosti	43
4.9	Izločanje slabih števecov na posameznih operacijah.....	44
4.10	Stroški nakupa ročne montažne linije	45
4.11	Prednosti in slabosti ročne montažne linije	46
5.	Delno avtomatizirana montažna linija MT372	47
5.1	Shema delno avtomatizirane montažne linije	47
5.2	Sestav 1	49
5.3	Sestav 2	50
5.4	Izpihovanje in sesanje	51
5.5	Test prebojne trdnosti	51
5.6	Umerjanje in končna kontrola.....	52
5.7	Nastavitev	54

5.8	GSM test	55
5.9	Test prikazovalnika in mostičkov	55
5.10	Lasersko vpisovanje čelnih plošč in pregrad	57
5.11	Zapiranje	58
5.12	Izločanje slabih izdelkov na posameznih operacijah	59
5.13	Servis.....	59
5.14	Stroški nakupa delno avtomatizirane montažne linije	60
5.15	Prednosti in slabosti delno avtomatizirane montažne linije.....	61
6.	Avtomatska montažna linija MT372	63
6.1	Shema avtomatske montažne linije.....	63
6.2	Sestav 1 in 2	63
6.3	Nastavitev	64
6.4	Zapiranje	64
6.5	Prednosti in slabosti avtomatske montažne linije MT372	64
6.6	Stroški nakupa avtomatske montažne linije.....	65
7.	Ekonomska primerjava linij.....	67
8.	Ugotovitve.....	69
9.	Viri	71
10.	Izjava o avtorstvu.....	73

Povzetek

Na trgu elektronskih števecv vlada vse večja konkurenčnost, kar se zadnja leta odraža v strmem padanju cen. Podjetja si zato prizadevajo zmanjšati stroške proizvodnje in dvigniti kakovost svojih izdelkov. Med njimi je tudi Iskraemeco d. d. z novo generacijo elektronskih gospodinjskih števecv MT372. Od prejšnje generacije števecv MT300 se razlikujejo po novem principu merjenja električne energije s tuljavicami Rogowski ter programskim umerjanjem namesto z umerjevalnimi upori.

Nov tip števca je prinesel drugačne sestavne dele ter drugačen postopek sestave, umerjanja in kontroliranja števca. To je potrebno upoštevati pri študiji montažne linije, zato so najprej predstavljene osnovne karakteristike števecv MT372, princip merjenja električne energije, posamezni sklopi števca ter njihove funkcije.

Trenutno so v proizvodnji postavljena začasna univerzalna delovna mesta za izdelavo manjših serij števecv MT372, vendar njihova kapaciteta kmalu ne bo zadoščala za zadovoljitev povpraševanja kupcev. V ta namen so predstavljene obstoječe operacije in študija ustrezne ročne, delno avtomatizirane in avtomatske montažne linije za zagotovitev potrebne proizvodne kapacitete. Namen avtomatizacije je poleg znižanja stroškov izdelave tudi izboljšanje kakovosti števca električne energije in zmanjšanje števila reklamacij zaradi napak, ki so posledica ročnega dela v posameznih fazah izdelave.

Ugotovitve o stopnji avtomatizacije proizvodnje števca MT372 in njene ekonomske upravičenosti so predstavljene s pomočjo shem linij, razlage posameznih ročnih in avtomatiziranih delovnih mest ter prikazom ekonomske upravičenosti. Izkaže se, da je v primeru predvidene prodaje 245.000 števecv letno v obdobju do treh let primerna izbira ročna montažna linija, v obdobju treh do šestih let delno avtomatizirana linija, nad šest let pa avtomatska montažna linija.

Ključne besede: elektronski števec, montažna linija MT372, stopnja avtomatizacije.

Abstract

The drop of electronic meter prices is the result of a big competition in the meter market. To increase their sell, the companies are trying to reduce the manufacturing costs and to raise the quality of their products. Iskraemeco d. d. is one of them offering the new family of electronic household meters MT372. As to the previous generation of electronic meters MT300, it differs in a new principle of measuring electric energy with Rogowski coils and the software calibration instead of calibrating with resistors.

The new type of a meter has introduced new parts and demands to the assembly procedure, calibrating and controlling. This has to be taken into consideration when planning the production line. That is why the basic characteristics of meters MT372, the principle of measuring electric energy and different sections of a meter and their functions are described at the beginning.

At the moment, there exist temporary universal working places in the production area, which are able to produce only a small number of meters MT372, but their capacity will not be enough to satisfy the customers' demands in the future. Therefore, the existent operations and the plan for manual, semi automated and fully automated production line assuring the required production capacity are presented. The purpose of the automation is to lower the production costs, to improve the quality of meters and to reduce the number of reclamations due to the mistakes, which are the result of manual work in different stages of the production.

The findings about the level of automatization in the production of electronic meters MT372, and its economical justification are presented with the scheme of production lines, explanation of individual manual and automatic working places and calculation of economical justification. The results show that in case of the expected sell of 245.000 meters per year for the next three years the manual production line is the best choice, for the period three to six years semi automated line is preferred, and for the next six years or more the fully automated line is the appropriate choice.

Key words: electronic meter, production line MT372, level of automatization.

Uvod

V podjetju Iskraemeco d. d. je bil razvit elektronski gospodinjski števec MT372, ki je predstavnik nove družine števecv, katerih merilni princip temelji na tuljavici Rogowski. Števec je uspešno prenesen v proizvodnjo, kjer proces montaže in kontrole trenutno poteka na začasnih delovnih mestih.

Sedanja kapaciteta začasnih delovnih mest znaša 50.000 števecv letno. Plan prodaje predvideva letno potrebo do 245.000 števecv, zato se je pojavilo vprašanje, kako razširiti obstoječa delovna mesta in do katere stopnje avtomatizirati proizvodni proces.

Ročna montažna linija omogoča večjo fleksibilnost in nižjo nabavno ceno linije, delno avtomatizirana montažna linija pa zagotavlja višjo kakovost proizvoda in manjše proizvodne stroške, kar je danes še posebej pomembno, saj cene elektronskih števecv na trgu že nekaj let strmo padajo. Z avtomatsko montažno linijo se doseže visok nivo kakovosti in nizko ceno števca, vendar se taka montažna linija izplača le ob proizvodnji velikih količin števecv v daljšem časovnem obdobju.

Cilj naloge je študija ročne, delno avtomatizirane in avtomatske montažne linije, ki bo zagotavljala potrebno količino elektronskih števecv ter definiranje zgradbe posameznih delovnih mest. Linije je potrebno ekonomsko ovrednotiti in izbrati najustreznejšo. Pri tem se opiramo na dosedanje izkušnje ter poskušamo uvesti tudi nove tehnične rešitve, ki bi zagotovile višjo kakovost in nižjo ceno števca ter skrajšale čas izdelave.

1. Zgradba in delovanje števca MT372

1.1 Značilnosti elektronskega gospodinjskega števca MT372

Števci električne energije MT372 predstavljajo novo generacijo sistemskih gospodinjskih števecov, ki namesto Hallovega principa merjenja električne energije (1) uporabljajo merilni sistem s tuljavico Rogowski (slika 2), (1). Trenutno sta razvita števca MT372-GSM in MT372-RS485 (2), ki se razlikujeta le v načinu komunikacije s centrom vodenja.



Slika 1: Števec MT372.

MT372 (slika 1) je trifazni števec električne energije razreda 1 ali 2. Meri delovno energijo v obeh smereh, ima svojo uro, koledar in do štiri tarifne sheme. Opremljen je lahko s dvema impulznima vhodom, vhodom za alarm in tremi izhodi. Prvi izhod je rele, ki omogoča preklapljanje bremena do 250 V, 6 A, drugi pa do 250 V, 100 mA. Tretji izhod preklaplja odklopnik. Realizirana je možnost snemanja obremenitvenega profila,

porabljeno energijo pa števec prikazuje na LCD prikazovalniku (v nadaljevanju prikazovalnik). Vgrajen ima tudi kondenzator »supercap« kapacitete 25F, ki omogoča varno shranjevanje podatkov o porabljeni energiji in nemoteno delovanje števca do 10 dni po izpadu električne energije. Varnostna zaščita je izvedena z elektronsko detekcijo odprtja pokrova priključnice in pokrova števca, obe pa delujeta v napetostnem in breznapetostnem stanju. Za programiranje, parametriranje in branje registrov števca je na voljo infrardeči (IR) vmesnik (3). Tipki na pokrovu sta namenjeni komunikaciji s števcem s strani uporabnika. S tipko »scroll« je omogočen pregled menijev, s tipko »reset« pa je možna reinicializacija (reset) števca. Tipka »reset« se nahaja pod pokrovčkom, ki je lahko plombiran. Na željo kupca je števcu dodan odklopni modul (tabela 1), s katerim je ponudniku električne energije omogočen daljinski odklop ali omejitev energije uporabniku.

Izvedba MT372-GSM je opremljena z GSM/GPRS komunikacijskim vmesnikom (4), ki omogoča komunikacijo s centrom vodenja. Vgrajeno ima notranjo anteno z možnostjo uporabe zunanje antene, ki je z notranjo sklopljena preko sklopnega vezja. Zunanja antena je uporabljena, ko je števec na terenu vgrajen v kovinsko omarico. Izvedba MT372-RS485 je opremljena z RS485 komunikacijskim vmesnikom (4), ki omogoča komunikacijo s komunikatorjem (P2CC). Ta preko RS485 komunicira s števci, zbrane podatke za celotno skupino števecov pa preko GSM/GPRS komunikacijskega vmesnika posreduje centru vodenja.

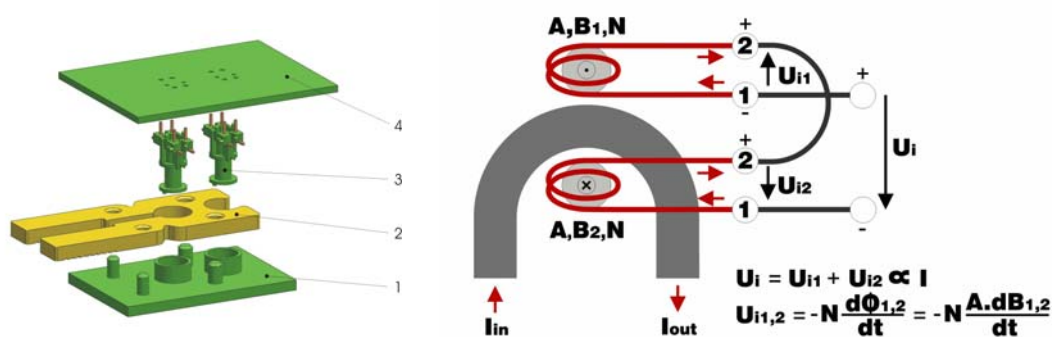
Zajamčena življenjska doba števecov je 15 let.

Števec MT372 ustreza naslednjim standardom:

- IEC 62056-46 GSM/GPRS vmesnik, RS485 vmesnik (4),
- IEC 62056-21 IR vmesnik (3),
- IEC 62052-11 splošne zahteve in testi, ki jim mora števec ustrezati (5),
- IEC 62053-21 posebne zahteve za števce delovne energije razreda 1 in 2 (6),
- skonstruiran in proizveden v skladu z ISO 9001 (7).

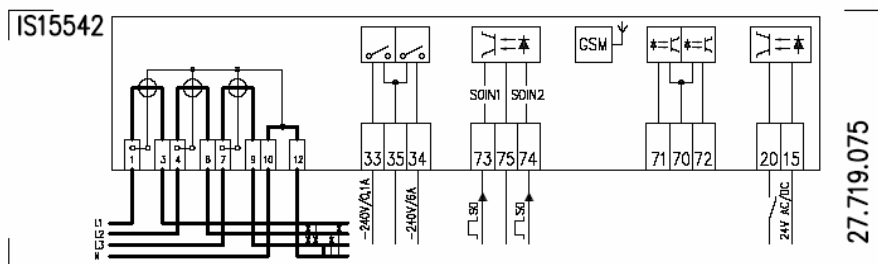
1.2 Princip merjenja električne energije

Tuljavica Rogowski meri spremembo inducirane napetosti, le-ta pa je premosorazmerna spremembi toka, ki teče skozi tokovni ovoj (slika 2). V merilnem sistemu sta za vsako fazo (tudi za ničlo) dve tuljavici in eno merilno integrirano vezje. Prva tuljavica meri energijo, druga pa je kompenzacijska tuljavica, ki meri vpliv motenj. Fazna napetost je na vhod elektronskega merilnega vezja pripeljana preko predupora. Merilno vezje vrednoti oba signala in izračunava električno energijo.

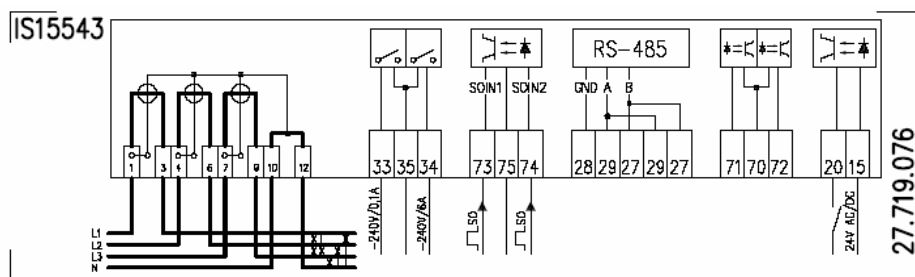


Slika 2: Merilni princip s tuljavico Rogowski.

1. Priključni blok
2. Tokovni ovoj
3. Tuljavici Rogowski
4. OPTIV



Slika 3: Priključna shema števca MT372-GSM.



Slika 4: Priključna shema števca MT372-RS485.

1.3 Napajalnik

Napajalnik vsebuje elektronski transformator (switcher). Izveden je tako, da dovaja le toliko energije, kolikor jo števec v danem trenutku potrebuje. Groba regulacija napetosti je izvedena s transformatorjem, kateremu je prenos energije omejen v skladu s trenutnimi potrebami. Za to skrbi vezje VIPER12A (8). Fina regulacija napetosti na 4,2V se izvaja z vezjem MC33063AD (9). Precizno izbrani elementi napajalnika omogočajo, da je lastna poraba števca v zahtevanih mejah (6).

1.4 Merilni sistem števca MT372

Merilni sistem sestavljajo štiri enofazna merilna integrirana vezja STPM01E (10). Vezje je načrtovano v Iskraemeco d. d., izdeluje pa ga italijanski proizvajalec ST Microelectronics (11). Tri merilna integrirana vezja merijo napetost in tok v vseh treh fazah, četrto pa meri tok v ničli; slednje omogoča detekcijo kraje električne energije (slika 3), (slika 4). Merilna integrirana vezja delujejo v tako imenovanem perifernem oz. nesamostojnem načinu v povezavi z SPI vodilom (2) in mikroprocesorjem.

Števec se umeri tako, da se v vsako merilno integrirano vezje trajno zapišejo iz meritev izračunane umerjevalne konstante, ki se jih naknadno ne da več spremeniti.

1.5 Napetostni in tokovni vhod

Napetost je pripeljana na uporovni delilnik, ki napetost prilagodi nivojem merilnega integriranega vezja. Informacija o toku se zajema preko tuljavic Rogowski in se vodi v merilno integrirano vezje, ki nato izračunava moč.

1.6 SPI vodilo

SPI vodilo je dvosmerno sinhrono serijsko komunikacijsko podatkovno vodilo med merilnimi integriranimi vezji in mikroprocesorjem, preko katerega slednji periodično bere merilne podatke iz posameznih merilnih integriranih vezij. V danem trenutku lahko poteka komunikacija le z enim merilnim integriranim vezjem.

1.7 Izhodi

Števec ima en relejski izhod, ki je sposoben preklapljati breme do 250 V, 6 A ter en OPTOMOS rele izhod (2), ki zmore preklapljati manjša bremena do 250 V, 100 mA. Tretji izhod krmili odklopni modul, ki se lahko števcu doda na željo kupca. Z njim lahko ponudnik električne energije na daljavo v vsakem trenutku porabniku prekine dostop do električne energije ali mu ga omeji na poljubno majhno vrednost.

1.8 Vhodi

Vhod alarm zaznava prisotnost napetosti 24 V. Če jo zazna, izvede predprogramirano operacijo. To je lahko beleženje alarma v register ali klic na ustrezno telefonsko številko.

Števec je lahko opremljen še z dvema SO vhodoma (2). Kratke stike na vhodnih sponkah SO vhoda, ki jih povzročajo izhodi drugih števecv (plinski, toplotni), interpretira kot impulze in tako beleži njihovo porabo, ki jo nato prikaže na prikazovalniku.

1.9 GSM/GPRS komunikacijski vmesnik

Izvedba MT372-GSM ima vgrajen modem podjetja Wavecom tipa Wismo Quik (slika 5), ki podpira območja 900/1800 MHz (12). Preko njega števec komunicira s centrom vodenja. Preko GSM/GPRS komunikacije je možno pridobivanje informacije o porabljeni električni energiji, branje posameznih registrov, odklop uporabnika, če ima vgrajen odklopni modul, in celo prepis programske opreme v števcu. Kupec števecv pred izdelavo pošlje pripadajoče SIM kartice, ki se jih nato pri montaži vstavi v števec. Trenutno se proučuje ideja, da bi vlogo procesorja v števcu električne energije prevzel procesor v modemu.



Slika 5: Modem Wavecom Wismo Quik Q2406B.

1.10 RS485 komunikacijski vmesnik

Števec z GSM modemom je sorazmerno drag, medtem ko je števec, opremljen z RS485 komunikacijskim vmesnikom, cenovno ugodnejši. Tako se lahko poveže do 32 števecv zaporedoma z enim komunikatorjem P2CC, ki vsebuje GSM/GPRS modem in komunicira s centrom vodenja. Ponudnik električne energije s pomočjo komunikatorja

beleži porabljeno električno energijo posameznega uporabnika. Tako zasnovan sistem je uporaben, kjer imamo na enem mestu vgrajenih več števecov skupaj, kot npr. v večjih stanovanjskih objektih.

1.11 Program za komunikacijo s števcem MeterView

Za servisiranje in parametrisiranje števca na terenu ter branja podatkov iz njega, se uporablja program MeterView (13), ki za komunikacijo s števcem uporablja IR vmesnik in protokol IEC61107, Mode E (14). Program se zažene na prenosnem računalniku ali dlančniku in se preko optične sonde poveže s števcem (slika 6). Po vpisu gesla se program MeterView poveže s števcem, ga preklopi v programski način in tako serviserju omogoči dostop do registrov, branje zabeleženih podatkov, parametrisiranje in izvajanje določenih ukazov.



Slika 6: Uporaba programa MeterView.

1.12 Tehnični podatki števca MT372

Splošne merilne lastnosti števca	
Razred točnosti	2 ali 1 (IEC 1036)
Nazivni tok	5 A
Maksimalni tok	85 A, 120 A
Nazivna napetost	3 x 230/400 V, 3 x 400 V druge napetosti na zahtevo
Napetostno območje	$0.8 U_n \dots 1.15 U_n$
Nazivna frekvenca	50 Hz ali 60 Hz
Konstanta števca (impulzna LED)	1000 imp/kWh pri $I_{max} = 85 A$
Temperatura delovanja	- 25 °C ... + 60 °C
Razširjeno temperaturno območje	- 40 °C ... + 70 °C
Temperatura skladiščenja	- 40 °C ... + 80 °C
Lastna poraba napetostnega tokokroga	< 2W / 10VA
Lastna poraba tokovnega tokokroga	< 0.16 VA ne glede na nazivni tok I_n
Optični komunikacijski vmesnik	
Vmesnik	IEC62056-21 (IEC61107) Mode E,
Protokol	IEC62056-46, označevanje registrov po OBIS (IEC62056-61)
Hitrost prenosa podatkov	19200 bit/sec
RS485 komunikacijski vmesnik	
Protokol	IEC62056-46, označevanje registrov po OBIS (IEC62056-61)
Hitrost prenosa podatkov	19200 bit/sec
GSM/GPRS komunikacijski vmesnik	
Protokol	IEC62056-46
Hitrost prenosa podatkov	GSM: 9600 bit/sec, GPRS: 28000 bit/sec Dejanska hitrost je odvisna od konfiguracije omrežja!
Odklopno vezje	
Odklopno vezje	Tip vhoda; 3 x bistabilni rele Preklopna napetost; 3 x 440V Preklopni tok; 3 x 100A
Odpornost števca proti elektromagnetnim motnjam	
Izolacijska trdnost	4 kV, 50 Hz, 1 min

<i>Elektrostatična razelektritev</i>	<i>15 kV (IEC 1000 - 4 - 2)</i>
<i>Elektromagnetno polje</i>	<i>10 V/m (IEC 1000 - 4 - 3)</i>
<i>Burst test – visokofrekvenčne motnje</i>	<i>4 kV (IEC 1000 - 4 - 4)</i>
<i>Udar na napetost</i>	<i>12kV; 1,2/50 μs (IEC 61036) - v glavni tokokrog števca</i>

Tabela 1: Tehnični podatki števca MT372.

2. Postopek izdelave števca MT372

2.1 Izdelava podsestavov in sestavnih delov števca

Števec je sestavljen iz naslednjih podsestavov in sestavnih delov (slika 7): dno, spodnji oklop, priključni blok, spodnje opremljeno tiskano vezje (OPTIV), vijaki, zgornji OPTIV, podporniki, pregrada, čelna plošča, pokrov števca in pokrov priključnice.



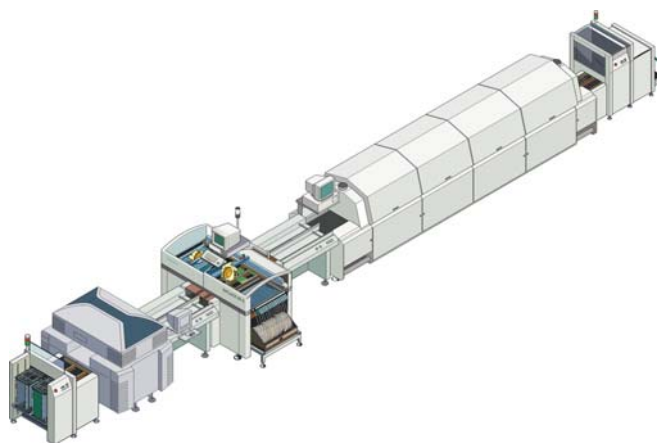
Slika 7: Podsestavi in sestavni deli števca MT372.

- | | | |
|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------|
| 1 Dno | 4 Spodnji OPTIV | 7 Zgornji OPTIV |
| 2 Spodnji oklop | 5 Pregrada | 8 Pokrov števca |
| 3 Priključni blok in vijaki | 6 Čelna plošča in stebrički | 9 Pokrov priključnice |

Iskraemeco d. d. izdeluje OPTIV in nekatere kovinske dele, izvaja montažo, umerjanje, kontrolo in pakiranje. Plastika in ostali deli se kupijo pri zunanjih dobaviteljih. GSM/GPRS modem dobavlja podjetje Wavecom. Kakovost in ustreznost kupljenih podsestavov je nadzorovana v vhodni kontroli po točno določenih postopkih.

2.2 Izdelava opremljenega tiskanega vezja (OPTIV)

OPTIV se izdeluje na avtomatskih linijah (15). Na začetku linije (slika 8) se kupljena tiskana vezja (TIV) naložijo v zalogovnik, nakar se nanje s pomočjo šablone in tiskalnika paste na ustrezna mesta nanese spajkalna pasta. Polagalnik položi ustrezne površinsko pritrjene (SMD) komponente na TIV. Na tekočem traku se TIV odpeljejo v peč, ki ima optimiziran temperaturni profil za doseganje želene kakovosti in lastnosti spajke. Ker se zahteva vse večja uporaba spajke, ki ne vsebuje Pb, je izbira temperaturnega profila izjemno pomembna, saj je taka spajka slabše spajkljiva. V peči se spajkalna pasta stali in poveže elemente z TIV. Ker polagalnik ne more vstavljati klasičnih komponent, se le-te vstavijo ročno. Kakovost polaganja SMD komponent se nadzoruje s strojnim vidom.



Slika 8: Avtomatska linija za polaganje SMD komponent.

Vsaka napaka pri izdelavi OPTIV se odkrije šele, ko je števec že sestavljen in predstavlja izgubo časa v proizvodnji in servisu. Zato je skrb za zagotavljanje kakovosti še posebej poudarjena. Izdelavi sledi funkcijska kontrola, kjer se preko testnih točk OPTIV funkcijsko prekontrolira.

Za funkcijsko kontrolo OPTIV za števec MT372 se uporablja incircuit (ICT) testiranje. To s primerno izbiro testnih točk omogoča preverjanje vsakega elementa na OPTIV (upor, dušilka, kondenzator) tako, da se ga izolira od ostalega vezja. Tak način funkcijske

kontrole bistveno zmanjšuje število napak pri izdelavi OPTIV in s tem izmet na montažni liniji.

2.3 Sestavljanje števca

Najprej se v dno vstavi spodnji oklop in priključni blok (slika 8). Priključni blok že vsebuje v plastiko zabrizgane tokovne ovoje in tokovne sponke z vijaki. Nato se namesti spodnji OPTIV. Privije se ga s petimi vijaki, ki zagotovijo, da je merilni del vpet fiksno. Sedaj se vstavi še pregrada, na kateri so lasersko vpisane označbe pomožnih sponk. V lasersko vpisano čelno ploščo se vstavi zgornji OPTIV ter namesti štiri stebričke. Na koncu se oba dela števca združita, namesti se pokrov števca, privije vijake pokrova in se jih zaplombira. Pokrov priključnice se števcu priloži v pakirnici.

2.4 Lasersko vpisovanje čelne plošče in pregrade

Čelne plošče in pregrade se vpisujejo z industrijskim laserjem (slika 9). Prednosti takega vpisa so zagotovljena kakovost vpisa, hitrost, energijska varčnost, računalniška podprtost in preprosta vključitev v avtomatizirano proizvodnjo linijo (16).



Slika 9: Industrijski laser.

Uporabljen laser je tipa Nd:YAG, krmili pa se ga s programom LaserCAD. Razvoj tudi v laserski tehniki napreduje, s čimer je čas tiskanja vedno krajši. Nanj vpliva tudi izurjenost tehnologa, ki s primerno definicijo parametrov in poti žarka, nastavitvijo hitrosti vpisa, ki je odvisna od materiala in elementov tiska, vpliva na način vpisa in s tem njegovo trajanje. Laser ne porablja nobenega potrošnega materiala, saj vpis nastaja z zažiganjem plastike. Čas laserskega vpisa z upoštevanjem časa manipulacije je za čelno ploščo 20 s, za pregrado pa 5 s.

2.5 GSM test

Pri umerjanju in končni kontroli števca se ne testira GSM/GPRS komunikacijskega vmesnika, zato je to potrebno storiti naknadno. Števec mora pri instalaciji takoj ob priklopu v omrežje samodejno izvesti instalacijski klic, s katerim se javi centru vodenja, zato ga je potrebno predhodno parametrirati in vanj vpisati pravilno telefonsko številko.



Slika 10: ANRITSU MT8801B Radio communication analyzer.

Za GSM test potrebujemo vpenjalo, osebni računalnik in ANRITSU MT8801B Radio communication analyzer (slika 10).

Ta simulira GSM/GPRS omrežje in posreduje osebnemu računalniku potrebne podatke. Vsa operacije potekajo v naslednjem zaporedju. V števec vstavimo SIM kartico, ga vpnemo v stojalo ter nanj namestimo antensko sklopno vezje in IR sondo. S čitalcem črtne kode preberemo sledljivostno in lastniško številko ter številko GSM kartice. Števec parametriramo in vanj vpišemo telefonsko številko, ki jo bo uporabljal za klice. Počakamo, da preko IR vmesnika dobimo iz registra informacijo, da se je števec prijavil v omrežje. Takrat sprožimo instalacijski klic in iz MT8801B s pomočjo osebnega računalnika preberemo mednarodno oznako SIM kartice (IMSI), številko modema (IMEI), telefonsko številko, na katero je števec klical, in nivo GSM/GPRS signala. Vse informacije o števcu, ki so potrebne za protokol, se shranjuje v lokalni podatkovni bazi (v nadaljevanju baza) in Proizvodnem Informacijskem Sistemu (PIS). Protokol je tabela, ki vsebuje vse podatke, pridobljene pri izdelavi števca, in se običajno kupcu pošlje skupaj s pošiljko izdelanih števecov.

2.6 Umerjanje in končna kontrola

Za razliko od prejšnje generacije števecov MT300 je umerjanje časovno kratkotrajna in preprosta operacija. Izvaja se popolnoma programsko z vpisom umerjevalnih konstant v merilna integrirana vezja, zato je zaradi manjše porabe vpenjal, prostora, delovne sile in časovne nezahtevnosti združena s končno kontrolo števca.

Zaporedje operacij in testov je sledeče. Odpnemo nosilec SIM kartice, da preprečimo izvajanje instalacijskega klica, saj elektromagnetno polje GSM/GPRS modema moti izvajanje merjenja merilne točnosti. Števec vpnemo v vpenjalo in s čitalcem črtne kode preberemo sledljivostno, tovarniško in lastniško številko. Števec priključimo na 230 V in 5 A v vseh treh fazah, nakar mu pošljemo ukaz za umerjanje preko IR komunikacije. S pomočjo fotoglave preko utripajoče led diode ugotovimo pogrešek, ki ne sme biti večji od $\pm 0,3 \%$, preskusimo prazen tek $115 \% U_n$, $I = 0 \text{ A}$ ter zagon $U = 230 \text{ V}$, $I_{zag} = 0,01 \text{ A}$. Nato izmerimo merilno točnost v točno določenih merilnih točkah, ki so odvisne od števca in zahtev kupca. Po uspešnem testu merilnih točk se z ukazom trajno zapišejo

umerjevalne konstante v merilna integrirana vezja ter se preveri uspešnost zapisa. Registracija energije se izvede tako, da se prebere trenutno stanje energijskih registrov v števcu, dozira točno določena količina energije ter nato preveri ali je novo stanje energijskih registrov pravilno.

Sedaj pride na vrsto test vhodov 1 x alarm, 2 x impulzni vhodi SO (OptoMos) ter izhodi 1 x SO in 1 x bistabilni rele do 6 A. Test prikazovalnika se izvaja vizualno, kjer se preveri svetilnost vseh segmentov. Temu sledi parametriranje števca, vpis tarifne sheme, pregled registra, v katerem se shranjujejo statusi napak, vpis tovarniške in lastniške številke ter datuma in ure. Na koncu za nekaj sekund števec odklopimo z napajanja in ga ponovno priklopimo nanj ter preverimo vpisano tovarniško številko, lastniško številko, uro in datum. Kontrolni program na koncu shrani umerjevalne konstante v bazo. Shranijo se tudi vse meritve, ki so pomembne za protokol, sistem PIS in servis števca.

2.7 Zapiranje

Števec vsebuje na zgornjem OPTIV-u stikalo, ki zaklene nekaj parametrov in s tem prepreči branje določenih registrov in izvrševanje nekaterih ukazov. Ker je stikalo med postopkom montaže števca razsklenjeno, ga je potrebno skleniti, še preden se števec zapakira.

Prav tako morajo biti sklenjeni vsi trije mostički. Pravilna sklenitev se preveri tako, da se iz registrov ugotovi prisotnost vseh treh faznih napetosti. Oznaka, da je števec uspešno prestal operacijo zapiranje, se vpiše v bazo in sistem PIS. Plombne vijake pokrova števca se zaplombira z ustrezno plombo, ki jo predpiše kupec. S plombiranjem vijakov in pokrovčka tipk na pokrovu števca je uporabniku onemogočen dostop do notranjosti števca z namenom kraje električne energije. Pokrov priključnice se le prilaga k števcu v škatlo, saj ga namesti instalater števca pri vgradnji števca. Takrat tudi zaplombira plombne vijake pokrova priključnice.

2.8 Test prebojne trdnosti

Vsak tip elektronskega števca električne energije se že v fazi razvoja preveri, da ustreza vsem standardom, ki obravnavajo prebojno napetost. Pri izdelavi pa se lahko v števcu pojavi nezaželen prevodni tujek (vijak, upor), ki lahko povzroči, da visoka napetost pride na nizkonapetostne vhode ali izhode, lahko pa celo trajno poškoduje števec. Zato se na vsakem števcu izvaja test prebojne trdnosti (slika 11).



Slika 11: Prebojna naprava.

Vse nizkonapetostne sponke (manj kot 40 V) SO vhodi, izhodi, impulzni vhodi, RS485, se poveže na maso, vse visokonapetostne sponke in rele izhode pa se priključi na 4 kV. Po eni minuti v opisanem napetostnem stanju je test končan. Če je test neuspešen, se na servisu ugotovi vzrok napake in števec popravi.

2.9 Prevzem

Kupec predpiše tudi prevzemni postopek za števce. To pomeni, da se po zaključenem nalogu iz celotne količine izdelanih števecv naključno izbere vzorčna količina, ki se jo nato na tunelih merilno in funkcijsko pregleda. Tunnel je stojalo, ki sprejme do 80 števecv. Povezan je z osebnim računalnikom in elektronskim virom. Na osebnem računalniku se odvija kontrolni program, ki vodi kontrolo števecv in nato izdela protokol. Če prevzem ni uspešen, se izbere nov vzorec. Če tudi ta ne ustreza kriterijem, se mora natančno pregledati vso količino, iz katere so bili vzorci izbrani. Protokoli so vedno na voljo kupcu v vpogled, nekaterim pa morajo biti poslani tudi sproti.

2.10 Pakiranje

Pakiranje se izvaja v pakirnici, ker števcu dodajo pokrov priključnice in ga zapakirajo v ustrezno embalažo, ki jo vedno predpiše kupec.

2.11 Servis

Pomemben del proizvodnega procesa je servis števca. Deli se na dva dela. Servis OPTIV v proizvodnji OPTIV in servis celotnega števca, ki se izvaja v montaži števca. Posledica tega je skladiščenje materiala na več mestih in nepotrebno informacijsko urejanje prenosa materiala. Prav tako serviser(ka) OPTIV ne vidi povsem rezultatov svojega dela, ker nima direktnega stika z montažo števecv, zato je tudi odkrivanje sistemskih napak oteženo. Tak način servisiranja zato ni dober, vendar nam prostorska stiska onemogoča, da bi imeli proizvodnjo OPTIV in montažo števecv v istem prostoru povezano.

Serviserju(ki) je potrebno omogočiti, da pridobi čim več informacij o delovanju števca med postopkom izdelave. Tako lažje izolira napako in jo hitreje odpravi. K temu

priporočeno sledenje s pomočjo sistema PIS, ki med proizvodnjo števca shranjuje vse podatke o delovanju števca na posameznih operacijah. Serviser je hkrati uporabnik sistema PIS in tudi njegovo delo se beleži vanj. Tako lahko na primer v primeru neuspešnega popravila delavka (ec) v drugi izmeni točno vidi, kaj je bilo na števcu popravljeno v prejšnji izmeni.

Ročni, delno avtomatizirani in avtomatski montažni liniji je potrebno prilagoditi tudi servis. Pomembno je število serviserjev in njihova izobrazba ter predvsem njihovo interno izobraževanje.

3. Sledenje števecv

3.1 Pomen sledenja

V proizvodnji elektronskih števecv je zgodovina nastanka števca jasno definirana in opredeljena ter podprta z rezultati testov in meritev, ki so nastali v postopku izdelave. Tako sledenje omogoča hitrejše odkrivanje napak, njihovo definicijo ter lažjo predstavo o tem, kako določeni ukrepi v proizvodnji vplivajo na pogostost napak, količino proizvodnje, ipd. V podjetju Iskraemeco d. d. je v ta namen uveden sistem PIS (17).

3.2 Proizvodni Informacijski Sistem (PIS)

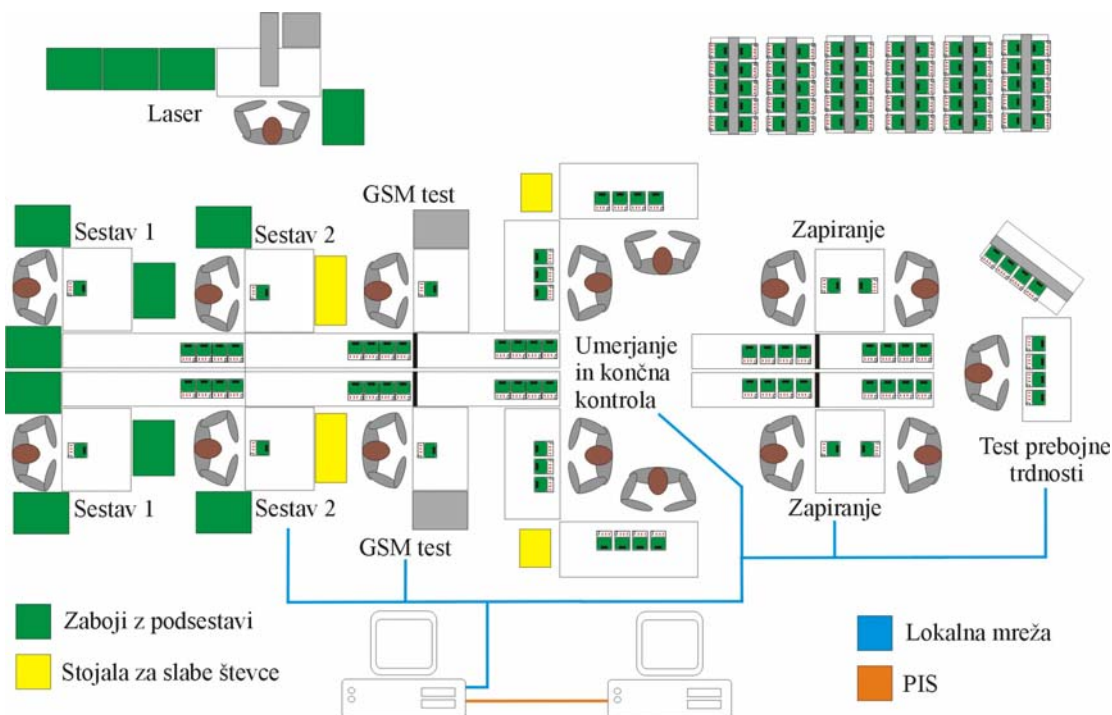
Sistem PIS temelji na sledljivostni številki v obliki črtne kode, ki se predpiše vsakemu števcu. Ta je desetmestna in je sestavljena iz dveh delov. Prvih šest številk predstavlja proizvodni nalog, druge štiri pa zaporedno številko števca v nalogu. Črtna koda je tipa Interleaved 2/5 (18) in je osnova za delovanje PIS-a. Preko nje se lahko v bazi pridobi vse informacije, povezane z nastankom števca. Vsa delovna mesta so podprta z ustrezno programsko opremo in povezana v lokalni mreži s strežnikom.

Vsak števec v montaži je opremljen z enodimenzionalno (1D), vsak OPTIV pa z dvodimenzionalno 2D sledljivostno črtno kodo. Na vsaki delovni operaciji se čitalcem črtne kode števec prepozna in v bazo zapiše podatke, pridobljene na tej operaciji. To tudi omogoča pravilno zaporedje operacij, saj vsaka operacija najprej v bazi pogleda, ali je števec zaključil prejšnjo operacijo. S tem je v proizvodnji zagotovljeno pravilno zaporedje operacij.

PIS omogoča serviserju, da s preprostim prebiranjem črtne kode dobi vse podatke o števcu in s tem določi najprimernejši postopek popravila.

4. Ročna montažna linija MT372

4.1 Shema ročne montažne linije



Slika 12: Ročna montažna linija.

Vsa delovna mesta povezuje dve vzporedni valjčni progi (slika 12), saj sta bolj učinkoviti od transportnih stojal. Sestav 1 in 2 obkrožajo zaboji, ki vsebujejo podsestave in sestavne dele. Na GSM testu se preveri GSM/GPRS komunikacija in števec pošlje umerjanju in končni kontroli. Ta ima štiri delovna mesta in skupaj štirinajst vpenjal. Na zapiranju se števec zaplombira, preveri sklenjenost mostičkov in pošlje na test prebojne trdnosti. Vsi podatki o izdelavi števec se beležijo v bazi in sistemu PIS. Če je števec neuspešen na posamezni operaciji, se ga odloži na stojalo za slabe števec.

V primeru izdelave števca z RS485 komunikacijskim vmesnikom se ročna linija le malo spremeni. GSM test se izpusti in odstrani preklado na valjčni progi, ki ustavlja števec na

delovnem mestu GSM test. Komunikacija RS485 poteka na delovnem mestu umerjanje in končna kontrola s pomočjo vmesnika RS485 – RS232.

Za izračun kapacitet posameznih delovnih operacij se upošteva časovne izračune analitika. Čistega dela v vsaki izmeni je 400 minut, ker delavki (cu) pripadata dva krajša odmora in čas za malico. Delo poteka 5 dni v tednu v dveh izmenah. Ob povečanem naročilu lahko podjetje uvede še tretjo, nočno izmeno in delo ob sobotah.

Zahtevana letna količina števec tipa MT372, ki znaša 245.000 kosov, se deli s številom delovnih dni v letu (230) in tako dobi zelena dnevna količina 1065 kosov. 1065 kosov pa je točno dvojna kapaciteta delovnih mest sestav 1, sestav 2, GSM test in zapiranje. Zato so vsa omenjena delovna mesta podvojena.

4.2 Laser

Delovno mesto, kjer se izvaja laserski vpis, ima večjo kapaciteto kot sama ročna linija, zato se na njem izvaja tudi lasersko vpisovanje čelnih plošč za druge tipe števec. Časovna zahtevnost laserskega vpisa je najmanjša med vsemi operacijami, saj zahteva vpis čelne plošče 20 s, pregrade pa le 5 s. Pri vpisu se na čelne plošče v sklopu s kupcem dogovorjenih simbolov in teksta vpiše tudi lastniško in tovarniško številko.

Čelne plošče se že med vpisom razvrstijo v zaboje zaporedoma po številkah in skupaj s pregradami prenesejo na delovno mesto sestav 2. Tako določena čelna plošča pripada točno določeni sledljivostni številki. Ker je laserski vpis ločen od same linije, lahko pride do vgradnje napačne čelne plošče v števec. Za potrebe ročne linije se v proizvodnji uporablja obstoječ laser, zato investicija vanj ni potrebna.

4.3 Sestav 1

Delovno mesto sestavljajo BOSCH elementi (19), delovne površine, primerna osvetlitev, priključek za zrak, vijačnik, električni priključek in vozički za zaboje (slika 13). Oblika je povsem standardna, zato je tudi cenovno ugodna. Na sestavu 1 se v dno vgradi spodnji oklop, priključni blok, spodnji OPTIV in pregrada ter razklene drsne mostičke. Tok in napetost sta tako ločena, s čimer je omogočeno umerjanje in končna kontrola števca. Za ročno linijo potrebujemo eno delovno mesto.



Slika 13: Sestav 1.

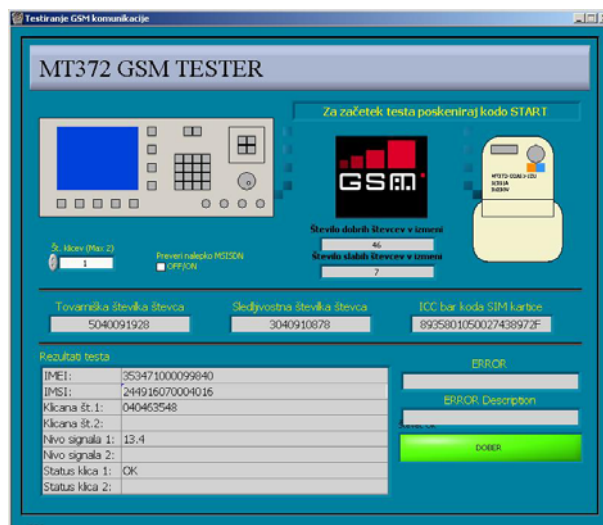
4.4 Sestav 2

Delovno mesto je popolnoma enako sestavu 1, le da ima še osebni računalnik in ročni 2D čitalec črtne kode. V čelno ploščo se vstavi zgornji OPTIV in stebričke ter sestav združi s spodnjim delom števca, ga zapre s pokrovom in privije plombna vijaka. Na zunanjo stran pokrova števca se nalepi sledljivostno številko v obliki črtne kode in se jo prebere s čitalcem črtne kode. Tako je števec sestavljen in zabeležen v bazi in sistemu PIS.

Med procesom montaže števca lahko vanj zaidejo neželeni tujki, ki lahko vplivajo na njegovo delovanje, zato se uporablja izpihovalna in sesalna naprava. Sestavljen števec se brez pokrova vstavi v napravo, kjer zrak pod visokim tlakom odpihne iz števca neželene tujke. Ker so delovna mesta ročna in je med njimi valjčna proga, potrebuje vsako delovno mesto eno ročno izpihovalno in sesalno napravo.

4.5 GSM test

Za GSM test se uporablja ANRITSU MT8801B Radio communication analyzer. Z ročnim čitalcem črtno kode se preveri, ali se ujemajo sledljivostna, tovarniška in lastniška številka. Program na osebni računalniku izvede vso testno proceduro (slika 14), ob koncu pa v bazo in sistem PIS zapiše podatke o poteku GSM testa.



Slika 14: Program za GSM test.

Delovno mesto sestavljajo BOSCH elementi, delovna površina, MT8801B, osebni računalnik, primerna osvetlitev in vpenjalo za števec. Kupiti je potrebno delovno površino, en MT8801B in vpenjalo.

4.6 Umerjanje in končna kontrola

Delovno mesto sestavljajo (slika 15) delovna miza, vpenjala, elektronski vir EMH PPS 60.3, junction box, merilniki napake NE357, osebni računalnik, etalonski števec TEMP-100, IR fotoglave, fiksni in ročni čitalci 1D črtne kode (20).

Kapaciteta umerjanja in končne kontrole mora biti večja od kapacitete samega sestava, saj upoštevamo tudi neuspešne kontrole in kontroliranje števecov s servisa. Prav tako moramo poskrbeti, da se ne zapolni valjčna proga, saj pride v tem primeru do prestavljanja števecov na transportna stojala in s tem zmanjšanja kapacitete montažne linije. Na umerjanju in končni kontroli je na razpolago 14 vpenjal.

Za postavitev ročne linije je potreben nakup dveh popolnoma opremljenih delovnih mest, ki bi imela namesto treh štiri vpenjala.



Slika 15: Delovno mesto umerjanje in končna kontrola.



Slika 16: Program za umerjanje in končno kontrolo.

Uspešnost posameznih testov (slika 16) na delovnem mestu, umerjanje in končna kontrola se zapisuje v bazo in PIS.

Po končani končni kontroli celotnega naloga števcov osebni računalnik pripravi za vsak števec še protokol z vsemi rezultati meritev.

4.6.1 Etalonski števec TEMP-100

Trifazni etalonski merilnik pogreška TEMP100 proizvajalca Iskraemeco d. d. (slika 17) je namenjen merjenju in registraciji električne energije v tri-ali štirivodnih trifaznih sistemih. Omogoča dvosmerno dvo-ali trisistemsko merjenje in registracijo delovne in jalove energije.



Slika 17: TEMP-100.

Deluje na TDM principu množenja, pretvorbi produkta trenutnih vrednosti v frekvenco proporcionalno merjeni moči (21). Po tem principu se izvaja meritev delovne in jalove moči. Napetost in tok se meri po principu True-RMS, nakar se izvrši A/D pretvorba in glede na trenutno merilno območje izračuna priključeno napetost oz. tok. Navidezna moč in faktor moči ($\cos\varphi$ oz. $\sin\varphi$) se izračuna iz izmerjenih vrednosti za napetost in tok.

Priključki so na zadnji strani in vsebujejo vhodne in izhodne tokovne sponke za merilna območja 10 A in 100 A, napetostne sponke, konektor za RS232 in vhod za fotoglavo, ki posreduje informacijo o trenutni energiji števca.

Uporabnik lahko poleg tipkovnice za vnos in nastavitve parametrov uporablja tudi serijsko komunikacijo RS232, preko katere lahko komunicira z osebnim računalnikom in z njim bere izmerjene vrednosti iz TEMP-a.

Točnost merjenja posameznih veličin kaže tabela 2.

Delovna moč	$P < \pm 0,02 \%$ (1)
Jalova moč	$P < \pm 0,02 \%$ (1)
Navidezna moč	$P < \pm 0,2 \%$ (2)
Merjenje napetosti	$P < \pm 0,05 \%$ (3)
Merjenje toka	$P < \pm 0,05 \%$ (3)

Tabela 2: Merilna točnost TEMP-100.

- (1) od merjene vrednosti glede na navidezno moč
- (2) od merjene vrednosti pri simetrični obremenitvi
- (3) glede na merilni doseg

4.6.2 Elektronski vir EMH PPS 60.3

Elektronski vir EMH PPS 60.3 je močan trifazni napajalnik, ki lahko simulira enofazni ali trifazni sistem (slika 18). Maksimalna moč tokovnega izhoda znaša $3 \times 60 \text{ VA}$, napetostnega pa $3 \times 60 \text{ VA}$ (22). Poganja lahko do štiri trifazno priključene števec. Ojačevalniki imajo analogno in digitalno povratno zanko. Poleg tega napajalnik digitalno regulira efektivne vrednosti in fazne kote. Tak napajalnik je lahko dobra osnova za stabilni trifazni sistem za testiranje števec s poljubno nastavitvijo tokov in napetosti (tabela 3). Trenutne izmerjene vrednosti napetosti, tokov in faze so prikazane na prikazovalniku za vsako fazo posebej.

S pomočjo RS232 povezave ga lahko povežemo z osebnim računalnikom in tako dobimo osnovo za avtomatsko izvajanje meritev. Vir je popolnoma varovan proti napačni uporabi in preobremenitvi.



Slika 18: Elektronski vir EMH PPS 60.3.

Napajanje	100 V – 264 V; 50/60 Hz $\pm$ 5 %
Napetostno območje	25 – 300 V
Tokovno območje	1 mA – 60 A
Frekvenčno območje	45 – 65 Hz
Fazni kot	0 - 360°

Tabela 3: Tehnični podatki EMH PPS 60.3.

4.6.3 Junction box

Junction box (slika 19) je namenjen povezovanju delov računalniško podprtega merilnega sistema, opravlja pa naslednje funkcije (20):

- komunicira z osebnim računalnikom preko serijskih vrat (RS232) (tabela 4),
- komunicira (osebni računalnik - merilniki napake) z do 80–imi merilniki napake,
- prenaša in ojačuje referenčni signal iz etalona (impulzi) ter
- napaja merilnike napake, fotoglave in impulzne dajalnike števec z enosmerno napetostjo 12 V, 15 V in 24 V.

Naloga Junction boxa je le povezovanje in pošiljanje signalov med osebnim računalnikom in merilniki napake, zato nima na podatke med meritvami nobenih vplivov.



Slika 19: Junction box.

Napajanje	230 V $\pm$ 10 %, 50 ali 60 Hz
Poraba (max)	700 VA
Hitrost serijskega prenosa	9.600 ali 19.200 bit/s

Tabela 4: Tehnični podatki Junction box.

4.6.4 Merilnik napake NE357

Merilnik napake (slika 20) šteje impulze iz etalona (TEMP-100) v času določenega števila impulzov fotoglave ali dajalnika impulzov števca (20). Na zahtevo osebnega računalnika pošlje status ali rezultate osebnemu računalniku ter prikaže napako merjenja ali status na svojem prikazovalniku po ukazih iz osebnega računalnika.



Slika 20: Merilnik napake NE 357.

Ukaze lahko pošiljamo posamezno ali vsem merilnikom napake v sistemu. Najprej mora osebni računalnik poslati navodilo za začetek merjenja, ki vsebuje število impulzov fotoglave ali dajalnika impulzov, ali pa merilnik napake pripraviti na komunikacijo s števcem. Ko se meritev začne, se na skrajnem levem delu prikazovalnika prikazuje (samo eno mesto – enice) trenutno število naštetih impulzov. Po končani meritvi merilnik napake pošlje podatek osebnemu računalniku, da je meritev končana. Osebni računalnik prebere rezultat, izračuna napako in jo pošlje merilniku napake, ki jo prikaže na svojem prikazovalniku.

Merilnik napake obdeluje le digitalne signale, zato se njegova točnost nanaša samo na točnost štetja impulzov fotoglave, impulznega dajalnika in etalona (tabela 5). Točnost podatkov pri komunikaciji z osebnim računalnikom se kontrolira s kontrolno vsoto, zato je prenos podatkov odporen na motnje.

Napajanje	12 V + 20 %/ - 30 %
Poraba	Max 4 VA
Točnost števca impulzov fotoglave, etalona in impulznega dajalnika	± 1 impulz
Hitrost serijskega prenosa	9.600 ali 19.200 bit/s

Tabela 5: Tehnični podatki merilnika napake NE 357.

4.6.5 Fiksni čitalec črtne kode Metrologic IS4120

Čitalec IS4120 (slika 21) je tipa 1D, nižjega cenovnega razreda (tabela 6), primeren za ročna umerjevalna delovna mesta, kjer bere samo sledljivostno številko. Tovarniško in lastniško številko je zaradi njune pozicije potrebno prebrati z ročnim čitalcem črtne kode.

Prepozna številne tipe črtnih kod, med njimi tudi Interleaved 2/5 (18), ki jo uporabljamo v naši proizvodnji. Je majhnih dimenzij in lahko uporablja vmesnik RS-232 ali USB (23). Izkušnje pri njegovi uporabi kažejo, da je nezanesljiv predvsem pri premikajočih se črtnih kodah. Za statično uporabo je povsem primeren.



Slika 21: Čitalec črtne kode Metrologic IS4120.

4.6.6 Fiksni čitalec črtne kode SICK CLV420

Za zanesljivo branje črtne kode na delno avtomatizirani in avtomatski liniji je potreben dober fiksni čitalec. Dosedanja uporaba čitalca Metrologic IS4120 na liniji ME16X ni dala zadovoljivih rezultatov, zato za linijo MT372 izberemo drugega, bolj primernega. Proizvajalec SICK (24) je na test ponudil čitalec CLV420 (slika 22).



Slika 22: Čitalec črtne kode SICK CLV420.

Slabo branje črtnih kod na liniji predstavlja velik problem, saj nedvomno zmanjšuje kapaciteto. Zato se je čitalec CLV 420 najprej testiral na liniji ME16X. Izkazal se je za izjemno hitrega in zanesljivega, zato ga uporabimo za delno avtomatizirano in avtomatsko montažno linijo.

4.6.7 Ročni čitalec črtne kode Symbol LS4000

Čitalec LS4000 (slika 23) je tipa 1D in je cenovno zelo ugoden (tabela 6). Zaradi enostavne uporabe in preproste priključitve na osebni računalnik preko USB ali RS-232 vmesnika (25) je povsem primeren za delovno mesto umerjanje in končna kontrola. Pozicija tovarniške in lastniške številke na čelni plošči se lahko spreminja, ker imajo posamezni kupci različne zahteve. Zato za njuno branje ne pride v poštev fiksni čitalec.



Slika 23: Čitalec črtne kode Symbol LS4000.

4.6.8 Ročni čitalec črtne kode Datalogic LYNX D302E

Čitalec LYNX D302E (slika 24) je tipa 2D, visokega cenovnega razreda (tabela 6) in zanesljivo bere 1D in 2D črtne kode (26). Z osebnim računalnikom ga lahko povežemo preko RS-232 ali USB vmesnika. Primeren je za uporabo na delovnem mestu sestav 2, saj je zaradi prostorske stiske črtna koda na OPTIV tipa 2D.



Slika 24: Datalogic LYNX D302E.

4.6.9 Izbira čitalcev črtne kode

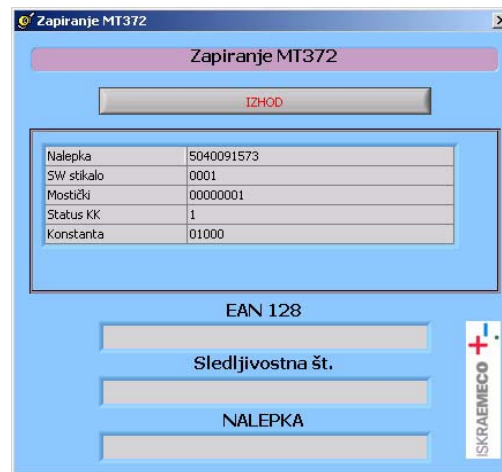
Izbira čitalcev črtne kode je na montažnih linijah zelo pomembna, saj jih potrebujemo veliko število, njihova cena in kvaliteta pa je zelo različna (tabela 6). S slabo izbiro se po nepotrebnem draži celotna linija in zmanjšuje njena kapaciteta.

Čitalec	Proizvajalec	Tip	Cena [SIT]
IS4120	Metrologic	fiksni 1D	80.000
CLV 420	SICK	fiksni 1D	400.000
LS4000	Symbol	Ročni 1D	40.000
D302E	LYNX	Ročni 2D	400.000

Tabela 6: Čitalci črtne kode.

4.7 Zapiranje

Med izdelavo števca so mostički razklenjeni, medtem ko kupec vgradi števec s sklenjenimi mostički, zato jih na zapiranju sklenemo. Uspešnost sklenitve mostičkov se kontrolira s programom (slika 25), tako da preko IR komunikacije preberemo iz registrov potrditev prisotnosti vseh faznih napetosti. S sklenitvijo parametrirnega stikala se zaklenejo določeni parametri, ki se tako zavarujejo pred nepooblaščenim prepisom. Nazadnje se zaplombirajo plombni vijaki. Vsi podatki se nato zapišejo v bazo in sistem PIS. Za ročno linijo potrebujemo še eno delovno mesto, dve dolgi valjčni progi, vpenjalo in PC.



Slika 25: Program zapiranje.

4.8 Test prebojne trdnosti

Zadnja operacija na ročni liniji je test prebojne trdnosti. Izvaja se na eni napravi, ki je zmožna testirati 4 števce hkrati. Prebojno napravo bo ob povečanju kapacitete potrebno dokupiti, saj se trenutno uporablja prebojna naprava z montažne linije MT171. Delavka (ec) poleg preboja s čitalcem črtna kode za sistem PIS prebere sledljivostno številko števca in skrbi za pravilni vrstni red števecov na transportnih stojalih.

4.9 Izločanje slabih števec na posameznih operacijah

Če števec ni uspešen na katerikoli izmed operacij na ročni liniji, se nanj nalepi rumeno nalepko, na katero se na podlagi kodne tabele napiše kodo napake. Tak števec se odloži na najbližje odlagalno mesto za slabe števce, ki je označeno z rumenim listkom.

Serviser nato na podlagi kode napake s pomočjo kodne tabele ugotovi tip napake in ga odpravi. Števec odvisno od tipa popravila, nato vrne na GSM test ali pa v končno kontrolo. Po vsakem popravilu je ne glede na vrsto napake končna kontrola obvezna.

Ker je celotna ročna linija povezana s sistemom PIS, lahko iz njega serviser dobi dodatne podatke, ki mu pomagajo k hitrejši lokaciji in odpravljanju napake.

Potek izločanja in popravila slabih števec redno pregleduje notranja in zunanja presoja, saj moramo na vsak način preprečiti, da bi slab števec prišel do kupca.

4.10 Stroški nakupa ročne montažne linije

Naprava	Kos.	Pripadnost	Cena/kos [SIT]	Cena [SIT]
Delovna miza	1	Sestav 1	500.000	500.000
Valjčna proga kratka	1	Sestav 1	350.000	350.000
Delovna miza	1	Sestav 2	500.000	500.000
Čitalec 2D	2	Sestav 2	400.000	800.000
Osební računalnik	2	Sestav 2	250.000	500.000
Izpihovanje, sesanje	2	Izpihovanje, sesanje	1.175.000	2.350.000
Delovna miza	1	GSM test	500.000	500.000
Valjčna proga dolga	2	GSM test	700.000	1.400.000
Osební računalnik	1	GSM test	250.000	250.000
Vpenjalo	1	GSM test	200.000	200.000
Čitalec 1D	1	GSM test	40.000	40.000
MT8801B	1	GSM test	1.880.000	1.880.000
Umerjevalno d.m.	2	Umerjanje in k.k.	4500.000	9.000.000
Valjčna proga dolga	2	Zapiranje	700.000	1.400.000
Delovna miza	1	zapiranje	500.000	500.000
Vpenjalo	1	Zapiranje	200.000	200.000
Osební računalnik	1	Zapiranje	250.000	250.000
Čitalec 1D	1	Zapiranje	40.000	40.000
Prebojna naprava	1	Preboj	6000.000	6.000.000
Čitalec	1	Preboj	40.000	40.000
Priklop d.m. pnevmatika, elektrika in lokalna mreža	13	Sestav 1 in 2, GSM, um in k. k., zapiranje, preboj	40.000	520.000
SKUPAJ				27.220.000

Tabela 7: Stroški nakupa ročne montažne linije.

4.11 Prednosti in slabosti ročne montažne linije

Prednosti:

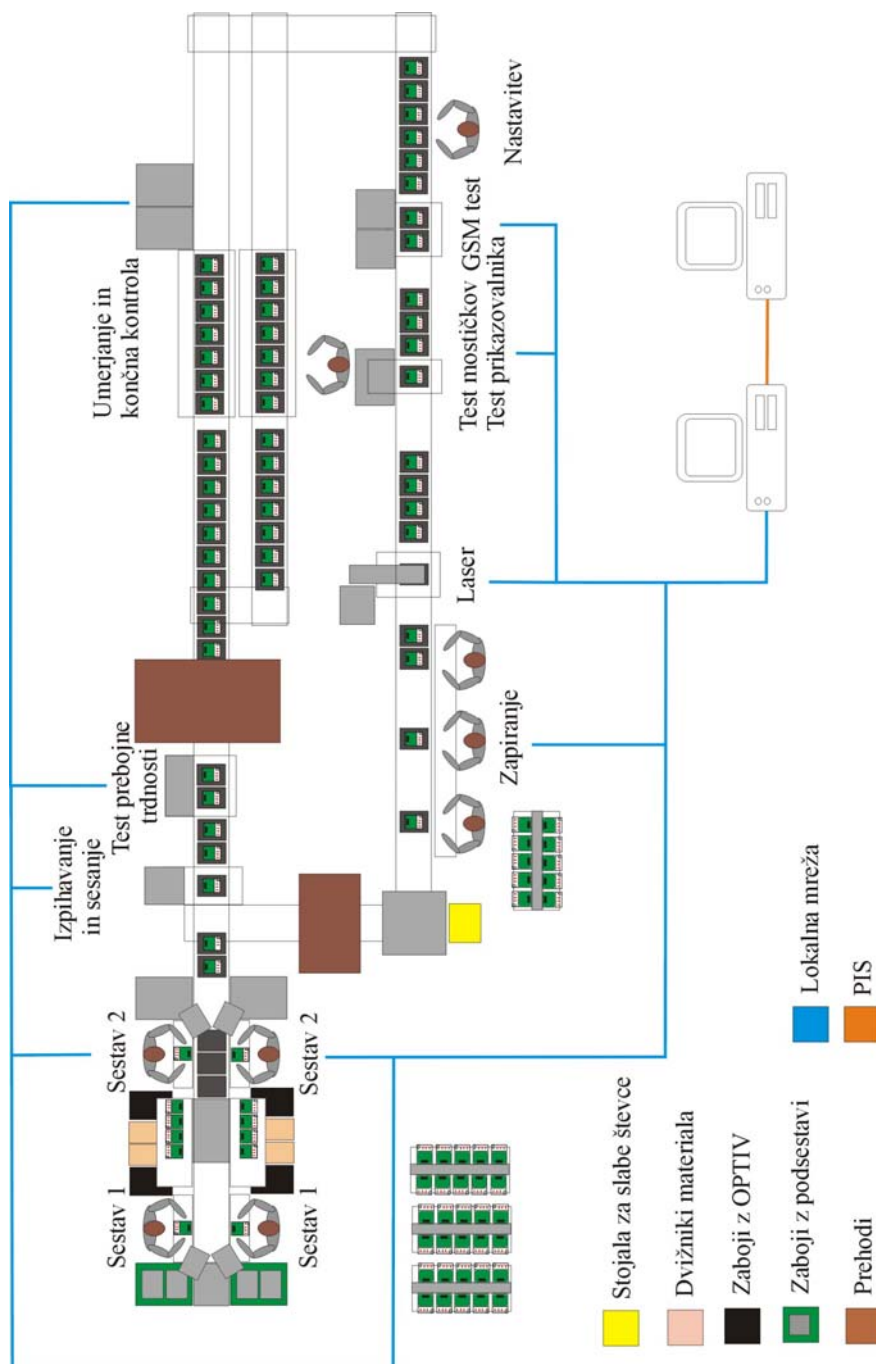
- Ročna delovna mesta sestavljajo standardni gradniki (miza, police, osvetlitev, električna napeljava, priključek za zrak ...), zato se jih lahko v primeru zmanjšanja proizvodnje za daljši čas hitro in relativno z nizkimi stroški usposobi za druge namene.
- Robustnost linije je večja. Izpad ene operacije oz. neprisotnost delavke (ca) ne povzroči zastoja celotne linije, saj ostale operacije delujejo nemoteno naprej.
- Gledano na krajše obdobje ima ročna linija bistveno nižjo ceno.
- Čas načrtovanja in čas izdelave ročne linije je kratek, saj so oblika, mere in materiali poznani. To znižuje ceno, rok dobave in čas, v katerem zagotovimo predvideno kapaciteto linije.

Slabosti:

- Zaradi večjega števila delavk (cev) (16) in s tem ročnega dela se poveča verjetnost napak med izdelavo števca.
- Čelne plošče so vpisane že pred začetkom sestave števca, zato lahko pride do njihove zamenjave pri vgradnji v števec.
- Testiranje prikazovalnika se izvaja preko tipke ročno. To povečuje verjetnost spregledanja nepravilno delujočega prikazovalnika.

5. Delno avtomatizirana montažna linija MT372

5.1 Shema delno avtomatizirane montažne linije



Slika 26: Delno avtomatizirana montažna linija MT372.

Celotno linijo (slika 26) povezuje transportna proga, ki jo sestavljajo transportni elementi proizvajalca BOSCH (19):

- aluminijasti profili,
- elektromotorji,
- valjčne proge,
- palete,
- dvizniki materiala ter
- dvizniki palet.

Delovni mesti sestav 1 in sestav 2 povezuje kratka valjčna proga. Postopek sestave števca je popolnoma enak kot na ročni liniji. Števec se nato zapelje po transportni progi na operaciji izpihovanje in sesanje ter test prebojne trdnosti. Prehodi omogočajo operaterju lažji dostop do posameznih naprav. Pred avtomatskima napravama za umerjanje in končno kontrolo je zalogovnik, ki skrbi za maksimalno izkoriščenost obeh naprav. Na operaciji nastavitvev se števec opremi z GSM kartico in sklne mostičke. Temu sledijo avtomatizirane operacije GSM test, test mostičkov in test prikazovalnika. Laser vpiše čelne plošče in pregrade, na zapiranju pa se števec pripravi za pakiranje. Podatki posameznih operacij se shranijo v bazi in sistemu PIS.

Pri izdelavi števca MT372-RS485 se izpusti operacija GSM test in izbere pravilni postopek v programu končne kontrole.

Pri stopnji avtomatizacije montažne linije upoštevamo konstrukcijo števca, pretekle izkušnje z ročne montaže MT372, delno avtomatizirane linije MT300, cenovne zahteve in robustnost na motnje, ki so v proizvodnem procesu neizbežne.

Za izračun potrebnih kapacitet posameznih naprav so uporabljene povsem enake zahteve kot za ročno linijo. Kapaciteta delno avtomatizirane linije je določena s kapaciteto najpočasnejšega delovnega mesta. V tem primeru je to GSM test. Takt linije tako znaša 45 sekund.

5.2 Sestav 1

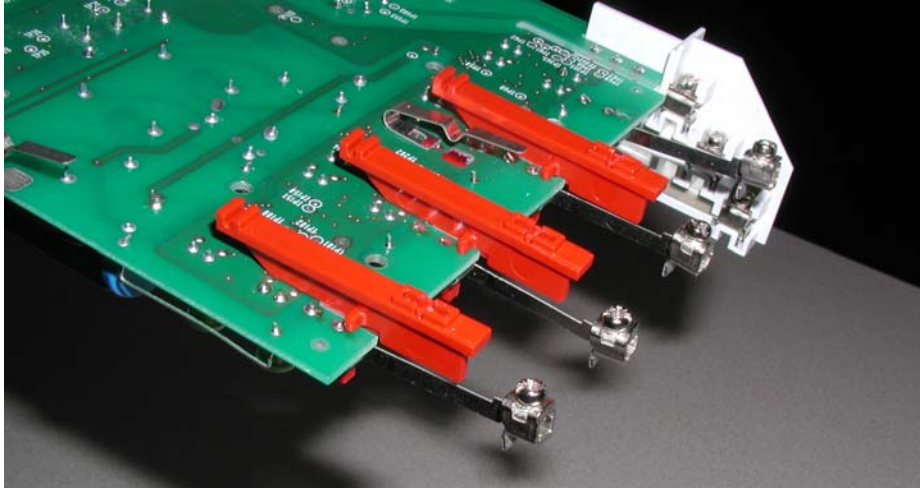
Števec se sestavi povsem enako kot na ročni liniji, vendar se ga ne odlaga na palete na tekočem traku, temveč na valjčno progo, ki vodi do delovnega mesta sestav 2. Na levi strani je voziček z materialom, ki je za lažje zajemanje materiala nagnjen. Zaboji za OPTIV vsebujejo le 24 OPTIV in se hitro izpraznijo. Zato je na desni strani električni dvižnik (slika 27). Raznašalec(ka) materiala naloži nanj več zabojev. Takoj, ko se en zaboj izprazni, se ga odstrani in dvigne naslednjega v višji položaj. Tako se poveča avtonomnost delovnega mesta in zmanjšajo motnje delovnega procesa.



Slika 27: Dvižnik materiala.

Sestav 1 ob trenutno predvidenih letnih količinah ni smiselno avtomatizirati, saj spodnji OPTIV vsebuje peresa in drsnike (slika 28). Ker se OPTIV med montažo klasičnih komponent in funkcijsko kontrolo vpenja v več vpenjal in se z njim ročno rokuje, prihaja do krivljenja peres in izgube drsnikov. Trenutna izvedba priključnega bloka pri vstavljanju OPTIV ne dovoljuje večjih odstopanj, zato menim, da avtomatizacija sestava 1 ne bi dosegla želenega učinka, saj bi bila predraga in bi prepogosto zahtevala poseg operaterja linije.

Za doseganje kapacitete potrebujemo dve delovni mesti sestav 1.



Slika 28: Spodnji OPTIV, peresa in drsniki.

5.3 Sestav 2

Delovno mesto sestav 2 je enako sestavu 1. Z valjčne proge se vzame števec in se ga sestavi do konca. Za razliko od ročne linije se na števec ne pritrdi pokrova, saj bi bil s tem onemogočen laserski vpis čelne plošče. Operacija sestav 2 je zato hitrejša kot operacija sestav 1 in tako preprečuje nabiranje števecov na valjčni progi med njima ter zmanjševanje kapacitete linije. Z ročnim 2D čitalcem črtnih kod se prebere sledljivostno številko in tako vpiše števec v bazo in sistem PIS. Na enem delovnem mestu se števce obrača za 180°, tako da so na paleti vsi enako orientirani.

Sama zgradba vgrajenih podsestavov in sestavnih delov izključuje avtomatizacijo, saj bi bila ob trenutno predvidenih letnih količinah ta predraga in preobsežna.

Za doseganje želene kapacitete potrebujemo dve delovni mesti sestav 2.

5.4 Izpihovanje in sesanje

Pretekle izkušnje kažejo, da je izpihovanje nujno potrebno, saj zmanjšuje število reklamacij.

Avtomatizirana izvedba je zanesljivejša ter cenovno primerljiva z dvema ročnima, zato bo mehansko izvedena podobno, kot je že na liniji ME 16X (slika 29).



Slika 29: Tresilna in izpihovalna naprava na liniji ME16X.

5.5 Test prebojne trdnosti

Za test prebojne trdnosti velja, da mora biti opravljen pred končno kontrolo. Na delno avtomatizirani liniji je postavljen pred operacijo umerjanje in končna kontrola, izveden pa je popolnoma avtomatsko, saj je cenovno povsem primerljiv z ročnim testom. Ker se števcu v nadaljevanju proizvodnega procesa ne dodaja nobenih podsestavov, menim, da ne more priti do naknadnega vnosa tujka v števec, preden se ga zapre s pokrovom.

V primeru okvare naprave za testiranje prebojne trdnosti ne sme priti do preboja napetosti na ostale elemente linije, zato mora biti naprava v celoti galvansko ločena od linije.

5.6 Umerjanje in končna kontrola

Umerjanje in končna kontrola števec poteka v avtomatski kontrolni napravi (slika 30). Zaradi zmanjšanja dolžine linije je sestavljena iz dveh delov, od katerih vsak sprejme po 7 števec. Ker oba dela delujeta neodvisno drug od drugega in sta povezana le informacijsko, potrebujemo dva osebna računalnika, dva elektronska vira in dva fiksna čitalca črtnih kod.

Umerjevalna naprava je v stiku s števcem preko letev. Te nosijo kontakte pomožnih sponk ter tokovne in napetostne kontakte, preko katerih se števcu regulira dotok energije. Za vzpostavitev IR komunikacije s števcem so potrebne fotoglave.

Za števec MT372 sta razvita dva priključna bloka. Eden dopušča tokove do 85 A, drugi pa do 120 A. Med njima je majhna razlika v legi napetostnih in tokovnih sponk, zato je pri pozicioniranju napetostnih in tokovnih kontaktnih iglic na letvi potrebna velika pazljivost. Pri legi pomožnih sponk teh težav ni, izvedba RS485 pa se od izvedbe GSM/GPRS razlikuje le v dodatnih pomožnih sponkah za RS485 komunikacijski vmesnik.



Slika 30: Umerjevalna naprava na delno avtomatizirani liniji MT300.

V preteklosti se je prav letev s svojimi kontakti izkazala za najšibkejši člen.

Vzroki so:

- netočno pozicioniranje kontaktnih iglic,
- neprimerna oblika kontaktnih iglic ter
- nepriviti vijaki pomožnih sponk, ki preprečujejo dober stik s kontrolno napravo.

Program, ki vodi umerjanje in končno kontrolo, je narejen v okolju Lab View (27). Poleg zaporedja testov operaterju omogoča spremljanje trenutnega stanja ter uspešnosti umerjanja in končne kontrole. Obe napravi imata na vrhu 21 inčni LCD zaslon, ki omogoča operaterju z vseh strani pogled na stanje obeh naprav in s tem skrajša čas njegovega posredovanja. Vsi podatki o merilni točnosti se beležijo v bazi in v sistemu PIS.

Postopek kontrole je naslednji. Števci se na paletah zapeljejo v umerjevalno napravo. Fiksna čitalca prebereta vse sledljivostne številke, tovarniške in lastniške številke pa naprava prebere iz baze, v katero jih vpiše operater. Letev se spusti in vzpostavi kontakt s števcem, na osebni računalnik pa se začne izvajati ustrezeni kontrolni program. Ko je kontrola končana, se v bazo in sistem PIS zapišejo rezultati, letev se dvigne in števci se zapeljejo iz naprave.

Zahtevnost napajanja presega vir EMH PPS 60.3, zato je za delno avtomatizirano linijo izbran elektronski vir EPS 20-3 (slika 31), proizvajalca Iskra Merilne naprave d. o. o. Vir je računalniško krmiljen in namenjen hkratnemu napajanju do 20 trifaznih števcov.

Sestavlja ga pet zaključenih enot:

- napetostni del, ki ga sestavljajo trije napetostni ojačevalniki v obliki modulov;
- tokovni del, ki ga sestavljajo trije tokovni ojačevalniki v obliki modulov;
- krmilni del;
- etalonski števec TEMP-100 ter
- junction box, ki povezuje merilnike napake z osebnim računalnikom.



Slika 31: Elektronski vir EPS 20-3.

5.7 Nastavitev

Ker je stikalo, ki preprečuje dostop do določenih parametrov pri zaprtem števcu znotraj števca, in je njegova lega v števcu z GSM komunikacijskim vmesnikom drugačna kot pri RS485 izvedbi, ga je potrebno premakniti ročno. Prav tako je zelo težko avtomatizirati vstavljanje GSM kartic v števec ter ovitkov le-teh na palete (slika 32). Ker potrebujemo ločitev tokovnega in napetostnega tokokroga le pri umerjanju in končni kontroli, se vse tri mostičke sklene.



Slika 32: GSM kartica.

5.8 GSM test

GSM test se s pomočjo dveh simulatorjev GSM omrežja izvaja na dveh števcih hkrati. Zato je potrebno ustrezno vpenjalo in osebni računalnik. Ker števec, ki ima GSM kartico, ob priključitvi na napajanje avtomatsko izvede instalacijski klic, je operacija GSM test postavljena za umerjanje in končno kontrolo. Če bi števci med umerjanjem in končno kontrolo imeli vstavljene GSM kartice, bi ob vklopu napetosti klicali na simulator GSM omrežja in s tem onemogočali izvajanje GSM testa.

Kupec zahteva za izdelane števce protokol, ki kaže vse informacije o izdelavi števca. Med njimi je tudi številka, ki je na ovitku GSM kartice v obliki črtne kode. Za avtomatsko delovanje GSM testa je zato potreben tudi ovitek GSM kartice. Na paleti je zaradi prostorske stiske vstavljen v majhno stojalo pokončno. Tako se črtno kodo na njem prebere s čitalcem črtne kode, podatke pa vnese v sistem PIS in bazo ter iz nje v protokol. Na GSM testu potrebujemo dva fiksna čitalca črtne kode tipa 1D.

RS485 izvedba števca GSM testa ne potrebuje, zato števec preprosto zapeljemo mimo. Za izpustitev GSM testa poskrbi linija samodejno brez posega operaterja.

5.9 Test prikazovalnika in mostičkov

Ta operacija vsebuje dva testa. Prvi testira sklenitev mostičkov (slika 33), kar se preveri z branjem vrednosti vseh treh faznih napetosti iz registrov, drugi pa zagotovi delovanje vseh segmentov prikazovalnika.



Slika 33: Mostički.

Test prikazovalnika (slika 34) je izveden s pomočjo strojnega vida. Hiter razvoj elektronike v zadnjih letih in padanje cen posameznih komponent sta povzročila, da so sistemi strojnega vida postali funkcionalnejši, cenovno ugodnejši in tako dostopnejši (15). Ker je opazovanje nepravilnega delovanja posameznih segmentov prikazovalnika monotono opravilo, je zaradi večje zanesljivosti izvedeno s strojnim vidom.

Vzroki za nepravilno delovanje prikazovalnika so najpogostejše kratki stiki pri spajkanju prikazovalnika na OPTIV in nepravilno spajkanje ostalih komponent, pomembnih za njegovo delovanje.



Slika 34: Prikazovalnik.

Potek testa prikazovalnika je naslednji. Delovanje montažne linije povzroča vibracije, zato se paleta s števcem za čas obdelave slike dvigne s tekočega traku. Prav tako se vibracije linije ne smejo prenašati na elemente zajema slike. Števec se priključi na napetost in vzpostavi IR komunikacijo. Z ukazom se aktivira (gledano na priključne kontakte prikazovalnika) lihe segmente prikazovalnika in nato sode. Tako se preveri, ali vsi segmenti delujejo in ali je morda kakšen kratek stik med dvema sosednjima segmentoma.

Testira se le en števec naenkrat, zato je potrebna ena kamera in ustrezna strojna in programska podpora. Za preprosto branje segmentov zadošča že črno bela kamera. OPTIV mora imeti zaradi pozicioniranja slike nekaj fiksnih točk, ki se ne smejo spreminjati.

Kamera potrebuje za svoje delovanje tudi osvetlitev. Ta je zaradi odbojev svetlobe od steklene plasti prikazovalnika nameščena ob strani in ne nad prikazovalnikom. Svetlobna

telesa so sestavljena iz LED diod, razporejenih v ustrezni obliki. Barva osvetlitve je pogojena s kamero in prikazovalnikom. Svetloba v prostoru in svetloba, ki prodira skozi okna proizvodnih prostorov vanje, predstavlja motnjo v samem procesu strojnega vida, zato se jo poskuša z izolacijo procesa (zatemnitev) čimbolj eliminirati.

Za obdelavo zajete slike je potrebna še enota za procesiranje. To je lahko cenovno ugodni osebni računalnik ali pa namenska naprava, kot na primer računalniški modul NI 1450 Compact vision system (27). Programska oprema je pogojena z zahtevami posameznega sistema strojnega vida. Lahko se odločimo za na tržišču dostopne ustrezne programske pakete, ki jih le prilagodimo za določeno aplikacijo, lahko pa izdelamo aplikacijo in uporabniški vmesnik z uporabo splošnega programskega jezika.

Strojni vid je bil v montaži števecv prvič uveden na delno avtomatizirani liniji ME16X. Izkušnje so pokazale, da je največ težav povezanih z naklonom prikazovalnika, saj so prikazovalniki števecv narejeni tako, da so dobro berljivi le, če nanje gledamo pravokotno in od spodaj navzgor. To je seveda razumljivo, saj je števec montiran visoko na steni. Teh težav na števcu MT372 ne bo, saj je prikazovalnik na OPTIV prispajkan na dveh stranicah in tako nima naklona. Težave pa se lahko pojavijo ob zamenjavi proizvajalca, saj se lahko spremeni kontrast na prikazovalniku.

Za prebiranje črtnih kod je potreben fiksni čitalec črtne kode 1D, podatki pa se pošiljajo v bazo in sistem PIS.

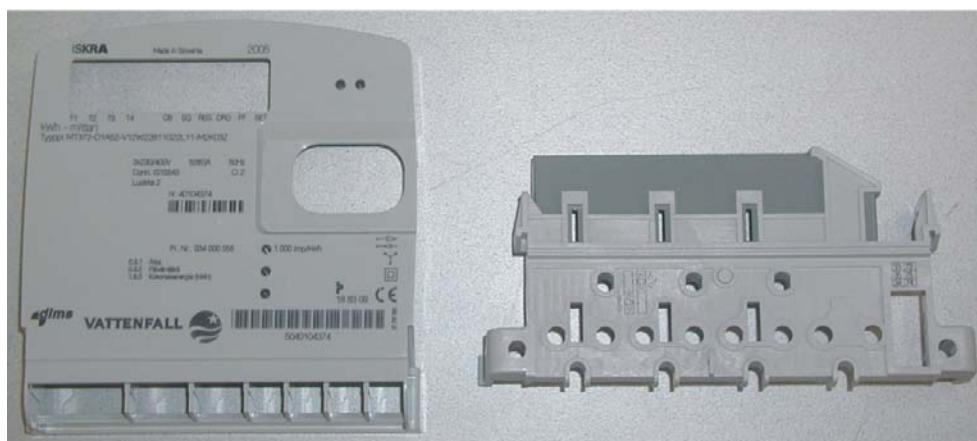
Poleg izbire sistema strojnega vida moramo upoštevati tudi izbiro operaterja. Ta mora imeti ustrezno izobrazbo, da uspešno opravi izobraževanje za sistem strojnega vida.

5.10 Lasersko vpisovanje čelnih plošč in pregrad

Laser je postavljen nad montažno linijo in vpisuje števce direktno na paletah. Povezan je z fiksnim čitalcem črtne kode in avtomatsko določi vrsto vpisa glede na sledljivostno

številko števca. S tem je onemogočena zamenjava že prej vpisanih čelnih plošč in pregrad. Laser deluje popolnoma avtomatsko, zato razen definiranja izgleda maske ob novem naročilu ne potrebuje operaterja.

Laser vpiše čelno ploščo in pregrado (slika 35). Ker vpis traja le okoli 25 sekund, je veliko hitrejši od ostalih operacij, zato ne potrebuje velikega zalogovnika. Zaradi časovne nezahtevnosti se ponuja možnost nakupa laserja, ki je počasnejši in zato cenejši, ali pa vgradnja že obstoječega laserja.



Slika 35: Vpisana čelna plošča in pregrada.

5.11 Zapiranje

Na delovnem mestu zapiranje so potrebna tri delovna mesta, ki zaključijo montažo števca in ga pripravijo za pakiranje. Na števec se postavi pokrov in privije, z ročnim čitalcem prebere sledljivostno številko števca, vzame iz palete ovitek GSM kartice ter vstavi žičke za plombiranje in plombe. Na koncu se stisne plombe in skrbi za pravilen vrstni red števec na transportnih stojalih, saj se števci pakirajo po vrstnem redu.

5.12 Izločanje slabih izdelkov na posameznih operacijah

Če je števec na posamezni operaciji slab, gre vseeno skozi ostale operacije, le na laserskem vpisu laser ne vpiše podatkov na čelno ploščo in pregrado. Serviser ima na ta način popolno sliko delovanja števca na vseh testih.

Na zapiranju se slab števec takoj izloči, saj nima vpisane čelne plošče in pregrade, prav tako pa ob prebiranju črtne kode sistem PIS javi neustreznost števca. Slab števec se odloži na stojalo za slabe števce, kjer ga prevzame serviser in ga popravi. Vzrok napake in vrsto popravila se vnese v sistem PIS ter števec vedno vrne pred operacijo izpihovanje in sesanje, saj je lahko vanj med popravilom nehote prišel tujek.

5.13 Servis

Servis ni sestavni del linije, je pa zelo pomemben člen v proizvodnji elektronskih števecv. Poleg popravila števecv ima tudi nalogo odkrivanja sistematskih napak v proizvodnji OPTIV (neustrezno spajkanje, napačno položeni elementi, neustrezna programska oprema ...). V primeru takih napak takoj obvesti proizvodnjo OPTIV in prepreči nadaljnjo škodo. Delovno mesto servis je povezano tudi v sistem PIS. Vanj serviser vpiše napako, povzročitelja in način odprave napake.

Poleg informacijske podpore mora biti servis opremljen tudi s programsko opremo in vmesnikom MeterView, da lahko testira vse funkcije števca. Tako je bistveno skrajšan čas odkrivanja vzroka napak.

Tudi sama delno avtomatizirana linija mora biti opremljena in skonfigurirana na tak način, da omogoča vrivanje števecv, ki pridejo iz servisa pred posamezne operacije. To je predvsem dobrodošlo v fazi zagona linije, ko je izpad na posameznih operacijah povečan.

5.14 Stroški nakupa delno avtomatizirane montažne linije

Naprava	Kos.	Pripadnost	Cena/kos [SIT]	Cena [SIT]
Transport	1	Linija	9.400.000	9.400.000
Palete	70	Tekoči trak	23.500	1.645.000
Dvižniki palet	2	Tekoči trak	940.000	1.880.000
Osebni računalnik	2	Linija	250.000	500.000
Delovno mesto	2	Sestav 1	1.175.000	2.350.000
Valjčna proga	2	Sestav 1	200.000	400.000
Delovno mesto	2	Sestav 2	1.175.000	2.350.000
Čitalec 2D ročni	2	Sestav 2	400.000	800.000
Manipulator,	1	Izpihovanje	4.700.000	4.700.000
Prebojna naprava	1	Preboj	4.700.000	4.700.000
Stopnice	2	Prehod	100.000	200.000
Umerjevalna in kontrolna naprava	2	Umerjanje in končna kontrola	17.625.000	35.250.000
Manipulator	1	GSM test	2.350.000	2.350.000
Osebni računalnik	1	GSM test	250.000	250.000
Vir	1	GSM test	100.000	100.000
MT8801B	1	GSM test	1.880.000	1.880.000
Manipulator, kamera, osvetljitev, vir	1	Test mostičkov, prikazovalnika	4.800.000	4.800.000
Laser	1	Laser	10.575.000	10.575.000
Delovno mesto	3	Zapiranje	1.175.000	3.525.000
Čitalec 1D ročni	1	Zapiranje	40.000	40.000
Čitalec 1D fiksni	8	Linija	400.000	3.200.000
SKUPAJ				90.895.000

Tabela 8: Stroški nakupa delno avtomatizirane montažne linije.

5.15 Prednosti in slabosti delno avtomatizirane montažne linije

Prednosti:

- Delno avtomatizirana montažna linija bistveno zmanjša potrebo po delovni sili.
- Kakovost števca proizvedenega na delno avtomatizirani liniji je boljša, saj je na številnih operacijah izključen človeški faktor kot možen vir napak.
- Če so posamezna opravila na delno avtomatizirani liniji pravilno dimenzionirana, se izognemo medfaznim zalogam, ki predstavljajo izgubo časa ter zvišujejo stroške proizvodnje.

Slabosti:

- Slaba stran avtomatizacije je prilagodljivost. Avtomatizirani elementi linije zahtevajo veliko dela in so cenovni neugodni, ko na njih izvajamo prilagoditve.
- Čas dobave delno avtomatizirane linije je daljši, saj jo je treba zasnovati, izdelati, preizkusiti, montirati ter fino nastaviti, da dobimo želeno hitrost delovanja.
- V primeru zastoja dela linije stoji cela linija, zato je tu pomemben odzivni čas serviserja in trajanja popravila.
- Otežena je izdelava vzorčnih števecv.

6. Avtomatska montažna linija MT372

6.1 Shema avtomatske montažne linije

Shema avtomatske linije je povsem enaka kakor delno avtomatizirane linije, le da so operacije sestav 1, sestav 2, nastavitev in zapiranje popolnoma avtomatizirane. Celotna linija potrebuje za delovanje le dve (a) delavki (ca).

6.2 Sestav 1 in 2

Oba sestava sta na avtomatski liniji združena. Ker števec ni bil razvit z namenom avtomatske sestave, je potrebno nekatere njegove podsestave in sestavne dele spremeniti, da se lahko njegovo sestavo avtomatizira. Spremeni se priključni blok, da se omogoči večje tolerance pri vstavljanju spodnjega OPTIV, prav tako se spremeni čelna plošča števca, da se omogoči avtomatsko vstavljanje zgornjega OPTIV. V obeh primerih je potrebno spremembe definirati v razvoju podjetja in na novo izdelati obe orodji. Novi sestavni deli razveljavijo vse predhodno narejene teste na števcu, ki se morajo opraviti ponovno.

Vijake se privija z avtomatskimi vijačniki, ki za svoje delovanje potrebujejo zalogovnike z vijaki. Vstavljanje posameznih komponent se izvede z manipulatorji, ki so prirejeni za delo s posameznimi sestavnimi deli. Ves proces avtomatske sestave zahteva veliko prostora in delavko (ca), ki polni zalogovnike s posameznimi sestavnimi deli in podsestavi ter hkrati nadzoruje potek umerjanja in končne kontrole.

6.3 Nastavitev

Stikalo, ki zaklepa določene parametre, se mora v primeru RS485 komunikacijskega vmesnika premakniti na OPTIV na isti mesto kot pri GSM/GPRS izvedbi. To zahteva spremembo OPTIV ter spremembo testne naprave za funkcijsko kontrolo. Premik stikala in mostičkov na liniji se izvede z manipulatorjem.

6.4 Zapiranje

Vse operacije, razen zlaganja na transportna stojala, so izvedene z manipulatorji. Izločanje slabih števec in pravilno umeščanje vmesnih števec na ustrezna transportna stojala je še vedno ročna operacija.

6.5 Prednosti in slabosti avtomatske montažne linije MT372

Prednosti:

- Avtomatizacija proizvodnega procesa zmanjša število napak v proizvodnji števca in dvigne njegovo kvaliteto.
- V primeru pravilnega načrtovanja avtomatske linije ni medfaznih zalog, saj ni delovne sile, ki bi jih lahko povzročala. S tem se znižajo tudi proizvodni stroški.

Slabosti:

- Visoka nabavna cena linije in visoki stroški vzdrževanja.
- Čas dobave avtomatske linije je petkrat daljši kot pri ročni liniji in dvakrat daljši kot pri delno avtomatizirani liniji.
- V primeru zastoja na eni operaciji stoji celotna montažna linija.
- Vsako prilagajanje linije spremembam na števcu vzame veliko časa in denarja.

6.6 Stroški nakupa avtomatske montažne linije

Naprava	Kos.	Pripadnost	Cena/kos [SIT]	Cena [SIT]
Transport	1	Linija	9.400.000	9.400.000
Palete	70	Tekoči trak	23.500	1.645.000
Osebni računalnik	2	Linija	250.000	500.000
Sestav 1 in 2	1	Sestav 1 in 2	70.000.000	70.000.000
Novo orodje	1	Sestav 1 in 2	14.000.000	14.000.000
Nov zgornji OPTIV	1	Sestav 1 in 2	2.500.000	2.500.000
Manipulator	1	Izpihovanje	4.700.000	4.700.000
Prebojna naprava	1	Preboj	4.700.000	4.700.000
Stopnice	2	Prehod	100.000	200.000
Umerjevalna in kontrolna naprava	2	Umerjanje in končna kontrola	17.625.000	35.250.000
Nastavitev	1	Nastavitev	7.500.000	7.500.000
Manipulator	1	GSM test	2.350.000	2.350.000
Osebni računalnik	1	GSM test	250.000	250.000
Vir	1	GSM test	100.000	100.000
MT8801B	1	GSM test	1.880.000	1.880.000
Manipulator, kamera, osvetljitev, vir	1	Test mostičkov, prikazovalnika	4.800.000	4.800.000
Laser	1	Laser	10.575.000	10.575.000
Zapiranje	1	Zapiranje	40.000.000	40.000.000
Čitalec 1D ročni	1	Zapiranje	40.000	40.000
Čitalec 1D fiksni	9	Linija	400.000	3.600.000
Stroški novih testov	1	Linija	7.050.000	7.050.000
SKUPAJ				221.040.000

Tabela 9: Stroški nakupa avtomatske montažne linije.

7. Ekonomska primerjava linij

V tabelah je predstavljena ekonomska primerjava linij za obdobje treh in petih let.

Tip linije	Ročna	Delno avtomatizirana	Avtomatska
Število delavk (cev)	16	9	2
Letni strošek za delavko (ca) [SIT]	3.290.000	3.290.000	3.290.000
Triletni stroški dela [SIT]	157.920.000	88.830.000	19.740.000
Začetna investicija [SIT]	27.220.000	90.895.000	221.040.000
Skupaj [SIT]	185.140.000	179.725.000	240.780.000

Tabela 10: Ekonomska primerjava linij za obdobje treh let.

Tip linije	Ročna	Delno avtomatizirana	Avtomatska
Število delavk (cev)	16	9	2
Letni strošek za delavko (ca) [SIT]	3.290.000	3.290.000	3.290.000
Petletni stroški dela [SIT]	263.200.000	148.050.000	32.900.000
Začetna investicija [SIT]	27.220.000	90.895.000	221.040.000
Skupaj [SIT]	290.420.000	238.945.000	253.940.000

Tabela 11: Ekonomska primerjava linij za obdobje petih let.

Investiciji v ročno linijo in delno avtomatizirano linijo sta po preteku triletnega obdobja povsem primerljivi (tabela 10). Nakup avtomatske linije je bistveno dražji od obeh, vendar se po preteku petletnega obdobja izenači z nakupom delno avtomatizirane linije (tabela 11).

Odločitev o nakupu ene izmed linij je odvisna predvsem od plana prodaje števca MT372 v naslednjih osmih letih. Sedanje stanje na trgu elektronskih števec pa je zelo nestabilno. Cene števec že vrsto let strmo padajo, saj je pritisk kitajskih proizvajalcev čedalje močnejši. Zato je planiranje prodaje težko in odgovorno delo.

Poleg plana prodaje moramo upoštevati, da števec ni bil skonstruiran z namenom popolne avtomatizacije in da ta zahteva velike prilagoditve na samem števcu in v celotnem proizvodnem procesu.

Bistvenega pomena pri izdelavi elektronskih števec je tudi kakovost proizvodnje. Avtomatizirana linija tu ponuja na prvi pogled več. Vendar moramo proizvodnjo števec gledati s širšega vidika. Z OPTIV, ki je daleč največji vir napak v končni montaži števec, se med njegovo proizvodnjo še vedno v veliki meri rokuje ročno. Med obema proizvodnjama je transport. Vse to so potencialni viri napak, ki pa jih sama avtomatizacija sestave števca ne rešuje. Jasno je namreč, da je strošek popravila vgrajene slabe komponente vse dražji, čimbolj se bližamo koncu proizvodnega procesa.

Pomemben kriterij je tudi prilagodljivost linije. Tu je nedvomno ročna linija v veliki prednosti. Vsako delovno mesto lahko posebej ustavimo, ne da bi pri tem zaustavili celoten proces montaže števec. Tudi naprave se da zelo hitro predelati za izdelavo drugih števec, ker so tako tudi zasnovane. Seveda je ključni faktor tudi cena. Vsi elementi ročne linije so že poznani in preizkušeni, zato je rok od nakupa do zagona ročne linije kar nekajkrat krajši kot pri nakupu delno avtomatizirane oz. avtomatske linije.

8. Ugotovitve

Iz vseh dejstev je razvidno, da se mora za tip linije odločiti vodstvo podjetja Iskraemeco d. d. glede na predviden plan prodaje v naslednjih osmih letih. Pri tem mora upoštevati tudi želeno prilagodljivost in robustnost montažne linije ter trenutni nivo znanja in obvladovanja proizvodnega procesa v podjetju.

Če plan prodaje zagotovi prodajo 245.000 števecv za obdobje do treh let, bo najverjetneje izbrana ročna montažna linija. Za obdobje od treh do šestih let je najprimernejša delno avtomatizirana linija, za obdobje nad šest let pa avtomatska montažna linija.

Izbrano linijo bo načrtovalo, izdelalo in montiralo podjetje Iskra Merilne naprave d. o. o., s katerim že vrsto let sodelujemo pri načrtovanju opreme za proizvodnjo elektronskih števecv.

9. Viri

- [1] Anton R. Sinigoj, Osnove elektromagnetike, Založba FE in FRI, str. 286, 361, Ljubljana 1996
- [2] Iskraemeco d. d., Tehnična dokumentacija števca MT372, Kranj, 2005
- [3] IEC 62056-21, Standard IEC, 2002
- [4] IEC 62056-46, Standard IEC, 2002
- [5] IEC 62052-11, Standard IEC, 2003
- [6] IEC 62053-21, Standard IEC, 2003
- [7] ISO 9001, Standard ISO, 2000
- [8] Iskraemeco d. d., Interni standard, LZS-K.09.641.05, 2002
- [9] Iskraemeco d. d., Interni standard, LZS-K.09.485.03, 2005
- [10] Iskraemeco d. d., Interni standard, LZS-K.09.566.12, 2003
- [11] Domača stran ST Microelectronics, <http://www.st.com/stonline>, 2005
- [12] Domača stran Wavecom, <http://www.wavecom.com>, 2005
- [13] Diplomaska naloga, Stopnja avtomatizacije montažne linije za izdelavo elektronskih števec, Željko Ristić, Ljubljana, november 2004
- [14] IEC 61107, Standard IEC, 1996
- [15] Magistersko delo, Uporaba strojnega vida pri proizvodnji elektronskih števec, Mirko Šalej, Ljubljana, 2005
- [16] Domača stran Baasel, <http://www.baasel.de/index-e.htm>, 2005
- [17] Diplomaska naloga, Sledljivost elektronskega števca ME160 na montažni liniji, Janez Jančar, Ljubljana, november 2003
- [18] Domača stran Idautomation, <http://www.idautomation.com/itffaq.html>, 2005
- [19] Domača stran Boschrexroth, <http://www.boschrexroth.com>, 2005
- [20] Iskra Merilne naprave d.o.o., Dokumentacija delovnega mesta MT372 - končna kontrola, Kranj, 2005
- [21] Iskraemeco d. d., TEMP-100, Tehnični opis, verzija 2, Kranj, 2001
- [22] MTE EMH PPS 60.3, Navodila za uporabo, verzija 06, 1999
- [23] Špica, Tehnična dokumentacija čitalca črtne kode Metrologic IS4120, 2004

- [24] Domača stran Sick, <http://www.sick.com>, 2005
- [25] Špica, Tehnična dokumentacija čitalca črtne kode Symbol LS4000, 2004
- [26] Špica, Tehnična dokumentacija čitalca črtne kode Datalogic LYNX D302E, 2004
- [27] Domača stran National Instruments, <http://www.ni.com>, 2005

10. Izjava o avtorstvu

Izjavljam, da sem diplomsko delo samostojno izdelal pod vodstvom mentorja doc. dr. Boštjana Murovca, univ. dipl. inž. el. Izkazano pomoč drugih sodelavcev sem v celoti navedel v zahvali.