

UDK 681.325.2:621.757

DDC — sistem za avtomatiziranje postopka ožičenja montažnih modulov telefonskih central*

AVTORSKI KOLEKTIV

1. UVOD

Po drugi svetovni vojni je tovarna ELEKTROMECHANIKA ISKRA — Kranj začela izdelovati telefonske centrale. Tehnologija izdelave, posebno montaže, je slonela na klasični tehnologiji lotanja in ročnega ugotavljanja leg kontaktov, ki jih je bilo treba povezovati. Ta način izdelave ima vrsto pomanjkljivosti, ki so se pokazale pri ceni naprave pa tudi pri zanesljivosti njenega delovanja. Ugotovili smo, da je ročno ožičenje telefonskih central po dosedanjih izkušnjah povezano z vrsto napak, ki nastajajo zaradi različnih vzrokov (napačno odbiranje koordinat iz tabel, pomota pri selekciji kontaktov itd.). Takšnih napak je lahko precejšnje število. Vse to terja seveda poznejše testiranje in ugotavljanje mest, kjer se te napake pojavljajo, poleg tega pa še dodatno delo, ki je potrebno za njihovo odstranjevanje. Drug vir napak pri ožičenju pa je predvsem ta, da so lotane povezave izpostavljene določenim negativnim vplivom samega tehnološkega postopka, ki vodi k tako imenovanemu mrzlemu lotanju. Ta onemogoča pravilno električno povezavo.

Z razvojem računalniške tehnologije se je začela izboljševati tudi tehnologija izdelave telefonskih central. V ZDA so razvili postopek tako imenovanega ovijanja žic na kontaktnike (*wire wrapping*), ki nadomešča lotanje ter omogoča bistveno bolj zanesljivo električno povezavo med žico in kontaktnikom. Na drugi strani so pa razvili posebne pozicionirne naprave, ki omogočajo avtomatizirano pozicioniranje orodja za navijanje žice v določeno koordinato, v kateri je kontaktnik. Ti pozicionirni NC-stroji so izredno dragi in konstruirani kot posebni stroji za opravljanje teh nalog.

Z razvojem majhnih digitalnih računalnikov se je upravljanje operacij, kakršni sta pozicioniranje in kontinuirano vodenje orodja, bistveno poenostavilo, ker je mali digitalni računalnik zelo vsestransko sredstvo za hranjenje in porazdeljevanje potrebnih informacij v krmilne sisteme. Zato smo začeli na Fakulteti za strojništvo razvijati DDC-sistem za avtomatizacijo postopka ožičenja montažnih modulov telefonskih central tipa METACONTA 10 C, ki jih izdeluje Iskra Elektromehanika — Kranj. V tej zvezi je treba poudariti, da bo takšna rešitev omogočila:

a) prek malega digitalnega računalnika krmiljenje vsaj 15 do 20 večjih naprav za pozicioniranje enega centralnega mesta,

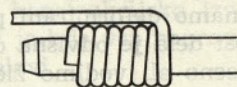
b) da bo s tehnologijo navijanja žic odpadel postopek lotanja. S tem postopkom bo mogoče uporabljati računalnik v zvezi z ožičenjem.

To delo obravnava nekatere vidike razvoja DDC sistemov za ožičenje telefonskih central, in sicer: tehnologijo ožičenja, izhodišče za konstrukcijo avtomatizirane naprave za ožičenje, konstrukcijsko rešitev, razvoj računalniških programov ter razvoj vmesnika (*interface*) in krmilnega sistema.

Z uresničenjem tega projekta se bo v tovarni Iskra Elektromehanika — Kranj na teh delovnih mestih znatno povečala storilnost. Posebno pomembna pa bo bistveno večja zanesljivost pri ožičenju in s tem tudi zanesljivost telefonskih central, ker bodo odpadle vse napake, ki se pojavljajo zaradi napačnega odbiranja podatkov in drugih pomanjkljivosti pri ročni izdelavi in montaži telefonskih central.

2. PROUČITEV TEHNOLOGIJE OŽIČENJA

V letu 1971 je tovarna Iskra Elektromehanika — Kranj sklenila licenčno pogodbo za izdelavo elektronskih telefonskih central vrste Metaconta 10 C s podjetjem ITT-BTM iz Belgije. Tehnološka rešitev spajanja žic na priključne točke na tej konstrukciji je bila že predvidena po načinu ovijanja (*wire-wrap*) (sl. 1). Ta način ima tehnološke prednosti v primerjavi z lotanjem. Predvsem zmanjša potrebni delovni čas za ožičenje, tudi do 35 odstotkov. Poleg tega potrebujemo pri lotanju vroče orodje, njegova uporaba pa terja od delavca precej pazljivosti.



Slika 1

Pri zvezah z ovijanjem priključimo žico na priključno točko in hkrati oblikujemo pot žice. Pri manjših razdaljah ožičujemo hitreje, če uporabljamo narezane žice, ki imajo že posneto izolacijo na obeh koncih. To delovno fazo lahko opravljamo s posebnim avtomatičnim strojem. Lotane zveze imajo samo to prednost, da jih lahko popravljamo večkrat in sorazmerno preprosto. Pri ovitih zvezah pa to ni mogoče, ker se žica po ovitju na priključek preveč deformira in plastično preoblikuje. Slaba stran lotanja je tudi to, da moramo z delovnega mesta odsesavati pline, ki so zdravju škodljivi.

Priključno ušesce pri postopku ovijanja ima kvadratično in včasih pravokotno obliko. Zato znašajo specifični pritiski na robovih pri uvijanju

* DDC — Direktno digitalno krmiljenje (Direct Digital Control)

0,5 mm debele žice tudi do 70 kp/mm². Veliki pritiski na robovih povzročajo delno hladno zavaritev priključnega ušesca in žice, kar onemogoča poznejše onečiščenje ali korodiranje zavarjenih mest.

Pri lotanju lahko pride do hladnega spoja. To težko kontroliramo. Spoj po metodi ovijanja pa lahko kontroliramo tako, da npr. 0,5 mm debelo žico potegnemo s silo 3,2 kp. Sila kaže obenem že kvaliteto spoja. Posebno dobra lastnost spajanja po novem načinu je ta, da delavec s svojim delom subjektivno manj vpliva na rezultat svojega dela.

Starejša evropska podjetja, zlasti Siemens, Erickson, TE-KA-DE in druga deloma še vežejo svoje konstrukcije z lotanjem. Vendar tudi ta podjetja iščejo nove poti in razvijajo nove naprave. Razvoj je dosegel najvišjo stopnjo v ZDA, kjer imajo na tržišču že posebne naprave za avtomatično in polavtomatično ožičenje. Večina teh je krmiljena s programom na luknjanem ali magnetnem traku, le nekatere naprave so vodene že z računalniki. Popolnoma avtomatične naprave so izredno drage in zato primerne le za ožičenje velikih serij enakih izdelkov. V svetu jih danes uporabljajo predvsem pri izdelavi velikih računalnikov. Izkušnje v ZDA so pokazale, da je veliko uspešneje uporabljati polavtomatične naprave. Bistvo delovanja teh naprav je v tem, da stroj prevzame delo, ki je zaradi človeške pozabljivosti, raztresenosti ali malomarnosti vir največjega števila napak, obenem pa močno obremenjuje človeka. Taka dela so npr. branje in prenašanje informacij ter njihova uporaba pri ožičenju. Stroj avtomatično pozicionira orodje za spajanje žice s priključnim ušescem, samo operacijo spajanja pa opravlja delavec. Tak postopek ima vrsto prednosti pred avtomatom. Najbolj bistvena prednost je, da ni treba posameznih priključnih ušesc držati v zelo ozkem tolerančnem področju, ampak je toleranca lege priključnega ušesca lahko precej večja, npr. 0,8 mm. Pri tem lahko tudi izravnamo deformirani priključek pred spajanjem. Hitrost dela je odvisna od načina polaganja žic. Ni vseeno ali vodimo žico po najkrajši poti neposredno do priključka ali pa po vnaprej predvideni krivuljasti poti.

Kakor smo že omenili, sta dva načina krmiljenja polavtomatičnega stroja. Stroji so vsi zgrajeni več ali manj podobno. Pri numeričnem krmiljenju naprava odbira podatke z luknjanega traku in postavlja zahtevane pozicije. Mehanske premike pa opravljajo koračni motorji.

Podobno deluje tudi računalniško krmiljena naprava. Pri računalniško krmiljenih napravah pa imamo tele prednosti:

a) z uporabo sistema časovnega dodajanja računalnika lahko le-ta krmili hkrati večje število pozicionirnih naprav;

b) za nov program ni treba menjavati traku, menjava programa je mogoča med obratovanjem;

več pozicionirnih naprav je mogoče krmiliti hkrati z različnimi programi;

c) spremembe programa, brisanje leg žic, uvajanje novih žic so mogoče med obratovanjem in ni treba izdelovati novih trakov.

3. IZHODIŠČA ZA KONSTRUKCIJO NOVE NAPRAVE

Na podlagi vsega navedenega smo se odločili, da bomo izdelali napravo za avtomatično pozicioniranje orodja za priključevanje žic na module telefonskih naprav s koordinatnim nameščanjem vodila za ovijalno orodje. Potrebne premike pozicionirne naprave bodo izvajali koračni motorji, ki bodo krmiljeni prek krmilnega sistema in malega digitalnega računalnika.

Po vsem povedanem je jasno, da sedanja konstrukcija stojala ni primerna za avtomatično ožičenje. To utemeljujejo predvsem konstrukcijske lastnosti stroja:

a) neprimerna priključna ušesca za avtomatično delo,

b) prevelike tolerance lege priključnega ušesca,

c) uporaba dvojno posnete žice, ki je z avtomatom ni mogoče ožičevati,

d) zelo velika delovna površina.

Pri odločanju o ekonomičnosti avtomata je treba vedeti, da bomo izdelovali samo 1200 stojal letno. Cena izdelanega kosa je pri tem izredno visoka, mehanski del avtomata pa je zapleten in zahteven za vzdrževanje.

Pri proučevanju avtomatov pa lahko še posebej ugotovimo, da nobena od znanih pozicionirnih naprav ni prirejena za delo na površini, kakršno ima stojalo Metaconta in da ima ta konstrukcija predvideno vodenje žic posamezne skupine ob strani okvira skozi posebne vodilne zanke, kar pomeni dodaten problem.

Rezultati analize sestave okvira in poteka žic kažejo, da je mogoča rešitev, če imamo:

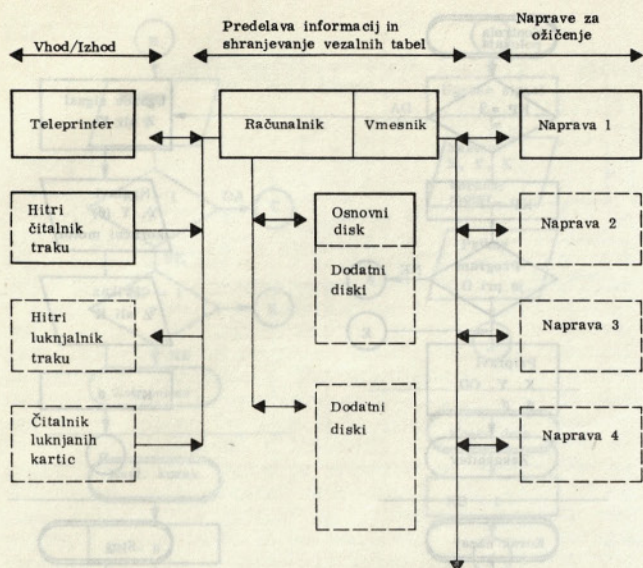
— napravo za ožičenje vsega stojala z enim delovnim mestom;

— napravo za ožičenje vsega stojala z dvema ločenima pozicionirnima napravama z dvema delovnim mestoma;

— napravo za ožičenje vsega stojala z dvema v tandem vezanima pozicionirnima napravama z enim delovnim mestom.

Pri tem seveda predpostavljamo, da bo konstrukcijska zgradba dveh naprav iz enakih delov oziroma enakih konstrukcijskih kosov. Zaradi praktičnosti je najbolj ugodno izbrati tretjo izvedbo.

Odločili smo se za zadnjo varianto, ki naj bo vodena z računalnikom PDP-8/E. Za krmiljenje z računalnikom bomo izdelali pozicionirno napravo za ožičenje z računalniško konfiguracijo, ki je prikazana na sliki 2.



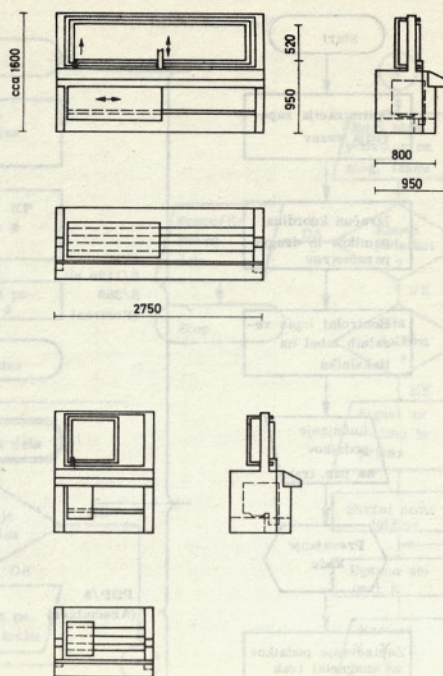
Slika 2

4. KONSTRUKCIJSKA REŠITEV

Konstruktivske rešitve variantnih izvedb so pokazale, da je za ožičenje treba izdelati dve različni napravi. Vsaka naprava je namenjena za ožičenje drugega kompleksa veznih skupin. Da smo se odločili za izdelavo dveh naprav, imamo več razlogov. Vsaka nova naprava potrebuje določen čas, da se odpravijo naključne napake, da se uteče in pravilno obratuje. Najprej bi izdelali napravo z manjšim številom zvez. Pri tem je seveda nujno, da bo gradnja obeh konstrukcij — zaradi možnosti nujnega poenotenja — sestavljena z modularnimi enotami, ki bodo enako grajene za obe napravi ali pa po možnosti celo identične.

Za delavca bi bilo naprimernejše, če bi lahko opravljal svoje delo sede. Temu se moramo žal odreči, ker konstrukcije ni mogoče preurediti v večjo napravo za ožičenje vsega stojala. Pri proučevanju različnih variant konstrukcije smo se odločili, da bo naprava sestavljena iz osnovnega modularnega nosilca z vodili, ki leži vodoravno na tleh (sl. 3). Na obeh straneh sta nanj vezani stranici, ki rabita za pritrditev delovnega okvira z obdelovanjem. Stranici spredaj povezuje modularni element, na katerem so nameščeni gumbi za krmiljenje, signaliziranje in drugi elementi. Po vodoravnem nosilcu z vodili potuje sem in tja suport, ki nosi ročici s pozicionirnima nastavkoma. Ti dve ročici sta vodeni v navpični smeri in imata vsaka svoj pogon. Prednost te konstrukcije je v tem, da stojalo miruje in je vedno dostopno po vsej delovni površini. Zaradi majhne mase supporta in njegovega vodoravnega gibanja so hitrosti pozicioniranja lahko večje. Ravno tako tudi hitrosti pozicionirnih ročic.

Pri vseh variantah mehanske konstrukcije se pojavlja tudi vprašanje priprave žice. Dosedanje



Slika 3

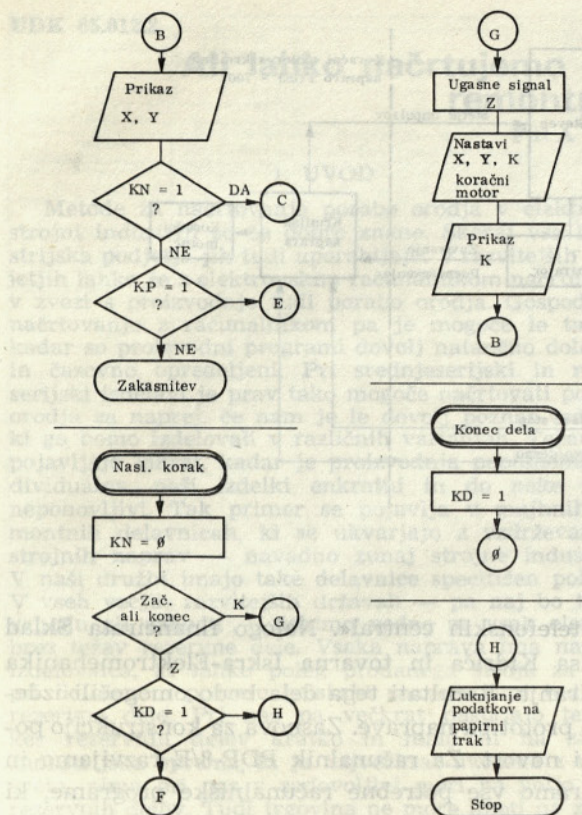
izkušnje ožičevanja po postopku ovijanja so pokazale, da je ugodno, če imamo žice pripravljene vnaprej od približno 80 do 100 cm. To pomeni, da morajo biti odrezane na dolžino z obojestransko posneto izolacijo. Večje dolžine žice pa delavec sproti pripravlja in prilagaja določeni dolžini poti pri ožičenju. Računalniško krmiljene naprave na zaslonu sporočajo delavcu dolžine žice, ki jo mora v dani potezi uporabiti, ali pa že s signalno lučko neposredno označijo tulec, za katerega je predvidena žica.

Po podrobni proučitvi vseh vplivnih veličin smo se odločili za konstrukcijsko izvedbo naprave. V preteklem letu je bila vsa naprava konstruirana in je sedaj v izdelavi.

5. PRIPRAVA RAČUNALNIŠKIH PROGRAMOV

Pozicionirno napravo premikamo s koračnimi motorji, ki jih vodi procesni računalnik prek vmesnika. S programom beremo z magnetnega traku podatke, ki so posebej pripravljeni po vezalni tabeli. Poleg vodenja koračnih motorjev mora računalnik sprejemati in pošiljati še različne potrebne signale.

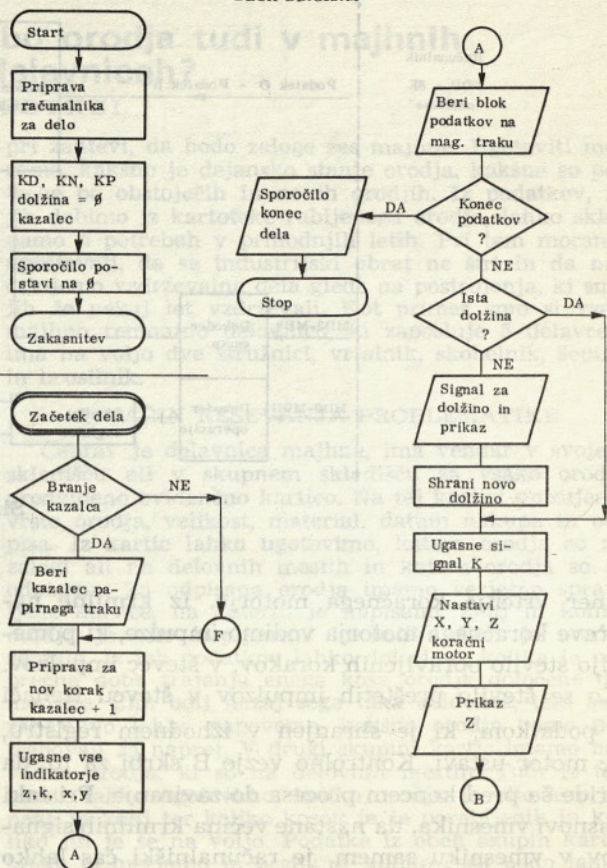
Podatke za delovanje naprave moramo pripraviti v dveh fazah (sl. 4). Prva faza obsega optimizacijo vezalnih tabel oziroma zaporedja vezav, izračun koordinat, pomikov in drugih parametrov, kontrolni izpis na tiskalnik (*printer*) in luknjanje podatkov na papirni trak. Te operacije lahko opravljamo na računalnikih IBM 1130 ali IBM 360, ker



Slika 6

V enem bloku podatkov za kazalec (*pointer*), ki pomeni število korakov, to je zaporedno številko, so: šifra dolžine žice, označba nastavka, število impulzov za koračne motorje od izhodišča do označenega nastavka za obe smeri, število impulzov od prejšnje lege nastavka do sedanje. Ko preberemo blok podatkov, ugotovljamo, če je že konec podatkov. Ob koncu dela sporoči računalnik delavcu, da je ožičevanje modula končano. V programu so predvidene še druge motnje — na primer: pri navijanju žice na nastavek se lahko odlomi košček žice. Zlomljena žico je treba nadomestiti z novo in jo enako vezati. Za to ima delavec poseben krmilni gumb, ki omogoča fazo dela »premakniti nazaj«. Med delom ima delavec možnost, da kontrolira lego pozicionirne naprave. Pri tem mora pritisniti na gumb »kontrola položaja«. Kadar pozicionirno napravo v trenutku ustavimo s pritiskom na gumb »stoj«, se prekine program za izvajanje in shrani se odreda prekinitve. Z novim gumbom »nadaljevanje« lahko delo začnemo tam, kjer smo ga prekinili. Celoten potek delovanja računalnika prikazujejo blokovni diagrami na slikah 5, 6 in 7.

BLOK DIAGRAM

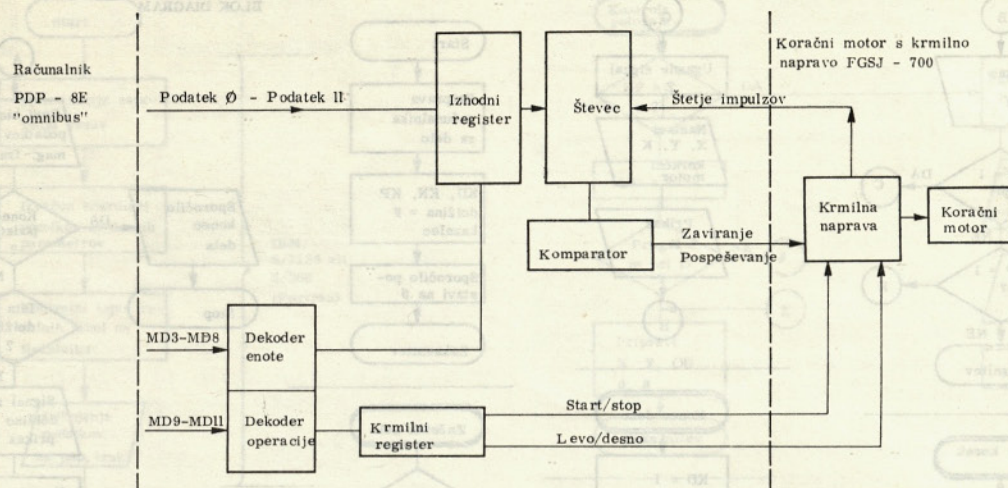


Slika 7

6. RAZVOJ VMESNIKA IN KRMILNA NAPRAVA

Za povezavo med računalnikom in mehansko pozicionirno napravo potrebujemo vmesnik (*interface*). Njegova naloga je, da prenaša časovno in/ali nivojsko translacijo informacije med računalnikom in periferno enoto. Zgradba vmesnika je zato strogo definirana z lastnostmi in možnostmi računalnika, kakor tudi z zahtevami periferne enote, v našem primeru pozicionirne naprave X — Y. Vsak računalniški sistem terja svojo izvedbo vmesnika. Za naš primer smo izdelali konstrukcijo, ki bo izpolnjevala zahteve mehanske enote in ustrezala procesnemu računalniku. Blokovna shema vmesnika je na sliki 8.

Krmiljenje koračnega motorja bo v našem primeru izvedeno z elektronsko krmilno napravo, FGSJ-700 podjetja Phyttron. Krmilno napravo bo oskrbel isti proizvajalec kakor za koračni motor, združuje pa vse zahteve pogona s pospeševanjem in zaviranjem. Ta naprava predpisuje tudi lastnosti digitalnih signalov. Kontrolno vezje A (po sliki 8), bo izluščilo iz funkcijske kode podatek za start in



Slika 8

smer vrtenja koračnega motorja. Iz krmilne naprave koračnega motorja vodimo impulze, ki pomenijo število opravljenih korakov, v števec impulzov. Ko se število prešteti impulzov v števcu izenači s podatkom, ki je shranjen v izhodnem registru, se motor ustavi. Kontrolno vezje B skrbi za to, da pride še pred koncem procesa do zaviranja. Pri taki zasnovi vmesnika, da nastane večina krmilnih signalov v vmesniku samem, je računalniški čas lahko boljše izkoriščen za oskrbovanje večjega števila perifernih enot s podatki kakor pri drugi organizaciji programske in aparturne opreme (*soft-* in *hardware*). Elektronsko logiko narisane blokovnega diagrama sestavljamo in preizkušamo.

7. SKLEP

V okviru tega sestavka smo želeli prikazati rezultate raziskav in razvoja »DDC-sistema za avtomatiziranje postopka ožičenja montažnih modu-

lov telefonskih central«. Nalogo financirata Sklad Borisa Kidriča in tovarna Iskra-Elektromehanika iz Kranja. Rezultati tega dela bodo omogočili izdelavo prototipa naprave. Zasnova za konstrukcijo pomeni novost. Za računalnik PDP-8/E razvijamo in testiramo vse potrebne računalniške programe, ki jih v tem sestavku nismo mogli podrobno opisati. Programski paketi so zamišljeni univerzalno in jih bo mogoče uporabljati tudi pri drugih sistemih. O rezultatih laboratorijskih preskusov bomo pozneje lahko obvestili širšo strokovno javnost, ki se bo zanimala za uporabnost koračnih motorjev pri svojih napravah.

Naslovi avtorjev:

prof. dr. ing. habil. Janez Peklenik,
mag. ing. Dušan Kelšin,
dipl. ing. Marko Kerševan,
dipl. ing. Marjan Krišper,
dr. mag. ing. Franc Roethel,
dipl. ing. Emil Zebec,
vsi: Fakulteta za strojništvo v Ljubljani,
in dipl. ing. Jože Teran, Iskra — Kranj

POPRAVKI

V članku I. Janežiča: »Nosilnost prilagodnih vijakov v zvezah z debelimi stenami«, ki smo ga objavili v letošnji 3. številki (maj), se mora glasiti

— na strani 83, v enačbi (21) drugi člen pod korenem:

$$\text{pravilno } + 0,393 k \frac{D_1}{h} \cdot \psi_{e1}$$

$$\left(\text{namesto } + 0,393 k \frac{D_1}{h} + \psi_{e1} \right)$$

— na strani 85, v levi koloni, v 23. vrsti od zgoraj:

$$\text{pravilno } (F_v/F_e) \quad [\text{namesto } (F_v/F_e)]$$

*

V članku J. Bertonclja: »Osnove natezno obremenjenih vijakovnih zvez«, ki smo ga objavili v letošnji 4. številki (julij), je v besedilu treba zamenjati simbole (v skladu z JUS C.A4.001/002)

— za mejo plastičnosti:

$$\text{pravilno } \sigma_T \quad (\text{namesto } \sigma_v)$$

— za silo na meji plastičnosti:

$$\text{pravilno } F_T \quad (\text{namesto } F_v)$$

Nadalje bi morale biti

— na strani 131, v sliki 4:

$$\text{pravilno } - \sigma_{a2} \cdot A_{min} \quad (\text{namesto } - \sigma_{a2})$$