

SODOBNI STROJNIK

junij 2022 | številka 5 | letnik V

magazin
višje strokovne
šole
tehniškega
šolskega
centra
maribor

Statistično
sklepanje v
okolju za delo s
preglednicami

stran 4

MECANUM
električni
voziček MB-
1/2020

stran 13

TPM – nič
zastojev
opreme

stran 30

Primerjava
opisov
postopkov
sintranja

stran 33

tehniški
šolski
center
maribor

tš
moja izbira

SODOBNI STROJNIK, letnik 2022, številka 5
Izdaja: Tehniški šolski center Maribor, VIŠJA STROKOVNA ŠOLA

UDK (UDC): 621
ISSN: 2630-4333

Uredniški odbor: dr. Andrej Podbrežnik, mag. Samo Čretnik, Metka Štraser, Živa Brumec Zadavec
Izjave oziroma trditve avtorjev prispevkov ne odražajo mnenja uredniškega odbora in za njih ne odgovarjamo.
Oblikovanje in prelom strani: TŠC Maribor, Višja strokovna šola
Izvod v digitalni obliki.

Nagovor urednika



Živimo v burnih in dinamičnih časih, ko se poleg nešteti novosti, ki smo jim priče, pojavljajo vedno nove in nove znanstvene vede in discipline, mnoge izmed katerih se med seboj povezujejo, združujejo, mešajo in nastane zmeraj kaj novega, kaj izvirnega in v vsej tej poplavi vedno novih ved in disciplin se pojavi vprašanje, kakšna je vloga strojništva v tej poplavi najrazličnejših ved in disciplin in kakšna bo njegova prihodnost. Ali se bo strojništvo zlilo z drugimi vedami v neko popolnoma novo vedo ali vede, kot je to v primeru mehatronike ali pa bo nemara uspelo ohraniti svojo enovitost in se še naprej uveljaviti kot samostojna veda, ki predstavlja podlago za nastanek in razvoj novih znanstvenih področij?

Najbrž imajo prav tisti, ki trdijo, da je strojništvo tako zelo široko znanstveno področje, da se bo zmeraj znalo prilagoditi novostim in bo zmeraj tvorilo substrat – podlago – za nastanek novih ved, ki pa bodo vse nosile v sebi prvine strojništva, ne bodo pa strojništvo, ker same po sebi ne bodo tako obsežne, marveč ozko specializirane, obenem pa same brez strojniške podlage, iz katere so izrasle, ne bodo mogle obstajati.

Strojništvo je namreč izredno raznolika in obsežna znanstvena veda. Strojništvo je umetnost – umetnost uporabe različnih specialnih tehnik reševanja problemov in njihove uporabe pri načrtovanju in izdelavi predmetov. V bistvu

inženirji strojništva uporabljajo kreativno načrtovanje in analitično znanje, da spremenijo nek koncept v nekaj resničnega. Brez strojništva ne bi imeli stvari, kot so motorji, generatorji, dvigala ali celo klimatske naprave. Čeprav se tega morda niti ne zavedamo, najverjetneje vsak dan uporabljamo nekaj, kar je bilo strojno izdelano.

Strojništvo igra ključno vlogo v proizvodnih tehnologijah, od avtomobilov do letal do hladilnikov. Omogoča vam, da z lahkoto opravljate številne dnevne aktivnosti, saj prinaša koristne tehnologije v našo sodobno družbo. Je ena najpomembnejših podrazdelkov inženiringa, saj brez nje številne tehnologije, ki jih uporabljamo vsak dan, ne bi bile na voljo. Vsa ta raznolikost strojništva in področij njegove uporabe se odraža tudi v prispevkih v tokratni izdaji Sodobnega strojnika, kjer so zajeta mnoga področja strojništva in njegovega razvoja.

Želimo vam obilo užitkov ob prebiranju prispevkov.

dr. Andrej Podbrežnik

Kazalo

Statistično sklepanje v okolju za delo s preglednicami	4
Programiranje industrijskih krmilnikov na daljavo	8
MECANUM električni voziček MB-1/2020 (1. del)	13
MECANUM električni voziček MB-1/2020 (2. del)	18
Ohranjanje avtomobilskih žarometov za zagotovitev večje vidljivosti in varnosti na cesti	24
Statična analize paličja z MKE v programu PTC Creo 7.0	27
TPM – nič zastojev opreme	30
Primerjava opisov postopkov sintranja v učbenikih in priročnikih iz različnih obdobj	33
Josephine Cochrane in njen pomivalni stroj	41
Električno krmiljena dušilna loputa	44
Alternatorji z zunanjo regulacijo polnjenja	49

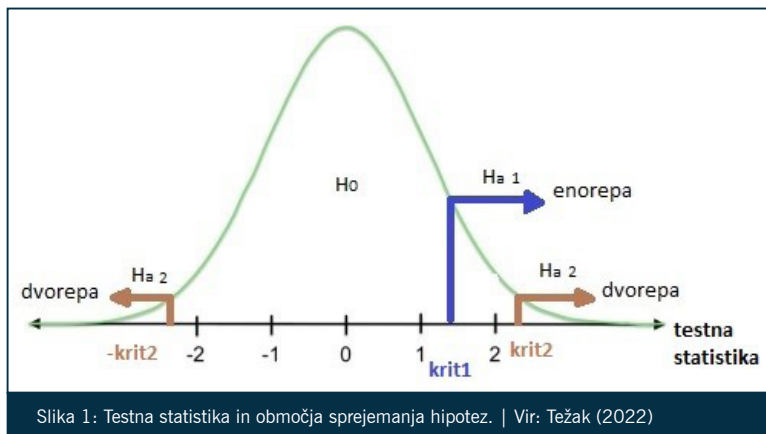
Statistično sklepanje v okolju za delo s preglednicami

V prispevku je obravnavana možnost uporabe splošno dostopnih programskih okolij za delo s preglednicami za postopke statističnega sklepanja. V bistvenih točkah sta prikazana teoretična podstat in najpogostejši postopek reševanja naloge statističnega sklepanja. Izhodišče je predstavljal postopek t-testa. Podan je podroben in celovit zgled t-testa za dva neodvisna vzorca, vključno s komentarji in z opisom uporabljenih funkcij. V zaključku je opozorjeno na pomen in pasti interpretacije rezultatov, s poudarkom na inženirskem delu.

UVOD

V reviji Sodobni strojnik št. 3 smo predstavili možnosti statistične obdelave z metodami opisne statistike v različnih programskih okoljih (Težak, 2019). Drugo pomembno in obsežno področje statističnih obdelav obsegajo metode statističnega sklepanja. Uporaba teh metod doda velikokrat težo inženirskemu delu in pomaga pri sprejemanju inženirskih rešitev. V pričujočem prispevku bomo predstavili korake ene izmed metod statističnega sklepanja, ki nam bo dala odgovor na zastavljeno raziskovalno vprašanje. Ne bomo se poglobili v teoretično ozadje, v ta namen toplo priporočamo uporabo katerega od številnih virov (na primer Sheskin, 2004 ali Zar, 1984).

Pokazati želimo, kako je moč izvesti postopek sklepanja v okoljih za delo s preglednicami, ki so splošno dostopna. Prednosti uporabe takih okolij v inženirski praksi so: njihova splošna dostopnost, uporabniki jih že poznajo in uporabljajo, ni potrebno investirati v novo programsko opremo, praviloma imajo na voljo potrebne funkcije in orodja za statistično analizo, koraki analize, ki jo opravljamo, so jasno razvidni uporabniku in zlahka upravljamo potek reševanja statistične naloge, kar na splošno ne velja pri bolj sofisticiranih orodjih za statistično analizo.



Slika 1: Testna statistika in območja sprejemanja hipotez. | Vir: Težak (2022)

TEORETIČNA PODSTAT

S postopkom testiranja statističnih hipotez želimo potrditi (ali zavrniti) raziskovalno hipotezo. Raziskovalna hipoteza je trditev, za katero želimo ugotoviti, ali jo lahko sprejmemo ali pa jo moramo zavrniti. Pri postopku testiranja potrebujemo začetno hipotezo, imenovano *ničelna hipoteza* (v splošnem opisuje običajno ali pričakovano stanje), ki jo označimo s H_0 , in *alternativno hipotezo* H_a (govori, da smo odkrili nekaj novega, nepričakovanega) in je potemtakem nasprotna H_0 .

Alternativna hipoteza je lahko *enostrianska* ali *dvostranska* glede na to, kako formuliramo razlikovanje – z neenakostjo (\neq) ali z enim od neenačajev ($>$ ali $<$). V začetku skle-

panja predpostavimo, da je ničelna hipoteza pravilna.

S pomočjo parametra, ki ga imenujemo *testna statistika*, skušamo ugotoviti, ali so podatki, ki jih proučujemo, blizu pričakovanim ali ne. Mejo, do katere zaključimo, da podatki kažejo na pričakovano stanje, določa *kritična vrednost testne statistike* in njena velikost je odvisna od tega, koliko smo pripravljeni tvegati pri zavrnitvi ničelne hipoteze, in od števila podatkov, ki jih imamo na voljo pri raziskavi. *Tveganje* običajno označimo z α in ga izrazimo v deležu. Tipično so vrednosti $\alpha = 5\%$, 1% ali $0,1\%$. V kolikor izračunana testna statistika presega mejno vrednost smemo zaključiti, da zavračamo hipotezo H_0 in sprejmemo

alternativno hipotezo H_a . Povejmo še, da so praviloma lahko vrednosti testnih statistik v primeru dvostranske hipoteze H_a pozitivne ali negativne in je zato kritična vrednost testne statistike lahko tudi negativna in hipotezo H_0 obdržimo, če vrednost testne statistike leži v intervalu, ki ga omejujeta negativna in pozitivna vrednost kritične vrednosti testne statistike. V primeru enostranske alternativne hipoteze H_a je kritična vrednost zgolj pozitivna. Govorimo o *enorepem testiranju*.

Za lažje razumevanje si pomagajmo s sliko 1, na kateri je predstavljena gostota porazdelitve testne statistike ter kritične vrednosti testne statistike za enostransko (modra, krit1) in dvostransko (rjava, krit2) hipotezo H_a . Hipotezo H_0 obdržimo povsod, razen v označenih območjih, kjer jo zavrnemo. Tam lahko sprejmemo hipotezo H_a , in sicer s tveganjem α . Kot vidimo na sliki 1 se razdeli območje površine α v primeru *dvo-repega testiranja* (rjava) na dve območji s površino $\alpha/2$.

Na koncu jasno zapišemo statistični in vsebinski sklep, ki sledita iz našega testiranja. *Statistični sklep* odgovori, ali so proučevani podatki statistično značilni ali ne. V primeru, da ničelno hipotezo obdržimo, govorimo o tem, da rezultati niso statistično značilni. V kolikor ničelno hipotezo zavrnemo v korist alternativne hipoteze, so rezultati statistično značilni.

Vsebinski sklep odgovori, ali hipotezo H_0 obdržimo ali jo zavrnemo v korist alternativne hipoteze H_a , pri tem pa moramo navesti še stopnjo tveganja α . V primeru statistično neznačilnih rezultatov bi se vsebinski sklep glasil, da proučevani podatki ne nasprotujejo ničelni hipo-

tezi. V primeru statistično značilnih rezultatov vsebinski sklep pove, da pri stopnji značilnosti α trdimo, da je alternativna (raziskovalna) hipoteza pravilna. Verjetnost, da je naše sklepanje napačno, je torej manjše od α , kar je tradicionalna statistična dikcija, s sodobnimi metodami in pripomočki pa lahko to verjetnost tudi izračunamo in jo označimo s p . Za zavrnitev hipoteze H_0 mora torej veljati: $p \leq \alpha$.

William Sealy Gosset je leta 1908 predlagal testno statistiko, ki jo imenujemo t-statistika, in je definirana z enačbo:

$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$$

Pomen oznak: t = testna statistika, \bar{x} = aritmetična srednja vrednost vrednosti spremenljivke iz vzorca, μ = aritmetična srednja vrednost spremenljivke v populaciji, s = standardni odklon vrednosti spremenljivke iz vzorca, n = število vrednosti v vzorcu.

Predpostavka je, da so vrednosti slučajne spremenljivke porazdeljene normalno z aritmetično srednjo vrednostjo μ in s standardnim odklonom σ . Zapišemo $N(\mu, \sigma)$. V tem primeru je testna statistika t vzorca, ki je velikosti n , porazdeljena po Studentovi, Gosset je svoj članek objavil pod psevdonimom Student (Student, 1908), porazdelitvi s stopnjo prostosti $SP = n - 1$.

Aritmetična srednja vrednost je najpogosteje uporabljan statistični parameter statističnih spremenljivk in najpogosteje testiramo hipoteze, ki analizirajo aritmetično srednjo vrednost. Zato smo kot primer statističnega sklepanja uporabili t-test. Znanja željan bralec bo poiskal podrobno razlago v primernih virih

(npr. Zar, 1984). Za potrebe tega prispevka bo zadoščala sledeča razlaga.

S t-testom testiramo ničelno hipotezo H_0 , ki trdi, da ni razlike med aritmetičnima sredinama vrednosti proučevane veličine. Razlikujemo več vrst t-testov. Predpostavimo, da sta vzorca zajeta iz populacij z normalno porazdelitvijo na naključen in neodvisen način. V tem primeru govorimo o t-testu aritmetičnih srednjih vrednosti *dveh neodvisnih vzorcev*.

Vzorca lahko prihajata od populacij z *enako variabilnostjo* ali *različno variabilnostjo* - varianco. Kadar primerjamo vrednost aritmetične srednje vrednosti z vnaprej določeno vrednostjo μ_0 , tak test imenujemo t-test *enega vzorca*. O t-testu *odvisnih vzorcev* govorimo, kadar primerjamo parne vrednosti.

Brez izpeljave navedimo testne statistike za različne primere t-testov.

Test enega vzorca:

$$H_0: \mu = \mu_0$$

$$H_a: \mu \neq \mu_0$$

lahko tudi $H_a: \mu < \mu_0$ ali $H_a: \mu > \mu_0$
Pri čemer je μ_0 predpostavljena aritmetična srednja vrednost. Stopnja prostosti $SP = n - 1$.

Testna statistika je določena z

$$t = \frac{\bar{x} - \mu_0}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$$

Test dveh neodvisnih vzorcev:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

$$H_a: \mu_1 \neq \mu_2$$

lahko tudi $H_a: \mu_1 < \mu_2$ ali $H_a: \mu_1 > \mu_2$
Pri čemer sta n_1 in n_2 velikosti vzorcev, s_1 in s_2 pa standardna odklona vrednosti v vzorcih. Stopnja prostosti $SP = n_1 + n_2 - 2$.

Testna statistika je v primeru *različnih vzorčnih varianc* določena z enačbo

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}}$$

V primeru *enakih vzorčnih varianc* pa z enačbo

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{s^2 \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}}$$

Test dveh odvisnih vzorcev:

$H_0: \mu_1 = \mu_2$

$H_a: \mu_1 \neq \mu_2$

lahko tudi $H_a: \mu_1 < \mu_2$ ali $H_a: \mu_1 > \mu_2$

Pri čemer je n velikost vzorca, s_1 in s_2 pa standardna odklona vrednosti v vzorcih. Stopnja prostosti $SP = n - 1$.

Testna statistika je določena s

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n} + \frac{s_2^2}{n}}}$$

Primer statističnega sklepanja

Raziskovalno vprašanje:

Kot zgled za uporabo statističnega sklepanja si zastavimo raziskovalno vprašanje, ali se statistično pomembno razlikujejo dosežki dveh skupin študentov pri izpitih iz informacijsko komunikacijskih tehnologij (IKT).

Proučevani populaciji sestavljajo študenti različnih študijskih smeri. Statistična spremenljivka je število točk, ki jih študent zbere pri pismem izpitu. Vrednosti statističnih spremenljivk so zbrane na presečni datum (10. 7. 2020). Spremenljivko bomo obravnavali kot številčno in (psevdo) zvezno. Njena vrednost leži na intervalu od 0 do 100.

Raziskovalna hipoteza:

V primeru uporabe metod statističnega sklepanja je praviloma prvi korak metodološko jasna formulacija raziskovalnih hipotez. Ničelne hipoteze H_0 in alternativne ali raziskovalne hipoteze H_a . V našem primeru postavimo sledeči hipotezi:

$H_0: \mu_1 = \mu_2$

$H_a: \mu_1 \neq \mu_2$

Odločimo se, da bomo pri statističnem sklepanju sprejeli tveganje $\alpha \leq 5\%$.

Ničelna hipoteza H_0 govori, da ni razlik med skupinama študentov. To je hipoteza, ki opisuje običajno, pričakovano situacijo in jo bomo skušali ovreči. Pri tem bomo uporabili testno statistiko, ki nam jo sugerira teorija. Preverili bomo, ali leži vrednost testne statistike znotraj običajnega, pričakovanega območja - v tem primeru bomo ohranili ničelno hipotezo.

Meja območja je odvisna od stopnje tveganja, ki smo ga še pripravljeni sprejeti za napako, ko bi zavrnili ničelno hipotezo, čeprav bi bila pravilna. V kolikor se bo izkazalo, da leži vrednost testne statistike izven pričakovanega območja, bomo sprejeli alternativno hipotezo, ki jo viri poimenujejo tudi raziskovalna hipoteza.

Alternativna hipoteza H_a predpostavlja, da obstajajo statistično pomembne razlike med skupinama študentov.

Opis vzorca:

Skupino 1 sestavljajo študenti prvega študijskega programa, $n_1 = 112$. Skupino 2 sestavljajo študenti drugega študijskega programa, $n_2 = 34$.

	skupina 1	skupina 2
Mean	63,88	71,62
Standard Error	1,75	3,13
Median	61,00	71,50
Mode	51,00	61,00
Standard Deviation	18,49	18,23
Sample Variance	341,79	332,18
Kurtosis	-0,36	0,19
Skewness	0,10	-0,46
Range	85,00	78,00
Minimum	15,00	22,00
Maximum	100,00	100,00
Sum	7154,00	2435,00
Count	112,00	34,00

Slika 2: Parametri opisne statistike obeh skupin. | Vir: Težak (2022)

Uporabili smo ocene generacij od 2017 do 2020 na dan 10. 7. 2020. Opisna statistika nam pokaže stanje, ki ga vidimo na sliki 2.

Privzamemo, da so rezultati skupin študentov pri izpitih iz IKT porazdeljeni po normalni porazdelitvi. Variance za populaciji študentov ne poznamo. Zato uporaba Z - statistike ne bi bila ustrezna. Vrednost variance bomo ocenili iz vzorcev. Brez dodatnih teoretičnih podkrepitev izvedimo predhodni korak našega zgleda statistične analize. Skladno s teoretičnimi spoznanji najprej ugotovimo, ali imata skupini enako ali različno varianco. Rezultati opravljenega F testa so prikazani na sliki 3.

Vidimo, da imamo sicer različni vrednosti variance, vendar se sta

	Skupina 1	Skupina 2
Mean	63,88	71,62
Variance	341,79	332,18
Observations	112	34
df	111	33
F	1,0289	
P(F<=f) one-tail	0,4800	
F Critical one-tail	1,6496	

Slika 3: F-test variance za dva vzorca. Težak (2022)

VIRI:

(1) Apache OpenOffice. (2020). Pridobljeno s <http://www.openoffice.org/>

(2) LibreOffice. (2020). Pridobljeno s <https://www.libreoffice.org/>

(3) Microsoft. (2020). Pridobljeno s <https://support.office.com/en-us/excel>

(4) Sheskin, D. J. (2004). Parametric and non-parametric statistical procedures. 3rd ed. Chapman & Hall /CRC.

tistično pomembno ne razlikujeta ($F < F_{krit}$). Zato za analizo hipotez izberemo t – test za dva neodvisna vzorca z enakima variancama.

Rezultati statistične analize:

Z uporabo statistične funkcije T.TEST(matrika1,matrika2,rep,vrsta), ki vrne verjetnost tveganja (p) ob zavrnitvi H_0 [pri čemer je vrsta testa lahko 1 = dva odvisna vzorca, 2 = dva neodvisna vzorca, enaka varianca, ali 3 = dva neodvisna vzorca, neenaki varianci], lahko opravimo t-test za naš primer do stopnje, ko lahko primerjamo izračunano vrednost p ($p = 0,034$) z izbrano največjo sprejemljivo vrednostjo tveganja $\alpha = 0.05$. Očitno je $p < \alpha$ in sme mo hipotezo H_0 zavrniti.

Pri sklepanju smo uporabili funkcijo, ki jo srečamo v vseh običajnih okoljih za delo s preglednicami (Apache OpenOffice, 2020, LibreOffice, 2020 in Microsoft, 2020). Starejše ime funkcije je bilo TTEST().

Do enakega rezultata za p pridemo z uporabo funkcije T.DIST.2T(t_{izrac} ; SP), ki vrne stopnjo tveganja p ob zavrnitvi H_0 pri izračunani vrednosti testne statistike t ob podani stopnji prostosti.

	Skupina 1	Skupina 2
Mean	63,875	71,61765
Variance	341,786036	332,1827
Observations	112	34
Pooled Variance	339,5852737	
Hypothesized Mean	0	
df	144	
t Stat	-2,14578933	
P(T<=t) one-tail	0,016783124	
t Critical one-tail	1,655504177	
P(T<=t) two-tail	0,033566249	
t Critical two-tail	1,976575066	

Slika 4: Rezultat t-testa za primer dveh neodvisnih vzorcev z enako varianco. Vir: Težak (2022)

V okolju MS Excel pa lahko uporabimo tudi vgrajeno orodje za analizo podatkov in rezultat vidimo na sliki 4.

Ugotovimo, da testna statistika t ($t = -2,146$) leži izven območja, ki ga omejuje $t_{krit} = 1,977$ za dvorepo testiranje, zato lahko hipotezo H_0 zavrnemo s tveganjem manjšim kot $\alpha = 0.05$.

Kritične vrednosti za t lahko odčitamo tudi iz ustreznih statističnih tabel ali izračunamo s pomočjo funkcije T.INV.2T(α ; SP), ki vrne t_{krit} za stopnjo tveganja α pri stopnji prostosti SP.

Statistični sklep:

Rezultati so statistično značilni. Ničelno hipotezo H_0 zavrnemo v korist alternativne hipoteze H_a .

Vsebinski sklep:

Zadnji korak analize je statistični vsebinski sklep. Zapišemo ga tako, da ima standardno strukturo in je jasen ter razumljiv bralcu tudi brez izvedbe ali pregleda celotne statistične analize.

Pri stopnji značilnosti $\alpha = 0.05$ trdimo, da obstaja statistično pomembna razlika med skupinama študentov.

Naš vsebinski sklep pove, da smo sprejeli raziskovalno ali alternativno hipotezo H_a , ki predpostavlja razliko aritmetične srednje vrednosti rezultatov izpitov dveh opazovanih skupin študentov, in verjetnost, da smo se pri tem zmotili, je manj kot 5%.

ZAKLJUČEK

Z uporabo funkcij, ki so na voljo v najpogostejših okoljih za delo s preglednicami, smo opravili postopek statističnega sklepanja. Za zgled

smo uporabili t-test dveh neodvisnih vzorcev z enako varianco. Podobno bi tekla tudi večina drugih statičnih sklepanj. Poleg tega, da so opisana orodja za statistično analizo na voljo v praktično vseh običajnih okoljih za delo s preglednicami, je pomembno tudi to, da lahko aktivno spremljamo potek reševanja naloge in ga po potrebi tudi ustrezno usmerjamo. Uporaba orodja za statistično analizo pospeši delo, hkrati pa od nas zahteva učinkovito poznavanje teorije, da lahko izluščimo iskano informacijo. Še bolj je to izraženo pri uporabi namenskih okolij za statistično analizo, kot je na primer SPSS (SPSS, 2020).

Opravljena analiza s statističnim sklepanjem je zgolj korak v razumevanju problema in kvantitativni analizi stanja. Praviloma vsebinski sklep potrebuje še ekspertno razlago. Zato je vloga inženirja nepogrešljiva in statistična analiza je zgolj eno izmed orodij, ki ga moramo razumeti in znati uporabiti pri svojem delu.

V obravnavanem zgledu ugotovitev, da obstajajo razlike v aritmetičnih srednjih vrednostih doseženih točk študentov različnih študijskih programov, kar je statistično dokazano dejstvo, ne pove, zakaj so se razlike pojavile – ali je res različna raven znanja ali predznanja (iz tega ali onega razloga), ali so testi znanja enakovredni in podobno. Zato je potrebno biti pri interpretaciji rezultatov statistične analize objektivni, zelo jasen in ostati v okviru stroke.

dr. Težak Oto,
uni. dipl. ing.
predavatelj
Višje strokovne šole
Tehniškega šolskega
centra Maribor

(5)
SPSS. (2020). Pridobljeno s <https://www.ibm.com/analytics/spss-statistics-software>

(6)
Student. (1908). The probable error of a mean. *Biometrika*. 6 (1): 1–25. March 1908.

(7)
Težak, O. (2019). Opisna statistika v okolju za delo s preglednicami. *Sodobni strojniki*. Letn. 3, št. 3 (feb. 2019), str. 14–16.

(8)
Zar, J. H. (1984). *Bio-statistical Analysis*. 3rd ed. Prentice-Hall.

Programiranje industrijskih krmilnikov na daljavo

Na TŠC Maribor smo vzpostavili inovativno učno okolje, ki omogoča našim dijakom dostop do oddaljenega laboratorija z licenčno programsko opremo TIA Portal. Namenjeno je programiranju SIEMENS industrijskih krmilnikov. Dijaki si na osnovi razpoložljivih terminov sami prilagodijo urnik dela. Vsak dijak lahko dostopa v oddaljeni laboratorij od doma in dela individualno na svojem zastavljenem projektu. Z medpredmetnim povezovanjem smo zajeli učne cilje treh strokovnih predmetov SSI programa tehnik mehatronike. Vključili smo Industrijska omrežja in industrijski protokol PROFINET, Industrijske krmilnike SIEMENS S7-1200 in Regulacije, kjer so izvedli regulacijo hitrosti transportnega traku. Z uporabo zaslonov na dotik je bila dijakom omogočena vizualizacija procesov.

UVOD

Oddaljen dostop do industrijskih krmilnikov (programirljivi logični krmilniki – PLK) v industrijskem okolju je eden izmed temeljev konkurenčnosti programerjev PLK na globalnem trgu. Dijaki Tehniškega šolskega centra Maribor (TŠC Maribor) v programu tehnik mehatronike imajo vzpostavljen oddaljen dostop do naprav, ki v dobi sodobnih komunikacijskih orodij pogojujejo učinkovito delovanje v industriji.

Vzdrževanje industrijske avtomatizacije na daljavo zajema diagnostiko in programiranje PLK, zaslonov na dotik (Human-Machine Interface – HMI) in ostalih pametnih naprav. Dijakom omogočamo diagnostiko in programiranje PLK ter povezavo realnega industrijskega krmilnika z virtualnim industrijskim okoljem s pomočjo programa Factory IO.

Dijaki lahko dostopajo v oddaljeni laboratorij A015 od koderkoli, potrebna je le povezava z internetom. Na osnovi dostopa od točke do točke se lahko vsak dijak poveže v oddaljeni laboratorij A015 in programira PLK SIEMENS S7-1200. Slika 1 prikazuje strukturo oddaljenega laboratorija A015.



Oddaljeni dostop in učno okolje

Osnova za uspešno izvedbo ideje oddaljenega dostopa v laboratorij je bila vzpostavitev povezave. Glavna cilja pri realizaciji ideje sta bila enostavnost povezave in uporabe ter zanesljivo delovanje. Povezavo si lahko dijaki namestijo hitro in enostavno ter po možnosti brez uporabe pomoči IT strokovnjaka. Za izbiro tehnologije povezave, ki bi zagotovila zastavljene cilje, smo razmišljali o različnih načinih povezav, osredotočili pa smo se na:

1. Oddaljeno namizje sistema Windows (PC)
2. TeamViewer
3. AnyDesk.

Pri prvi možnosti smo ugotovili, da bomo morali izvesti nastavitve v lokalnem šolskem omrežju. Tudi na

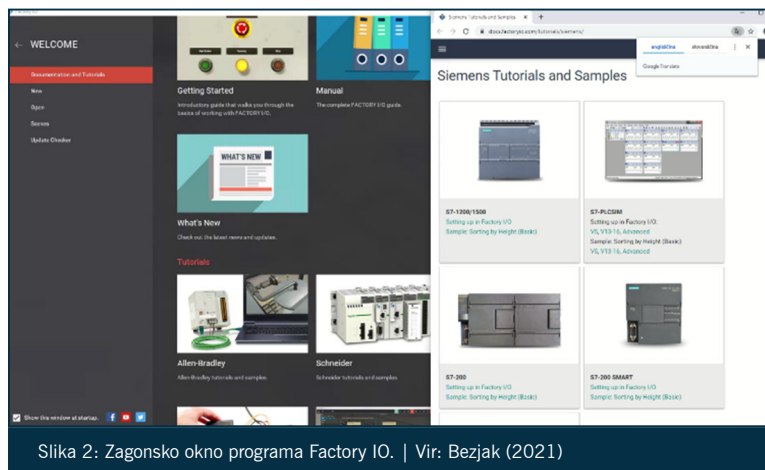
strani dijakov bi verjetno prišlo do težav pri vzpostavljanju povezave. Druga izbira je bilo orodje TeamViewer. Tukaj smo naleteli na težavo, saj je programski paket plačljiv na obeh straneh povezave. V začetku je sicer omogočena brezplačna uporaba, vendar je po določenem številu vzpostavljenih povezav potrebno preiti na plačljivo verzijo.

Prišli smo do zaključka, da lahko dijaki najenostavneje dostopajo s pomočjo programa AnyDesk. Za domačo uporabo je za dijake program brezplačen in za naše potrebe več kot zadovoljiv. Na šolskem računalniku je potrebno naložiti plačljivo verzijo. Najosnovnejši plačljivi paket na šolskem računalniku zadovolji naše potrebe za delo. Ob osnovni povezavi na daljavo omogoča še

kopiranje datotek iz oddaljenega računalnika in obratno s pomočjo kopiraj/prilepi. Na osnovi izkušenj dvomesečne uporabe programskega paketa lahko potrdimo, da je bila izbira odlična, saj nam povezava ni povzročala nevšečnosti. Dijaki niso imeli težav z namestitvijo, saj je na spletni strani <https://anydesk.com/en> potrebno samo izbrati brezplačno različico za osebno uporabo in prenese se izvršljiva datoteka. Ob dvokliku na preneseno datoteko „AnyDesk.exe“ se odpre okno, kjer je potrebno vpisati naslov naprave, s katero se želite povezati (naslov pod Remote Desk) in nato še geslo. V našem primeru so dijaki dobili za dostop do oddaljenega laboratorija A015 geslo, ki se ne spreminja. Ob ponovnem zagonu računalnika se program samodejno zažene in povezano lahko ponovno vzpostavimo. Ta možnost je dobrodošla, saj imamo na računalniku vklopljene avtomatske posodobitve WIN OS. Ponovni zagon je bil občasno potreben tudi zaradi vzpostavitve povezave s PLK.

NAVODILA ZA DELO

Za delo v oddaljenem laboratoriju uporabljamo licenčno programsko orodje TIA portal V15 in Factory IO. Na računalnik je povezan industrijski krmilnik SIEMENS SIMATIC S7-1200, 1214C AC/DC/Rly, za vizualizacijo industrijskega okolja pa uporabljamo Factory IO. To programsko okolje izredno realistično prikaže industrijsko okolje. Nahaja se na spletni strani <https://factoryio.com/>. V programskem paketu so v knjižnici na razpolago industrijske komponente: različni transportni trakovi, CNC, robot, dvigala, palete, škatle, obdelovanci, senzorji, izvršilni elementi, sistem prepoznavanja objektov s pomočjo kamere, stikala, prikazovalniki, tipke, potenciometri, elektro omara ...



Slika 2: Zagonsko okno programa Factory IO. | Vir: Bežjak (2021)

Ob zagonu programa Factory IO se odpre okno, ki je prikazano na sliki 2.

PLK SIEMENS S7-1200 je potrebno povezati s programsko opremo Factory IO. S pomočjo vodiča, ki se nahaja na spletni povezavi, so prikazani koraki, kako pripravimo projekt v TIA portalu in kako povežemo PLK s Factory IO. Potrebno je nastaviti IP naslov v PLK (priporočen IP naslov je 192.168.1.23) in prestaviti naslovo vhodov.

Pri povezavi PLK smo se odločili, da uporabimo vgrajeno mrežno kartico in da PLK priklopimo preko omrežnega stikala (Siemens Switch) neposredno na računalnik. Na tak način smo v laboratoriju imeli povezan PLK že prej, zato smo tudi pri tem načinu dostopa izbrali enako povezavo, potrebno pa je bilo računalnik povezati še na internet.

Zaradi zanesljivosti povezave smo se odločili, da ne bomo uporabili brezžične povezave, ampak bomo povezali računalnik na omrežje preko USB/LAN vmesnika. Takšen način povezave smo uporabili, da ne bi prišlo do spora na omrežju, če bi

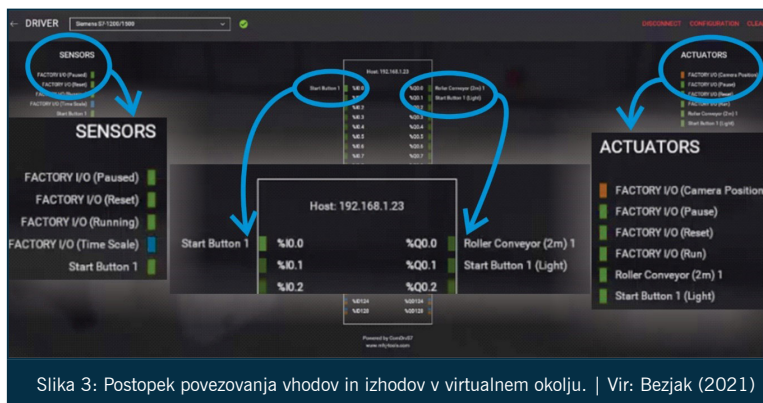
kateri dijak nastavljal napačen IP naslov, ki bi že bil dodeljen v omrežju.

Programsko okolje Factory IO je potrebno povezati s PLK ter izbrati pravo omrežno povezavo in pravi IP naslov. Če smo to pravilno nastavili, lahko povežemo virtualno okolje na PLK.

Sledi priprava scene, ki predstavlja proces, ki ga avtomatiziramo. Za vsako dodano komponento se v zavihku DRIVER pojavijo nove vhodne in izhodne spremenljivke, ki jih prenesemo na željene vhode oz. izhode PLK. Željene vhodne in izhodne spremenljivke povežemo z vhodi ali izhodi PLK. To naredimo tako, da spremenljivko z miško povlečemo iz nabora in jo, ko se pojavi senčeno mesto, spustimo ob željenem vhodu ali izhodu PLK. Postopek je prikazan na sliki 3.

V TIA portalu pripravimo željen program, ki ima priklopljene spremenljivke (vhodne in izhodne) na enake priključke (I0.0 do I0.7... in Q0.0 do Q0.7...). Program prevedemo, naložimo na PLK in v programu Factory IO zaženemo pripravljeno sceno ter testiramo delovanje.

mag. Marjan Bežjak,
uni. dipl. ing. ele.
predavatelj
Višje strokovne šole
Tehniškega šolskega
centra Maribor



Slika 3: Postopek povezovanja vhodov in izhodov v virtualnem okolju. | Vir: Bezjak (2021)

Organizacija razpoložljivih terminov

Pred pričetkom dela na daljavo je bilo potrebno zapisati pravila, ki jih morajo dijaki obvezno upoštevati. Ključno pravilo je bilo, da noben dijak ne sme ugasniti šolskega računalnika, saj bi s tem onemogočil možnost nadaljnje vzpostavitve na daljavo in bi bilo potrebno v učilnici ponovno fizično vklopiti računalnik. V Windows OS je možno nastaviti, da ni možnosti izklopa računalnika, vendar smo dijakom zaupali in s tem ni bilo težav.

Sledila je organizacija urnika dela. Na TŠC Maribor smo se za delo na daljavo v času COVID-19 odločili, da uporabljamo programsko okolje Microsoft Teams. V ekipi razreda smo pripravili Excel tabelo za urnik in vsak dijak se je vpisal ob uri, ki mu je ustrezala. To datoteko smo naložili med datoteke v področje, kjer jo lahko ureja vsak dijak. To pomeni, da se lahko vsak dijak sam vpiše v željeni termin, če je prost. Tukaj bi lahko prišlo do težave, vendar smo jim pojasnili, da se vsak zapis dokumentira v kronologiji dokumenta in da lahko pogledamo za nazaj, kaj je kdo spreminjal, zato ni bilo težav. V času dela od doma v šolskem letu 2020/2021 smo izvajali 3 vaje v oddaljenem laboratoriju. Pri prvi vaji

smo se dogovorili za pravilo, da lahko vsak dijak rezervira termin vsak dan po eno uro, pri drugi vaji so dijaki izrazili željo, da bi uporabljali dvourne termine vsak drugi dan, pri tretji vaji pa smo določili, da so lahko rezervirali termin vsak tretji dan v popoldanskem času po dve uri, v dopoldanskem času pa so lahko izbrali termine pogosteje.

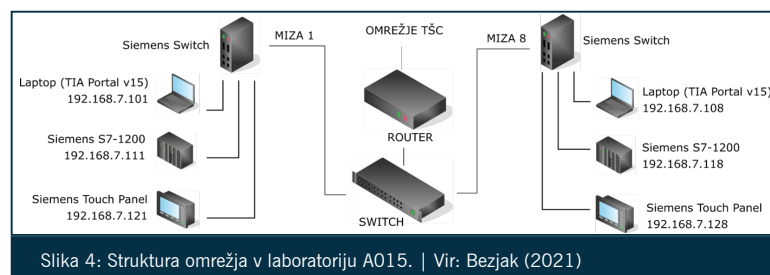
Računalnik je za delo na razpolago 24/7, dijakov pa je v razredu 29. Tako ima na razpolago vsak dijak v 14 dneh skoraj 10 ur, kar pa je bistveno več, kot v času pouka v šoli. V šoli imajo dijaki na urniku vaje pri predmetu Industrijski krmilniki vsak drugi teden 2 šolski uri. V laboratoriju imamo na razpolago 8 delovnih mest, kar pomeni, da na vsakem delovnem mestu delajo dijaki v paru. Torej, v laboratoriju je vsakih 14 dni dijak 2 uri v paru s sošolcem, v oddaljenem laboratoriju pa ima vsak

posameznik na razpolago skoraj 10 ur, kar je teoretično 10 krat več. Če izvajamo nočne ure in ure, ko so imeli dijaki predavanje na daljavo, lahko zagotovo trdimo, da ima vsak posameznik vsaj 5 krat več razpoložljivih terminov, kot v času pouka v razredu. To smo zagotovili z enim računalnikom in enim kompletno strojne opreme.

MEDPREDMETNO POVEZOVANJE

Pri delu v oddaljenem laboratoriju smo neposredno povezovali vsebine treh predmetov. Programiranje PLC izvajamo pri predmetu Industrijski krmilniki (INK). Osnovna znanja za delo z licenčno programsko opremo TIA portal smo obdelali pri teoretičnem delu predmeta in laboratorijskih vajah, ki so jih dijaki izvajali v laboratoriju v fizični obliki. Spoznali so osnove dela v programskem okolju ter potek prenosa programa na PLC. Za uspešno delo s PROFINET industrijskim omrežjem smo vključili predmet Industrijska omrežja (INO). Že pri delu v laboratoriju smo spoznali fizično strukturo omrežja in potrebo po nastavitvah IP števil. Na sliki 4 je vidna struktura omrežja v laboratoriju A015. Na sliki sta prikazani dve delovni mesti od osmih.

Na osnovi strukture omrežja v laboratoriju A015 smo postavili identično situacijo v oddaljenem laboratoriju A015. Izbrali smo eno izmed delovnih mest. Dijaki so posledično morali uporabiti nastavitve iz izbra-



Slika 4: Struktura omrežja v laboratoriju A015. | Vir: Bezjak (2021)

nega delovnega mesta, da so lahko povezali PLK na prenosni računalnik ter naložili program.

Pri prvi vaji so dijaki povezovali PLK in virtualno okolje Factory IO, ki je nameščeno na prenosnem računalniku. Za povezavo virtualnega okolja s fizičnim PLK so morali prav tako upoštevati nastavitve PROFINET omrežja. Pri drugi vaji smo vključili zaslon na dotik (HMI). V programski rešitvi semaforiziranega križišča so imeli za nalogo vizualizacijo v skladu z navodili (Slika 5).

Pri tretji vaji v oddaljenem laboratoriju A015 so dijaki opravljali vajo pri predmetu Regulacije (REG), kjer so regulirali hitrost zagona in pojemanja transportnega traku. Cilj je bil, da v virtualnem okolju Factory IO pripravijo transportni trak in na začetku naložijo vsaj tri kartone enega nad drugim (ali več), ki se pri zagonu in ustavljanju ne podrejo. Tukaj so prav tako uporabljali znanja iz predmeta INK in INO, saj so regulirali industrijski proces, ki so ga programirali s PLK in vse to izvajali v oddaljenem laboratoriju TŠC Maribor.

UČNI REZULTATI

Dijaki so uspeli izdelati obsežne avtomatizirane projekte (Slika 6). Oddaljeni laboratorij so izjemno dobro sprejeli. Pred pričetkom dela na daljavo smo z dijaki v laboratoriju programirali le osnovne funkcije, po dveh mesecih dela na daljavo pa so nastali fantastični projekti. Dijaki so izjemno presenetili, saj je bilo pri prvi vaji 97% pozitivnih ocen in dosežena povprečna ocena 3,9.

Tudi odzivi dijakov na osnovi zapisane refleksije so bili izjemno pozitivni. Iz tega razloga smo se po prvi vaji odločil, da bomo nadaljevali na tak način z drugo vajo in pri predmetu Regulacije tudi s tretjo vajo. Pričeli smo delati z analognimi signali, ki nam omogočajo krmiljenje transportnega traku z zveznim pospeševanjem in pojemanjem.

OB REFLEKSIJI DIJAKOV:

„... s takšnim delom, s programi, s katerimi smo delali in profesorjevimi nalogami, smo se seznanjali z delom, ki je velik približek temu, kar bomo delali v tem poklicu ...“, „... Imam občutek, da se bomo s takšnim načinom dela naučili veliko

več, kot bi se pri vajah v šoli ...“, „... To je bila ena izmed prvih izkušenj, ki je malo bolj pozitivno vplivala name v tem času ...“, „...“

Definitivno nam takšen način dela ponuja veliko uporabnega znanja ter nam omogoča najboljše možnosti za praktično delo, ki se ga lahko izvede na daljavo ...“

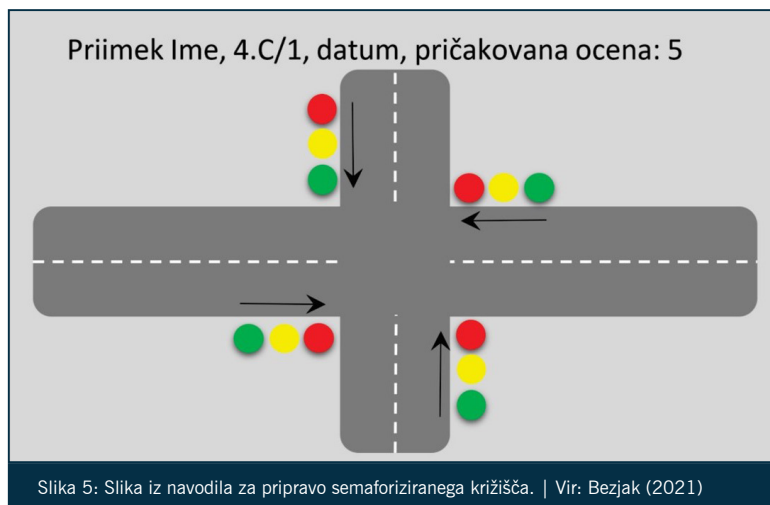
Prepričani smo, da je bila odločitev za vzpostavitev oddaljenega laboratorija A015 pravilna in da trud ni bil zaman.

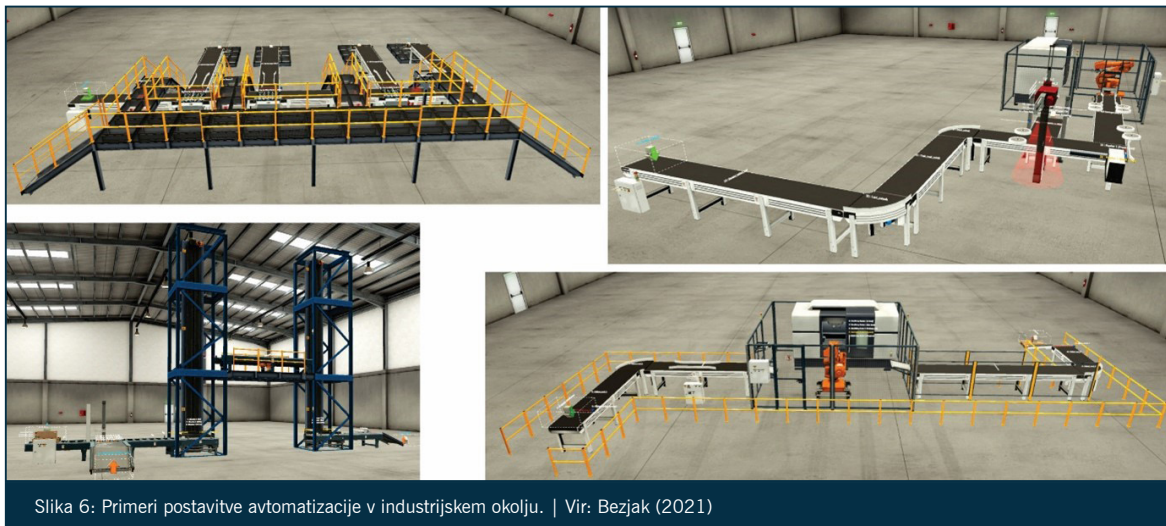
Na sliki 6 so prikazani štirje primeri postavitve avtomatizacije v industrijskem okolju, ki so jih izdelali dijaki.

Pri drugi vaji so morali dijaki narediti semaforizirano križišče in ga vizualizirati na zaslonu HMI. Po končani vaji so oddali PDF datoteko programske rešitve v TIA Portalu, posnetek zaslonske slike vizualizacije HMI, posnetek zaslona HMI po prenosu programa in še video posnetek delovanja izdelane rešitve. Vse datoteke so oddali med domače naloge v Teams okolju. Za posnetek zaslona HMI in video posnetek delovanja semaforja smo uporabili vgrajeno kamero v prenosnem računalniku. Prenosni računalnik smo postavili pred HMI, da smo lahko zajemali fotografije in video. Uporabili smo WIN aplikacijo Kamera.

Dijakom smo prikazali postopek zajemanja fotografije in video posnetkov ter lokacijo, kamor se zapisujejo posnete datoteke. Zajete posnetke so uspešno izdelali, prenesli na svoj računalnik in jih oddali na zahtevano mesto za oddajo domačih nalog v Teams okolju. Slika 7 prikazuje na levi strani oddano zaslonsko sliko vizualizacije HMI, na desni strani pa posnetek zaslona HMI.

mag. Marjan Bezjak,
uni. dipl. ing. ele.
predavatelj
Višje strokovne šole
Tehniškega šolskega
centra Maribor





Slika 6: Primeri postavitev avtomatizacije v industrijskem okolju. | Vir: Bezjak (2021)

Na osnovi vnaprej določenih kriterijev ocenjevanja:

- zd (2): utripa poljubna lučka enega semaforja,
- db (3): semafor deluje, vendar ne v celoti,
- pdb (4): izdelan delujoč semafor v skladu z zahtevami, ki so podane v tabeli zaporedja vklopov semaforja (brez utripanja zelene luči),
- odl (5): izdelano delujoče semaforizirano križišče 4 cest s 4 semaforji (vizualizacija), ki vključujejo utripajočo zeleno luč,

so bili dijaki prav tako v večini uspešni. Pozitivno je bilo ocenjenih 93% dijakov. Dosežena je bila povprečna ocena 3,4. Pri tej vaji se je poznal upad zainteresiranosti dijakov, saj je bila prva vaja izvedena v prvih dveh mesecih dela od doma, druga pa v tretjem in četrtem mesecu.

ZAKLJUČEK

Na osnovi analize rezultatov pisnega dela poklicne mature (POM) smo prišli do zaključkov, da so bili dijaki letošnje generacije bistveno

uspešnejši na obravnavanem področju kot dijaki lanske generacije. Primerjava zadnjih dveh generacij je pokazala, da so bili dijaki v letošnji generaciji v času pouka manj uspešni od lanske, saj so imeli zaključni uspeh v 4. letniku nižji za 5,5%, pri povprečni oceni večine strokovnih predmetov v vseh 4 letnikih izobraževanja pa so zaostajali za 7,2% glede na lansko generacijo. Ob vseh zapisanih dejstvih so bili na pisnem delu 2. izpitne enote POM dijaki letošnje generacije na področju INK uspešnejši, saj so naloge uspešneje rešili za 9,57%. Če združimo podatka o uspehu v času šolanja in uspešno rešenih nalog na POM, lahko

govorimo o približno 16% boljšem rezultatu. Delno je verjetno k temu prispevalo tudi inovativno učno okolje, ki smo ga implementirali z oddaljenim laboratorijem A015.

Na osnovi dejstev izvedene evalvacije smo se odločili, da bo oddaljen laboratorij A015 ostal vzpostavljen tudi v času izobraževanja v šoli, saj s takšnim inovativnim pristopom dijaki pridobijo znanja in izkušnje pri delu na daljavo v realnih industrijskih situacijah. S temi znanji in povezovanji vsebin več predmetov so dijaki bistveno uspešnejši na strokovnem področju in posledično tudi na poklicni maturi.



Slika 7: Zaslonska slika vizualizacije in posnetek zaslona HMI. | Vir: Bezjak (2021)

VIRI:

(1)
AnyDesk Software GmbH. Remote Desktop Software. (2021). Pridobljeno s <https://anydesk.com/en>

(2)
Real Games. Next-Gen PLC Training, 3D Factory Simulation. (2021). Pridobljeno s <https://factoryio.com/>

MECANUM električni voziček

MB-1/2020 (I. del)

mag. Marjan Bezjak,
uni. dipl. ing. ele.
predavatelj
Višje strokovne šole
Tehniškega šolskega
centra Maribor

Prototipni razvojni model električnega vozička MECANUM MB-1/2020 je bil izdelan na osnovi naročila stranke za specifični namen. Osnovna ideja in cilj projekta je bila izdelava električnega vozička, ki ga bo mogoče krmiliti preko namensko razvite Bluetooth aplikacije. Ko se avtoserviser pripelje na teren s kombiniranim vozilom, se na ciljnih lokaciji najprej na vozilo namestijo montažne tirnice, po katerih je voziček mogoče zapeljati iz avta in nato do mikrolokacije izvedbe storitve. Med izvajanjem popravila je voziček možno po potrebi voziti okrog avtomobila in ob koncu storitve nazaj po tirnicah v kombinirano vozilo.

Voziček je torej namenjen transportu orodja na terenu v avtoservisni dejavnosti. Tako bo prototipni razvojni model v praksi seveda dopolnjen z orodjem in predali za le-to.

Zaradi obsežnosti tematike je članek razdeljen na dva dela. V prvem delu bomo predstavili blokovno shemo, konstrukcijsko rešitev, Mecanum kolesa in namensko razvito Android aplikacijo za krmiljenje električnega vozička. Drugi del članka bo zajemal električni načrt, načrtovanje elektromotornega pogonskega sklopa, razvito programsko rešitev in ugotovitve testiranja.

BLOKOVNA SCHEMA

Cilj razvoja je bila optimalna rešitev,

ki bi bila enostavna, cenovno ugodna in učinkovita. Sistemska napajalna napetost znaša 12 V, kar omogoča dodatni priklop avtomobilskega akumulatorja v primeru izpraznitve vgrajenega akumulatorja. Odločili smo se za uporabo mikrokrmilniške razvojne plošče ARDUINO MEGA ter izbrali DC elektromotorje in krmiljenje s pulzno širinsko modulacijo (PŠM). V ta namen smo uporabili močnostne krmilnike BTS7960, ki zmorejo do 43 A toka in do 27 V napajalne napetosti. Za to smo se odločili, ker ne potrebujemo popolnoma natančnega vodenja in menimo, da bo sistem krmiljenja s pulzno širinsko modulacijo (PŠM) deloval zadovoljivo.

Za Bluetooth povezavo smo uporabili modul HC-05. Napajanje mikrokrmilnika smo izvedli s pomočjo DC/DC pretvornika navzdol z oznako LM2596.

KONSTRUKCIJA

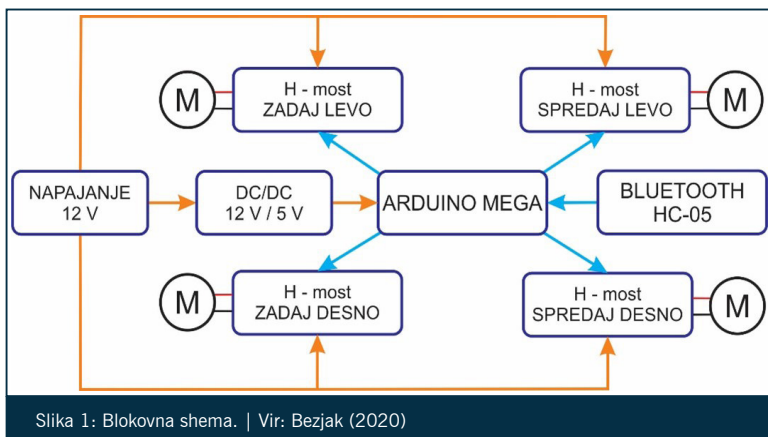
Zahteve za dimenzije vozička so bile:

- dolžina 125 cm,
- širina 46 cm,
- v sredinskem delu dvignjen toliko, da ga bomo lahko zapeljali iz vozila ter nazaj in pri tem ne bo nasedel.

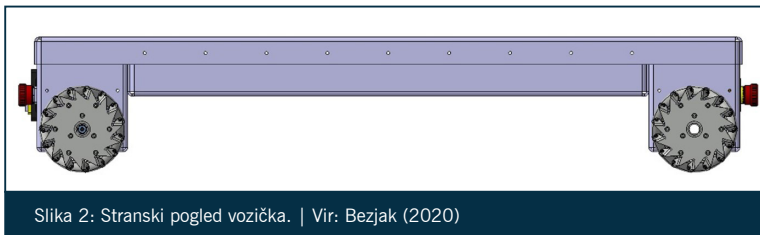
Konstrukcija je izdelana iz 4 mm aluminijaste pločevine, izrezane z laserjem in strojno upognjene. Z upogibanjem smo pridobili na mehanski trdnosti. Celotno konstrukcijo sestavljajo 4 deli. Zgoraj imamo pokrov, na katerega je možno priviti nadgradnjo, v sredinskem spodnjem delu pa je trup, kjer se nahajajo krmilje in povezave. V sprednjem delu se nahajajo dva pogonska sklopa, tipka za zasilni izklop in kontrolna LED.

Na zadnji strani vozička so nameščeni:

- glavno stikalo za vklop (1),
- tipka za zasilni izklop (2),
- LED prikazovalnik stanja vozička (3),



Slika 1: Blokovna shema. | Vir: Bezjak (2020)



- priključek za polnjenje akumulatorja, 12 V, 20 Ah (4) in
- prikazovalnik stanja baterije med vožnjo (5).

V zadnjem delu je tudi 12 V akumulator s kapaciteto 20 Ah.

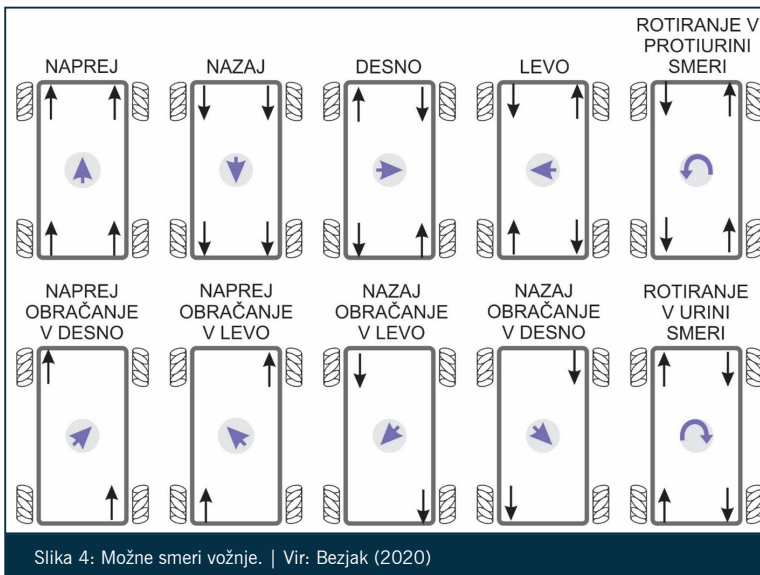
MECANUM KOLESA

Mecanum kolo je izumil inženir Bengt leta 1974. Kolo je sestavljeno iz vozlišča in več prosto gibljivih valjev, ki so nameščeni pod kotom 45°.

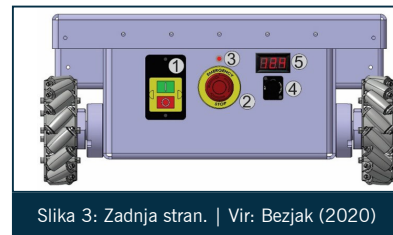
Ovisno od kombinacije smeri gibanja posameznega kolesa se lahko pri krmiljenju 4 koles giblje v poljubni smeri, brez da bi se le-ta pri tem obračala (vsa kolesa so ves

čas obrnjena v isto smer, vzporedno s konstrukcijo ohišja). Na sliki puščice ob kolesih prikazujejo smer vrtenja posameznega kolesa, v sredini pa puščica prikazuje smer gibanja vozička. Ob tem je potrebno omeniti še to, da vsa 4 kolesa niso enaka, ampak se ločijo na leva in desna. Pri nabavi koles je torej potrebno paziti, da naročilo zajema dve levi in dve desni kolesi.

Na obravnavan prototip vozička so nameščena 152 mm Mecanum kolesa iz aluminija, z nosilnostjo 15 kg, naročena preko spletne strani www.robotshop.com. Naročilo je vsebovalo komplet 4 koles, dve levi in dve desni.



Slika 4: Možne smeri vožnje. | Vir: Bezjak (2020)



Slika 3: Zadnja stran. | Vir: Bezjak (2020)

ANDROID APLIKACIJA in nameštitev

Za izdelavo namensko razvite aplikacije za mobilno napravo z nameščenim Android operacijskim sistemom smo uporabili programsko okolje MIT App Inventor. To je brezplačna in odprtokodna programska oprema, ki je bila razvita v izobraževalne namene.

Po prijavi v spletno orodje je najprej potrebno kreirati nov projekt in ga shraniti. Sledi izdelava izgleda aplikacije na zaslonu („Designer“).

Na vrhu smo v našem primeru postavili tekst z osnovnimi podatki o aplikaciji. V naslednji vrstici smo dodali „HorizontalArrangement2“. V to polje smo dodali gumb za povezovanje aplikacije z Bluetooth modulom. Ob ta gumb smo dodali še napis „STANJE POVEZAVE“. V tem



Slika 5: Mecanum kolo. | Vir: Bezjak (2020)



Slika 6: Izdelani gumbi za aplikacijo. | Vir: Bežjak (2020).

polju sta možna dva izpisa. Če se izpiše „Povezava je vzpostavljena“ v zeleni barvi, pomeni, da smo povezani, če pa se pojavi rdeč napis „Povezava je PREKINJENA“, pa bo pomenilo, da nimamo vzpostavljene povezave z Bluetooth modulom.

Nadaljevali smo s tabelo „TableArrangement1“, saj smo morali mrežo postaviti tako, da slike gumbov ostanejo v željeni poziciji. Izgled gumbov je najprej potrebno pripraviti v enem izmed bitnih ali vektorskih programov za grafično oblikovanje (Gimp, Inkscape, CorelDRAW, Photoshop...), lahko pa bi uporabili gumbe, ki se kreirajo v aplikaciji.

Pri izvažanju izdelane grafične oblike je smiselno, da objekte izvozite v primerni velikosti in v formatu PNG s transparentnim ozadjem.

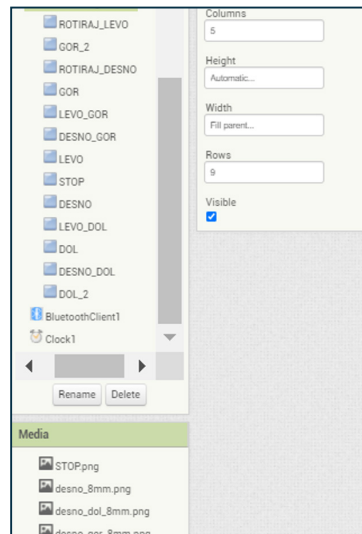
Sledi uvoz grafičnih objektov v MIT App Inventor, ki jih uvažamo posamično. Slike se naložijo v zavihek „Media“ s pomočjo gumba „Upload File ...“. Uvožene slike nato razporedimo v mrežo, ki smo jo določili za ozadje oblike na postavljenem zaslonu. Postavljenim gumbom določimo lastnosti ter jih poimenujemo. V našem primeru gre za tabelo s 5 stolpci in 9 vrsticami.

V bistvu potrebujemo za postavitev potrebnih gumbov le 3 stolpce in 5 vrstic. Za večje število smo se odločili, da imamo med vsako vrstico in med vsakim stolpcem še en prazen prostor. Ta prostor bi lahko na primer koristil določevanju razmika med gumbi ali pa za vstavljanje dodatne grafike, kot so mrežne črte in

podobno. Pri končnem izgledu smo v naši tabeli pustili medprostore prazne, so pa dodali nekaj razmika, kar se je izkazalo za pravo odločitev.

Vsak gumb je potrebno smiselno poimenovati. Mi smo se za poimenovanje odločili na osnovi kombinacije pomena gumba in postavitve v izgledu aplikacije. Zgoraj levo je gumb, ki nam omogoča rotiranje vozička v proti-urini smeri. Določili smo mu ime „ROTIRA_LEVO“ in še skrajšan tekst na gumbu „RL“. Določili smo mu velikost 120 pixels tako po višini kot tudi širini. Za vsak gumb smo določili sredinsko poravnavo teksta, ki je zapisan preko izbrane slike, in takšno barvo, da čim manj izstopa na zaslonu mobilne naprave, razviden pa je za razvijalca APP.

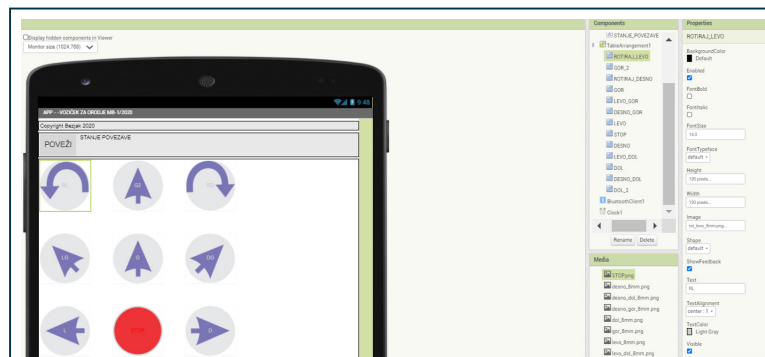
Iz slike 8 je tudi razvidno, da smo pri razvoju aplikacije v MIT App Inventorju morali izbrati monitorsko ločljivost (Monitor size 1024 x 768), da smo lahko hkrati videli vse ikone. Za takšen pogled smo se odločili, saj je takšna velikost primerna za ločljivost današnjih aktualnih GSM



Slika 7: Okolje MIT App Inventor. | Vir: Bežjak (2020)

naprav, kar smo pri prenosu APP na GSM ugotovili tudi sami.

V osnovnih nastavitvah (ko se v „Components“ postavimo na osnovni zaslon – „Screen1“) določimo še ime aplikacije („AppName“) in izberemo ikono („Icon“), ki se bo pojavila na zaslonu telefona po namestitvi. Ko smo zadovoljni z izgledom aplikacije na zaslonu, sledi programski del (zgoraj desno preklapimo iz „Designer“ v „Blocks“).



Slika 8: Postavitev gumbov na aplikaciji. | Vir: Bežjak (2020)

Pri programiranju sem si najprej pogledal nekaj primerov, ki so na spletu, med katerimi naj izpostavim: <http://appinventor.mit.edu/explore/ai2/hello-codi.html> in <https://sites.google.com/site/sola-elektronikesers/home/bluetooth-krmiljenje-led-diod>.

Pri sestavljanju programske kode je najprej potrebno sprogramirati Bluetooth povezavo. Ko bomo pritisnili na gumb „POVEŽI“, nam bo v mobilni napravi prikazalo vse razpoložljive Bluetooth naprave. Nato izberemo pravo in naprava se bo povezala, ob gumbu pa se bo pojavil napis v zeleni barvi „Povezava je vzpostavljena“. Za vzpostavitev povezave je potrebno dodati „ListPicker“ in ga pravilno sestaviti. Podroben postopek programiranja je opisan na omenjenih spletnih straneh.

Osnovna ideja prenosa podatkov za vsak pritis in sprostitve gumba iz-

haja iz odločitve, da bomo prenašali tekstovna sporočila. Ob pritisku na tipko pošljemo malo črko iz angleške abecede, za sprostitve tipke pa pošljemo enako, vendar veliko tiskano črko. Ob prenosu programska rešitev v Arduinu sprejme to kot številčno desetiško vrednost v skladu z desetiško vrednostjo iz ASCII tabele znakov.


TIPKA	znak	prebere	znak	prebere
ROTIRAJ LEVO	VKLOP	97	IZKLOP	65
:	:	:	:	:
DOL 2	m	109	M	77

Tabela 1: Legenda – ASCII koda za gumbes | Vir: Bezjak (2020)

Te vrednosti so pri nastavljeni hitrosti serijskega prenosa 9600 bps. Če spremenimo hitrost komunikacije, programska rešitev prebere druge vrednosti števil.

Naša končna verzija aplikacije se imenuje „Bezjak_VOZ_v10.2“. Pot-


rebno jo je samo še izvoziti in namestiti na mobilno napravo. Postopek je sledeč:

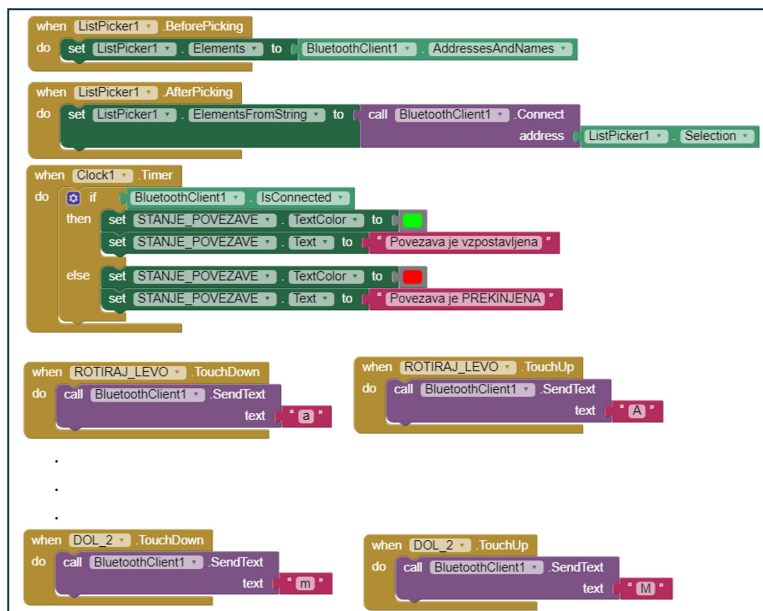
1. Na spletni strani v MIT APP inventorju 2 se nahaja aplikacija, ki omogoča kreiranje QR kode.
2. Na GSM namestimo aplikacijo APP inventor 2, ki jo najdemo v „Trgovina Play“.
3. Na GSM-u zaženemo aplikacijo „MIT AI2 Companion“ in izberemo opcijo „scan QR code“.
4. Aplikacija se namesti pod imenom „Bezjak_VOZ_v10.2“.
5. Za aplikacijo se namesti ikona , ki ima obliko sivega kroga, v katerem je vijolična puščica, obrnjena desno navzgor pod kotom 45°.

Postopek za povezovanje Bluetooth modula HC-05 z mobilno napravo je sledeč:

1. Na GSM aparatu je potrebno vklopiti Bluetooth povezavo.
2. Voziček je potrebno vklopiti in počakati nekaj sekund, da se elektronika zažene in Bluetooth modul začne komunicirati.
3. Na GSM aparatu je v nastavitvah Bluetooth potrebno najti Bluetooth modul, ki je nameščen na vozičku (modul HC-05).
4. Za povezavo Bluetooth modula HC-05 (na vozičku) z mobilno napravo je ob prvi povezavi (ali pa ko ga ponovno seznanjamo z napravo) potrebno vpisati kodo „1234“.
5. Ko se mobilna naprava in modul HC-05 povežeta, zaženemo aplikacijo za upravljanje vozička.

Zagon aplikacije na mobilni napravi in upravljanje vozička:

1. Aplikacijo zaženemo s pritiskom na ikono APP  „Bezjak_VOZ_v10.2“.



Slika 9: Programska koda v okolju MIT App Inventor. | Vir: Bezjak (2020)

- Ob zagonu APP je najprej potrebno povezati APP in Bluetooth modul HC-05 – to naredimo s pritiskom na gumb „POVEŽI“, ki se nahaja na zgornjem levem vogalu zaslona. Ob zagonu aplikacije se ob gumbu izpiše „Povezava je PREKINJENA“ (napis je rdeče barve).
- Ob pritisku na gumb „POVEŽI“ se izpiše seznam naprav, ki so na voljo. Izberemo napravo: „98:D3:31:FC:17:32 HC-05“.
- Če smo uspešno povezali mobilno napravo in HC-05, se ob gumbu pojavi napis „Povezava je vzpostavljena“ (napis je zelene barve).

Upravljanje aplikacije:

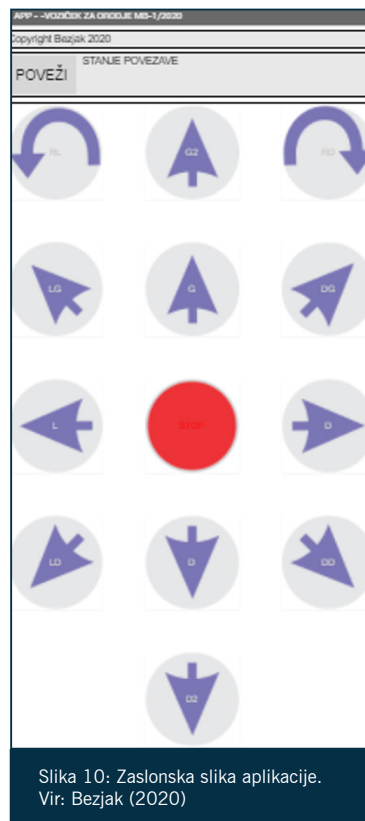
- Aplikacija krmili voziček MB-1/2020.
- S pritiskom na gumb za posamezno smer vožnje se prične voziček gibati v izbrano smer.
- Voziček se giblje v izbrano smer tako dolgo, dokler držimo gumb.
- Ko gumb spustimo, se voziček prične ustavljati.
- Šele ko spustimo en gumb, lahko vklopimo drugi gumb (hkrati ne moremo usmerjati vozička v dve smeri).
- Osrednji gumb je rdeče barve in pomeni „STOP“.
- S pritiskom na gumb „STOP“ sunkovito (v trenutku) ustavimo vožnjo.
- Pritisk na gumb za vsako smer vožnje povzroči postopni zagon vožnje (mehki zagon), sprostitve gumba pa povzroči postopno ustavljanje vožnje (mehko ustavljanje).
- Ko izklopimo posamezno smer vožnje in izberemo drugo smer, se prehod med smermi vožnje izvede zvezno (mehki prehod).

Pri upravljanju vozička in Bluetooth komunikaciji obstaja možnost, da se kaj „zalomi“ in vse ne deluje idealno. V ta namen smo pri izdelavi programske rešitve predvideli tudi način odpravljanja težav:

- V primeru, da se voziček ne odziva ali se nekontrolirano pelje v določeno smer, ga je potrebno izklopiti.
- Voziček izklopimo z napajalnim stikalom (1/0) s pritiskom na rdečo tipko „0“.
- Za izklop vožnje se v primeru nujne potrebe po zaustavitvi uporabi tipka za izklop v sili, ki se nahaja na sprednji in zadnji strani (pritisne se katerakoli tipka).
- Ponovni zagon vožnje se izvede tako, da obe tipki za zasilni izklop izklopimo (zasukamo v desno in tipka se sprostijo - izskoči). Poleg tega moramo za 5 sekund izklopiti tudi napajanje.
- Če mobilne naprave in modula HC-05 ne moremo povezati, je priporočljivo v Bluetooth nastavitvah mobilne naprave prekiniti povezavo in seznanitev s HC-05 ter nato ponovno seznaniti HC-05 z mobilno napravo.

ZAKLJUČEK

V prvem delu članka smo skušali predstaviti namen Mecanum električnega vozička MB-1/2020 in postopek razvoja. V grobem smo predstavili ključne sestavne dele in povezave. 3D model konstrukcijske rešitve bralcu omogoči razumevanje celote. Predstavljena so tudi izredno zanimiva Mecanum kolesa, ki se vedno več uporabljajo pri razvoju avtonomnih robotskih vozičkov. Bistveni del pa je bil razvoj aplikacije, ki omogoča krmiljenje vozička. Podrobno je predstavljen potek razvoja od ideje, oblikovanja gumbov,



Slika 10: Zaslonska slika aplikacije.
Vir: Bežjak (2020)

vizualne postavitev, do programske rešitve in namestitve aplikacije na mobilno napravo. Predstavljena rešitev je glede na naša prva testiranja zanesljiva, zato menimo, da bo tudi na končnem prototipnem modelu dolgoročno delovala brezhibno. Razvojno okolje MIT App Inventor se je izkazalo kot zelo dobra rešitev pri razvoju aplikacij za prototipne rešitve. Želeli smo zmanjšati količino prenesenih podatkov na minimum. Odločili smo se tudi, da pošiljamo podatke samo v eno smer in s tem zmanjšamo možnost napak pri prenosu. Kljub temu smo pri programski rešitvi upoštevali izpad komunikacije, ki iz varnostnih razlogov ustavi gibanje vozička. To pa je že tema, ki se ji bomo podrobneje posvetili v drugem delu članka...

mag. Marjan Bežjak,
uni. dipl. ing. ele.
predavatelj
Višje strokovne šole
Tehniškega šolskega
centra Maribor

VIR:

(1)
YouTube. Mecanum voziček MB-1/2020. (2021). Pridobljeno s <https://www.youtube.com/watch?v=ON-5tnWIFPIE>

MECANUM električni voziček MB-1/2020 (2. del)

V drugem delu članka se bomo osredotočili na elektroniko in programsko rešitev, velik del pa bomo namenili tudi elektromotorju. Elektromotor je potrebno skrbno načrtovati, saj prenaša vse obremenitve in je najbolj izpostavljena komponenta. Pri izbiri pogonskega sklopa vedno koleramo med ceno in robustnostjo ter iščemo optimum. Opisali bomo tudi ugotovitve testiranja in izzivov, ki so se pojavili, ter kako smo jih uspešno rešili. V zaključku bomo podali smernice za možnosti nadgradnje nosilnosti vozička in razmislek o izbiri vrste pogonskega elektromotorja.

ELEKTRIČNI NAČRT

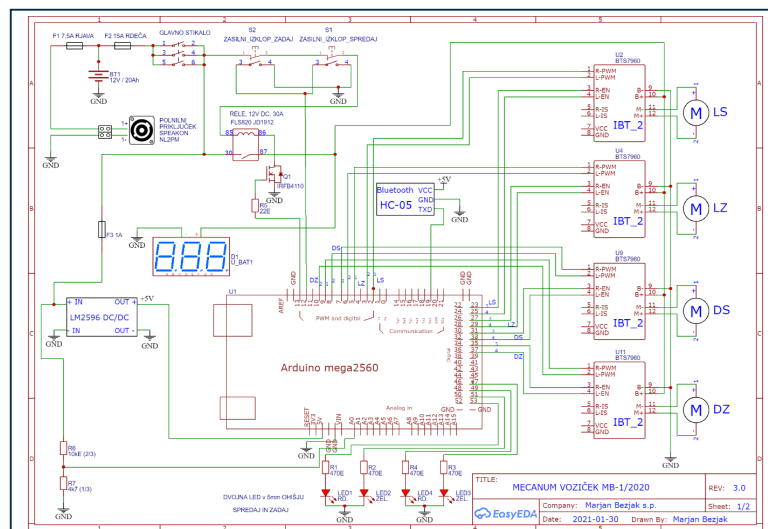
Najprej je potrebno razvojno idejo zasnovati in izdelati električni načrt. Osnova je mikrokrmilniška razvojna plošča Arduino MEGA. Za le-to smo se odločili, ker potrebujemo 23 digitalnih vhodno/izhodnih priključkov in še en analogni vhod. Zaenkrat imamo dokaj dobre izkušnje s temi razvojnimi ploščami v prototipnih izdelkih in iz tega razloga je bila odločitev v našem primeru samoumevna. Za potrebe odklopa močnega krmilnega dela smo vključili 12 V rele. S tem smo zagotovili izvedbo varnostnih funkcij in načrtovanih varčevalnih shem. Pri varnostni funkciji torej s tipko za zasilno ustavitve „STOP“ ugasnemo rele, ki napaja močestni del krmilja. S tem prekinemo napajanje močestnega dela, kar povzroči odklop napajanja H-mostičnih vezij ter prenehanje poganjanja elektromotorjev. Na elektromotorje je nameščeno polzasto gonilo, ki ima lastnost samozapornosti.

Tipanje aktivnosti tipke za zasilni izklop smo izvedli v ločenem tokokrogu. V primeru uporabe istega tokokroga kot ga uporabljamo za izklapljanje napajanja releja (NC kontakt), bi morali digitalni vhod mikrokrmilnika dodatno zaščititi, saj ob izklopu releja (induktivno breme) pride do indukcije napetosti. Upora-

bili smo NO kontakt na tipki zasilnega izklopa. Obe tipki (spredaj in zadaj) smo vezali vzporedno in tako izvedli ALI funkcijo, da se upošteva aktiviranje katerekoli tipke. Eno sponko NO smo vezali na GND, drugo sponko pa na D12 vhod mikrokrmilnika. V mikrokrmilniku smo na tem vhodu vklopili notranji PullUp upor, da potencial GND na digitalnem vhodu pomeni aktivno stanje.

Digitalni izhod D13 smo uporabili za krmiljenje vklopa releja, ki napaja močestni del. Rele vklapljamoz MOS-FET tranzistorjem IRFB4110

in ga lahko krmilimo z napetostjo 5 V, hkrati pa ima nizko notranjo upornost kanala RDSon, ki znaša le 3,7 mΩ. Napajanje releja smo izvedli z zaporedno vezavo obeh tipk za zasilni izklop z NC kontaktom. Tako smo izvedli IN funkcijo, kar pomeni, da bomo lahko vklopili napajanje releja takrat, ko ne bo aktivirana nobena tipka za zasilni izklop in ko bo prisoten pozitiven signal na izhodu D13, ki ga aktivira programska rešitev. S tem smo hkrati izvedli varovanje močestnega dela in še dodatno možnost krmiljenja za potrebe varčevalnih shem, ki smo si



Slika 1: Električni načrt. | Vir: Bezjak (2020)

jih zastavili. Hkrati imamo prisoten prikazovalnik napetosti akumulatorja. V razvojnem prototipu smo ga dodali na ohišje, da lahko spremljamo stanje napetosti akumulatorja. Priklopljen je na močnostni del in prikazuje napetost le takrat, ko imamo aktivne močnostne krmilnike BTS7960, da lahko spremljamo napetost ob obremenitvi.

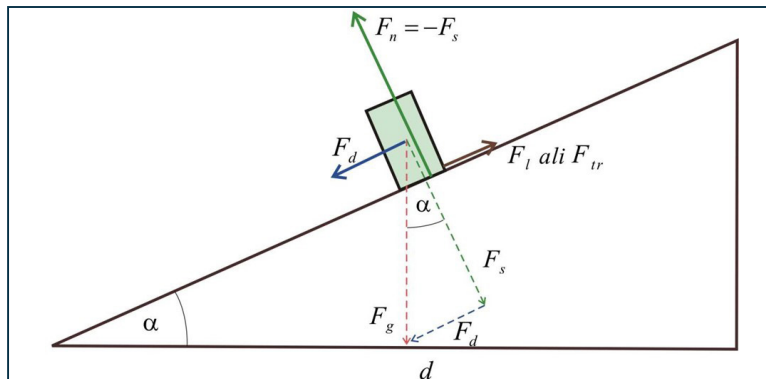
Vključili smo še merjenje stanja napetosti akumulatorja. To smo izvedli z napetostnim delilnikom, z uporabo R6 in R7, ki imata nizko toleranco. Merjenje napetosti v programu izvajamo z razlogom, da v primeru padca napetosti pod spodnjo dovoljeno napetost akumulatorja, ki smo jo iz varnostnih razlogov določili na 10,5 V, izklopimo močnostni del in reča LED prične počasi utripati.

POGONSKI SKLOP

Voziček sestavljajo 4 enaki pogonski sklopi. Na osnovi zahtevane hitrosti premikanja vozička dobimo število vrtljajev na gredi reduktorja elektromotorja. Za zahtevano hitrost premikanja, ki v tem primeru znaša 1,5 km/h oziroma 0,42 m/s, je pri premeru koles 152 mm potrebnih 52 vrtljajev na minuto. Sledi izračun potrebne moči, ki jo moramo zagotoviti na osnovi največje obremenitve. To se zgodi pri vožnji v klanec, ko peljemo voziček po tirnicah v vozilo.

Za sile, ki se pojavijo na telo na klanecu, si pomagamo s sliko 2. Naša dejanska situacija je prikazana na sliki 3. Dolžina tirnic, po katerih se bo voziček peljal do vozila, znaša 2,5 m. Višina, ki jo moramo doseči, je 0,6 m. Na osnovi teh podatkov izračunamo kot α , ki v tem primeru znaša 14°.

Pri izračunu smo vrednosti za-



Slika 2: Razstavljene sile na klanecu.
Vir: https://si.openprof.com/wb/sile_na_klanecu?ch=431

kroževali navzgor, saj je potrebno imeti nekaj „rezerve“. Gravitacijska sila tako znaša $F_g = 600$ N. Če sile razstavimo na statično in dinamično komponento, dobimo $F_d = 145$ N. Iz sile in hitrosti, ki jo želimo doseči, lahko torej izračunamo potrebno moč:

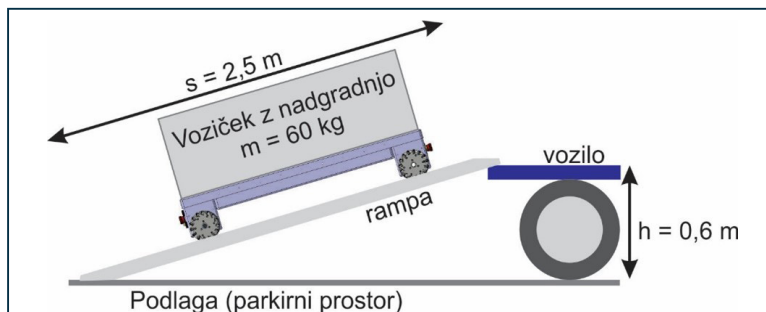
$$P = F_d \cdot v = 145 \text{ N} \cdot 0,42 \text{ m/s} = 60 \text{ W.}$$

Potrebno je upoštevati še silo trenja, ki je odvisna od koeficienta trenja med kolesi in podlago. Pri raziskovanju koeficienta trenja lahko naletimo na veliko znanstvenih člankov in eksperimentalnih izsledkov. Po raziskavi sem prišel do zaključka, da bi moralo biti dovolj, če upoštevamo

eksperimentalne izsledke, ki govori-jo, da je pri bremenu 60 kg koeficient trenja 0,3: $F_{tr} = F_s \cdot \mu = 582 \text{ N} \cdot 0,3 = 174$ N. Pri upoštevanju koeficienta trenja pridemo torej do dodatnih 174 N sile, ki jo moramo premagati pri vožnji v klanec. Silo trenja je potrebno prišteti k dinamični komponenti. Tako dobimo skupno silo, ki jo morajo premagati elektromotorji pri vožnji v klanec in znaša 319 N. Iz skupne sile in hitrosti, ki jo želimo doseči, lahko izračunamo potrebno moč, ki sedaj znaša

$$P = F \cdot v = 319 \text{ N} \cdot 0,42 \text{ m/s} = 134 \text{ W.}$$

Za premagovanje višinske razlike lahko uporabimo tudi enačbo za



Slika 3: Voziček na montažnih tirnicah. | Vir: Bežjak (2020)

delo, kjer velja, da je opravljeno delo odvisno od produkta sile in poti, ki jo opravimo: $A = F \cdot s$. Če želimo voziček dvigniti na višino 0,6 m, opravimo delo $A = 600 \text{ N} \cdot 0,6 \text{ m} = 360 \text{ Nm}$. Iz tega lahko izračunamo moč, ki jo dobimo iz kvocienta med delom in časom, potrebnim za dvig vozička. Iz hitrosti lahko izračunamo, da bomo 2,5 m tirnic prevozili v času 6 s. Moč, ki jo potrebujemo za to pot, znaša:

$$P = A / t = (360 \text{ Nm}) / (6 \text{ s}) = 60 \text{ W}.$$

Tukaj je potrebno dodati še trenje in tako pridemo do enake vrednosti, kot pri prejšnjem načinu izračuna.

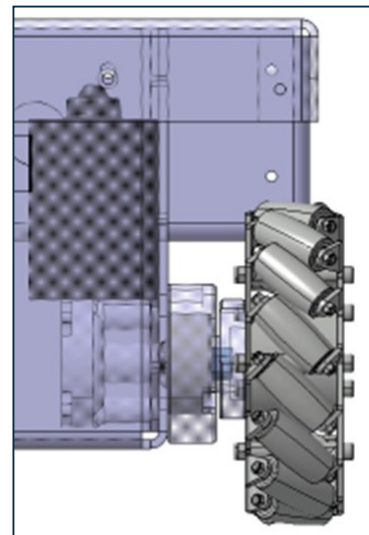
Za izračun potrebne moči elektromotorja sem sodeloval tudi s podjetjem PS Logatec, kjer so mi priskočili na pomoč z nasvetom.

Na osnovi izračuna moči, ki bi jo potrebovali v našem primeru, smo našli primeren in cenovno ugoden krtačni DC motor s polžastim gonilom, ki se sicer uporablja v avtomobilski industriji za pogon brisalcev prednjega vetrobranskega stekla in ima 12 V napajanje. Pri nazivni napetosti smo na gredi neobremenjenega reduktorja izmerili hitrost vrtenja 60 vrt/min, nazivna moč pa znaša 40 W. Za voziček smo uporabili 4 takšne motorje, kar skupaj znaša

160 W nazivne električne moči. Ob izkoristku DC elektromotorja in polžastega gonila lahko ugotovimo, da se najverjetneje nahajamo nekje na meji zmogljivosti. Ker pa bomo voziček v klanec vozili le kratek čas in bo največ obremenjen le v času, ko bodo vsa štiri kolesa na tirnicah (v dolžini dobrega metra), menimo, da bodo izbrani DC elektromotorji zadovoljivi za našo aplikacijo. Ko je eno kolo (spredaj ali zadaj) na ravni podlagi, je kot namreč manjši in ni potrebno zagotavljati takšne moči, kot smo jo izračunali.

Elektromotor, ki smo ga uporabili za voziček, je bilo najprej potrebno predelati, saj je imel eno priključno sponko nameščeno na ohišje (na ohišju avtomobila je negativna priključna sponka). Ker elektromotor krmilimo s H-mostičnim vezjem in mu s tem spreminjamo polariteto, v našem primeru priključne sponke ne smemo imeti vezane na ohišje. Ker je celotna konstrukcija kovinska, bi namreč tako prišlo do kratkega stika med izhodi H-mostičnih vezij različnih elektromotorjev.

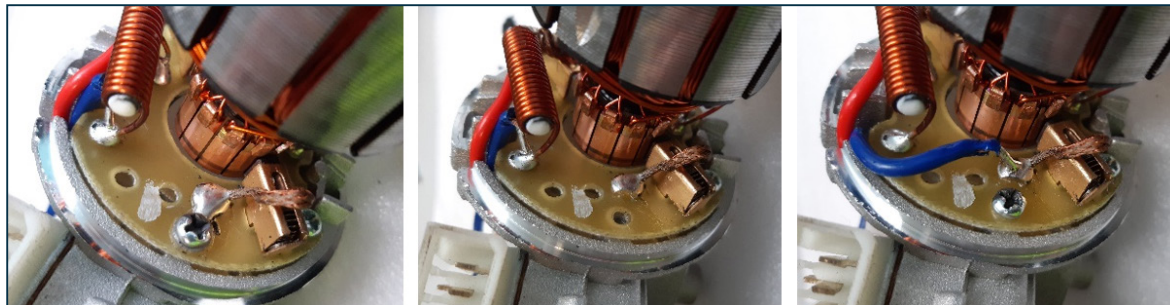
Leva slika 4 prikazuje, kako je priključek od ene ščetke s pomočjo sponke in vijaka priklopljen na ohišje. Kot lahko vidimo na sredinski sliki, smo najprej odstranili del sponke, ki je omogočala stik z ohišjem.



Slika 5: Pritrditev EM, prirobnice in ohišja, ki drži ležaj. | Vir: Bezjak (2020)

Nato smo uporabili drugi vodnik iz elektromotorja, ki je bil namenjen poganjanju DC elektromotorja z nižjimi vrtljaji, kar vidimo na zadnji sliki. Po takšni predelavi na ohišju ni več električnega potenciala in DC elektromotor lahko po namestitvi brez težav krmilimo v obe smeri.

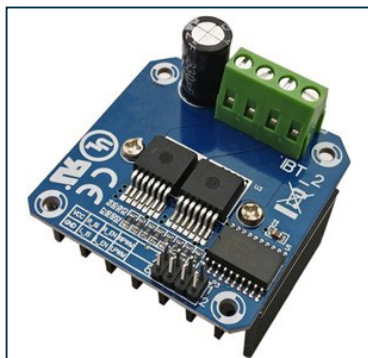
Pri uporabi Mecanum koles se pojavljata sili v aksialni in radialni smeri, zato je potrebno paziti na izbiro primernih ležajev. Ker izbrani elektromotor s polžastim reduktorjem ne prenaša aksialnih sil, ki jih



Slika 4: Koraki predelave elektromotorja. | Vir: Bezjak (2020).

bo prevzel ležaj, je bilo potrebno razviti prirobnico in ohišje, ki drži ležaj (slika 5).

Za močnostno krmiljenje DC motorja smo uporabili integrirano vezje BTS7960. Uporabili smo vhode 1 do 4. Po pridobljeni informaciji iz prve roke naj bi bilo omenjeno vezje preveč „brutalno“, saj ima izjemno nizko upornost, a je posledično zato tudi robustno in vzdržljivo. V aplikaciji, ki jo je omenjeni vir uporabljal, je vezje namreč v primeru napake povzročilo veliko škodo okrog sebe. Ker pa moje izkušnje kažejo, da lahko IBT_2 modul brez težav poganja 500 W DC elektromotor na 24 V, sem se vseeno odločil, da ga vključim tudi v to aplikacijo.



Slika 6: H-mostično vezje BTS7960. Vir: Bežjak (2020)

PROGRAMSKA REŠITEV

Programirali smo v razvojnem odprtokodnem okolju Arduino. V programski rešitvi smo uporabili dve serijski komunikacijski vodili. Arduino MEGA ima na razpolago skupaj 4 serijska komunikacijska vodila.

```
//Serijska komunikacija:
Serial.begin(9600); // Komunikacija za izpis na serijski monitor (biti/s)
Serial1.begin(9600); // priklop Bluetooth modula HC-05 na Rx1 in Tx1 (biti/s)
```

1	2	1、RPWM	:Forward level or PWM signal input, active high
		2、LPWM	:Inversion level or PWM signal input, active high
		3、R_EN	:Forward drive enable input , high enable , low close
		4、L_EN	:Reverse drive enable input , high enable , low close
		5、R_IS	:Forward drive -side current alarm output
		6、L_IS	:Reverse drive -side current alarm output
7	8	7、VCC	:+5 V power input,connected to the microcontroller 5V power supply
		8、GND	:Signal common ground terminal

Slika 7: Pomeni priključnih spolk vezja BTS7960.

Vir: <https://forum.arduino.cc/t/robot-tank-two-h-bridge-ibt2-ps3-controller/426898>

Na začetku glavnega dela programa smo si nastavili spremenljivke, s katerimi lahko v programu spreminjamo ključne nastavitve.

```
// zacetne nastavitve v programu:
cas_za_PWM = 1; // cas med povecevanjem in zmanjsevanjem PWM [milisekunde]
pristevamo = 2; // uporabljamo za pristevanje k PWM (hitrost mehkega zagona)
odstevamo = 10; // uporabljamo za odstevanje k PWM (hitrost mehkega pojemanja)
PWM_MAX_manjsi = 150; // omogoca spreminjanje najvisje hitrosti za manjso hitrost
PWM_MAX_vecji = 255; // omogoca spreminjanje najvisje hitrosti za vecjo hitrost
PWM_izklop_sp meja = 30; // pri upocasnjevanju izklopi izpisovanje PWM in da PWM=0
```

Odločili smo se za 4 različne načine stanja: STANJE_NAPAKA, STANJE_VOZNJA, STANJE_POCIVA in STANJE_PRAZEN_AKU. Na osnovi stanja imamo tudi 4 načine utripanja LED diode, ki prikazuje stanje. Za primer ugotavljanja stanja praznega akumulatorja preberemo stanje napetosti in primerjamo s spodnjo dovoljeno mejo. Če je napetost pod spodnjo mejo, vklopimo zastavico STANJE_PRAZEN_AKU. V tem stanju rdeča LED počasi utripa in odklopimo napajanje močnostnega dela ter ne dovolimo vožnje, dokler ne izklopimo celotnega napajanja in ga ponovno vklopimo. Počasno utripanje nas hkrati opozarja, da je z glavnim stikalom potrebno izklopiti napajanje vozička in napolniti akumulator.

```
// preberemo stanje baterije; na vhodu imamo napetostni delilnik 10kE/4,7kE
```

```
int U_bat=0;
for(int i=0;i<10;i++){
    U_bat = U_bat + analogRead(A0);
}
U_bat=trunc(U_bat/10);
// ce je napetost na akumulatorju pod 10,5V, izklopimo močnostni del in utripa počasni rdeca LED
//Uizh=(4k7E/(10kE+4k7E))*Uvh=0,3197*10,5V=3,357V -> pri tej vhodni napetosti bo U_bat=689
if (U_bat <= 690){ // ce izmerimo povprečno vrednost pod 690, smo pod 10,5V
    STANJE_NAPAKA = LOW;
    STANJE_VOZNJA = LOW;
    STANJE_POCIVA = LOW;
    STANJE_PRAZEN_AKU = HIGH;
    digitalWrite (RELE, LOW); // izklopimo rele za napajanje močnostnega dela
}
```

Zastavico za aktiviranje napake vklopimo, ko preberemo nizko stanje na tipki za zasilni izklop. Z vsakim vklopom ene izmed zastavic, ostale tri izklopimo. V visokem stanju zastavice STANJE_VOZNJA najprej vklopimo rele za napajanje močnostnega dela, nato pa sledi hitro utripanje zelene LED diode.

```
if (STANJE_VOZNJA == HIGH){
    digitalWrite (RELE, HIGH); // vklopimo rele za napajanje močnostnega dela
    if (LED_ZEL == LOW){
        if (millis() >= (cas_izklop_LED + cas_NESveti_LED_kratki)){
            LED_ZEL = HIGH;
            cas_vklop_LED = millis();
            digitalWrite (LED1_ZEL, HIGH);
        }
        // vklopimo zeleno LED
    }
    } else if (LED_ZEL == HIGH){
        if (millis() >= (cas_vklop_LED + cas_sveti_LED)){
            LED_ZEL = LOW;
            cas_izklop_LED = millis();
            digitalWrite (LED1_ZEL, LOW);
        }
        // Izklopimo zeleno LED
    }
}
```

Sledi varčevalna shema STANJE_POCIVA. Varčevalna shema je sprogramirana tako, da se močnostni del izklopi po 1 minuti neaktivnosti katerekoli tipke na aplikaciji. V tem stanju počasi utripa zelena LED. Ko pritisnemo na katerokoli tipko, se najprej aktiviral rele in nato prične mo z vožnjo v izbrani smeri. Takrat prične zelena LED hitro utripati.

STANJE_NAPAKA je aktivna, ko aktiviramo tipko za zasilni izklop. V tem stanju rdeča LED hitro utripa. V trenutku, ko dobimo ukaz iz Bluetooth modula HC-05 na serijskem vodilu in hkrati zastavica STANJE_NAPAKA ni aktivna, lahko pričnemo z vožnjo. Z aktivacijo zastavice za vožnjo moramo ostale zastavice izklopiti.

```
if ((Serial1.available() > 0) && (STANJE_NAPAKA == LOW))  
{  
    serialA = Serial1.read();  
    cas_zadnjega_ukaza = millis();  
    STANJE_VOZNJA = HIGH;  
}
```

Glavni del programske rešitve je bila odločitev, kako bomo prenašali znak za aktiviranje in sprostitve posamezne tipke. Odločili smo se za prenos črk angleške abecede. Podrobneje smo ta del opisali v prvem delu članka. Pri programski rešitvi smo za posamezno smer prav tako uporabili zastavice, ki smo jih vklopili in izklopili.

```
if (STANJE_VOZNJA == HIGH){  
    switch (serialA)  
    {  
        // vklopimo zastavice za posamezno tipko  
        case 97: //Kodo 97 preberemo iz serijskega monitorja, ko s telefonom vklopimo ROTIRAJ_LEVO.  
            ROTIRAJ_LEVO= HIGH;  
            break;  
    }
```

Na osnovi aktivne zastavice za smer vožnje se vklopijo posamezna kolesa. Za posamezno kolo smo upora-

bili funkcije, ki krmilijo posamezno H-mostično vezje pri pospeševanju in pri izklopu tudi pripadajoče po-
jemanje.

```
// Odlocitev, v katero smer peljemo  
vozicek  
if (ROTIRAJ_LEVO == HIGH){ // manjsa  
    hitrost rotiraj Levo  
    PWM_MAX = PWM_MAX_manjsi;  
    LZ_naprej();  
    LZ_naprej();  
    DS_nazaj();  
    DZ_nazaj();  
    ZAST_ROTIRAJ_LEVO = HIGH;  
}  
else if (ZAST_ROTIRAJ_LEVO == HIGH){  
    LS_nazajustavlaj();  
    LZ_nazajustavlaj();  
    DS_naprejustavlaj();  
    DZ_naprejustavlaj();  
}
```

Pri vožnji smo se odločili, da bomo imeli za vsako kolo ločeno funkcijo.

```
// VOZNJA:  
// pristevali in odstevali bomo PWM za vsako kolo loceno  
// najprej izracunamo in na koncu rutine izpisemo na analogni izhod  
void LS_naprej(){  
    ENABLE_omogocimo ();  
    digitalWrite (PWM_LS_2, LOW); // izpisemo stanje PWM na izhod  
    PWM_zeljani = PWM_MAX;  
    // omejitev, da ne gremo s pristevanjem preko 255  
    if ((PWM_zeljani > PWM_trenutni_LS) && (PWM_trenutni_LS < (PWM_MAX-2))){  
        PWM_trenutni_LS = PWM_trenutni_LS + pristevamo; // pristevanje k PWM-u  
    }  
    // izpisemo stanje PWM na izhod, druga veja mostica ostane na LOW  
    analogWrite (PWM_LS_1, PWM_trenutni_LS);  
    delay (cas_za_PWM);  
}
```

Podobno kot pospeševanje pri mehkem zagonu smo v programski rešitvi izvedli tudi pojemanje.

TESTIRANJE

Pri testiranju prototipa smo elektronske komponente postavili na ploščo za montažo krmilja, H-mostična vezja pa smo namestili na držala, ki smo jih 3D zmodelirali in natisnili. Za prvi test delovanja smo povezali elektronske komponente ter preizkusili delovanje programa.

Za prototipno izvedbo smo napajanje močnostnega dela povezali s hitrimi spojkami. Po prvem testiranju smo ugotovili, da močnostni del deluje brez težav, zataknilo pa se je pri komunikaciji, saj smo imeli v prvi fazi vezan Bluetooth modul HC-05 na Tx0 in Rx0. Ta komunikacijski port se namreč uporablja tudi pri komunikaciji z računalnikom preko USB povezave. Pri testiranju smo uporabljali tudi serijske izpise, zaradi česar je prišlo občasno do napak. Bluetooth modul smo prestavili na Tx1 in Rx1, kar je težave odpravilo.

Po sestavi vozička je sledil obremenitveni test. Delovanje smo preizkusili z maso, ki za 100% presega skupno dovoljeno bruto maso, torej skupaj 120 kg. Na podlagi iz keramike je voziček deloval brezhibno, pojavila se je le težava na spoju prirobnice in gredi elektromotorja. Spoj je popustil in kolo pri obremenitvi ni več sledilo vrtljajem gredi reduktorja. Sledil je razmislek, kako dodelati ta spoj in odločili smo se za umestitev zatiča v prirobnico, ki bo preprečeval „zdrs“ prirobnice na gredi. Po tej spremembi smo podobno obremenitveni test ponovili na neravni podlagi – na tlakovcih – in težave tokrat ni bilo več. Posnili smo tudi video o delovanju vozička, kjer smo prikazali vožnjo na treh različnih podlagah – na tlakovcih, asfaltu in keramiki. Video se nahaja na povezavi: <https://www.youtube.com/watch?v=ON5tnWIFPIE>.

ZAKLJUČEK

Prvi prototipni MECANUM električni voziček MB-1/2020 je pokazal, da sta načrtovana konstrukcija in krmilje v skladu z zahtevami naročnika. Pomanjkljivost je skupna nosilnost, ki zaenkrat ne presega 60 kg. Ker masa samega električnega vozička brez nadgradnje znaša 30 kg, osta-

ne za nadgradnjo in vsebinsko le še 30 kg, kar pa bo za potrebe naročnika najverjetneje premalo. Pri zahtevi za večjo nosilnost bo zato potrebno preiti na modificiran pogonski sklop in povečati kapaciteto akumulatorja. Na obstoječem produktu je glavna omejitev nosilnost mehanum koles, zato bo potrebno najprej izbrati kolesa z večjo nosilnostjo. Ob tem nujno sledi tudi sprememba pri izbiri elektromotorjev. Že pri opisanem prototipu smo ugotovili, da smo pri izračunu potrebne moči nekje na meji. Običajno se glede na izračun doda nekaj 10% rezerve, da pridemo v „varno“ območje. Hkrati je skoraj nemogoče zagotoviti simetrično obremenitev na vseh štirih pogonih. Kot pri vijačnih zvezah ali paralelni vezavi elektronskih komponent bi bilo tudi tukaj smiselno upoštevati, da je vsak element sposoben prenesti le 75% nosilnosti oziroma obremenitve. Tako bi bilo priporočljivo v izračunu vsakemu pogonu,

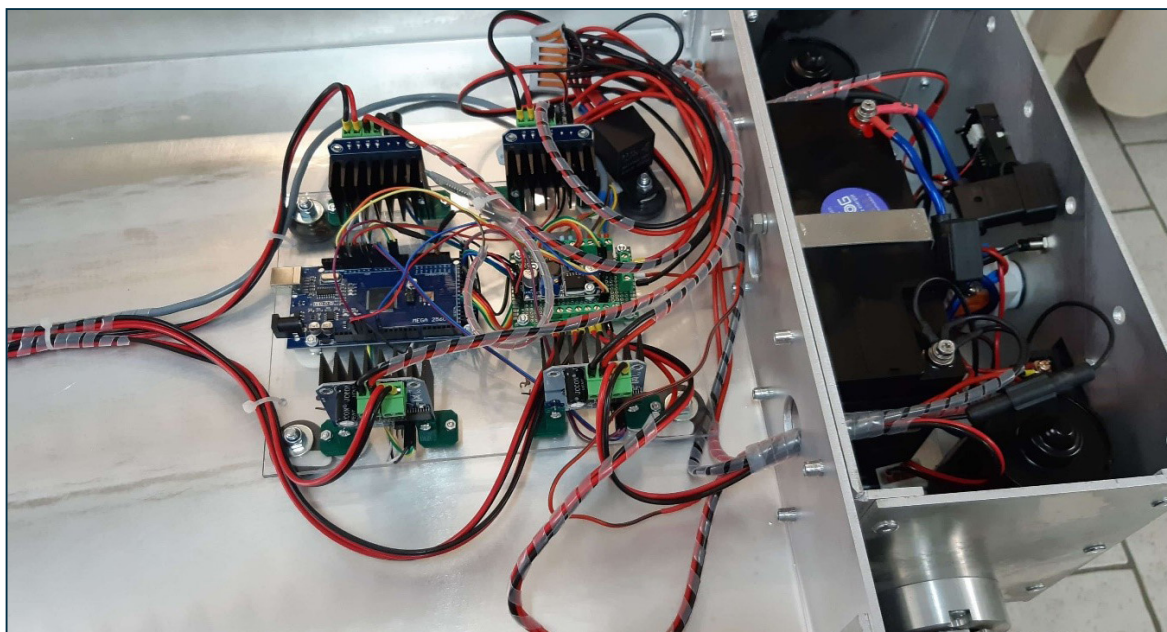
ki v idealnem primeru prevzame $\frac{1}{4}$ bremena, dodati še nekaj rezerve. Poleg tega ne moremo predvideti popolnoma vseh okoliščin uporabe. Uporabnik lahko na primer zapelje voziček tudi na razgiban teren, kjer pa se koeficient trenja bistveno poveča. Ob upoštevanju vseh zapisanih dejstev bi bilo dobro, če bi se odločili za izbiro elektromotorja, kjer bi od izračunane vrednosti moči povečali le-to še za vsaj 50%. V tem primeru bi lahko zagotovo trdili, da se z izračunom nahajamo v „varnem“ področju.

Pri načrtovanju pogonov smo se zaradi cenovne ugodnosti in nezahtevnosti aplikacije odločili uporabiti DC krtačne elektromotorje v odprti zanki. Za nadaljnji razvoj produkta je predvideno povečanje bruto nosilnosti. Tako ob upoštevanju priporočil glede uporabe elektromotorjev z večjo močjo pridemo do vsaj trikratnika trenutne vrednosti.

To pomeni tudi novo moč, ki tako znaša preko 100 W za posamezni elektromotor. Pri sistemski napetosti 12 V bi za zahtevano avtonomijo morali povečati torej še kapaciteto akumulatorjev za trikratnik. Naslednji razmislek gre v smer izbire vrste elektromotorjev in ali zamenjati tudi le-te. Lahko ostanemo na DC krtačnih elektromotorjih, kar je najenostavnejša rešitev, ki ne zahteva sprememb v načinu krmiljenja. Druga opcija je lahko izbira koračnih motorjev z reduktorjem, pri čemer je treba upoštevati, da se pri visokih vrtljajih zmanjšuje navor. Tretja opcija bi bila pogon z BLDC motorji.

Daljša testiranja prototipne rešitve Mecanum vozička MB-1/2020 bodo podrobneje pokazala uporabnost, robustnost in zanesljivost delovanja razvojnega produkta. Po testiranju sledi odločitev o nadaljnjem razvoju, spremembah, izboljšavah, kar pa je že lahko tema novega članka.

mag. Marjan Bezjak,
uni. dipl. ing. ele.
predavatelj
Višje strokovne šole
Tehniškega šolskega
centra Maribor



Slika 8: Električne povezave v notranjosti vozička. | Vir: Bezjak (2020)

VIR:

(1)
YouTube. MECANUM
Electric Vehicles MB-
1/2020 controlled by
APP. (2021). Pridobljeno
s <https://www.youtube.com/watch?v=i-7MZ-sRs6yo>

Ohranjanje avtomobilskih žarometov za zagotovitev večje vidljivosti in varnosti na cesti

Če se strinjamo, da je vetrobransko steklo avtomobila pogled v svet, lahko zagotovo trdimo, da so žarometi iz avtomobilskega stališča, luč sveta. Pri tem vsekakor nimamo v mislih le vožnje v pogojih zmanjšane vidljivosti (megla, noč...) temveč tudi pri normalni dnevni vidljivosti. Kot voznik avtomobila moramo upoštevati glavno dejstvo, da smo v prometu s stališča svetlobnih teles pravočasno opaženi in da nas drugi udeleženci v prometu pravočasno opazijo. Sicer ne gre le za dejstvo „opazovanj“, temveč predvsem kako z ustrezno opremo zagotoviti našo varnost in varnost drugih udeležencev v prometu.

UVOD

Vse je dobro, dokler so žarometi novi in oddajajo močno svetlobo. Intenzivnost uporabe avtomobila, kot tudi vremenski pogoji, poskrbijo, da se zadeve spremenijo na slabše. Z dotrajanostjo in obrabo žarometov se v pogojih zmanjšane vidljivosti veliko prej utrudijo oči voznikov, njihova pozornost na cesti je veliko bolj zahtevna, reakcijske sposobnosti prav tako.

Vedno se v ospredje postavlja trditev, da moramo hitrost vožnje prilagoditi voznim razmeram in vidljivosti, kar pa vsekakor ni razlog, da lahko mirne vesti vozimo z avtomobilom, ki s stališča varnosti ne dosega zahtevanih normativov. V članku bodo predstavljeni osnovni napotki, kako se lahko lotimo pravičnega sistema čiščenja in obnove žarometov, ne da bi pri tem naredili večjo škodo.

Ne glede nato, da tudi sam strošek čiščenja in poliranja žarometov ni visok, bo radovednost marsikoga popeljala v branje in s tem lažje razumevanje postopka, ki pa vsekakor ni laične narave. Obnove žarometov se je smiselno lotiti, saj je obnova cenejša kot nakup novih žarometov.

Vzroki in detekcija zmanjšane vidljivosti žarometov

Konstitucija žarometov v večini primerov sloni na polikarbonatni plastiki, ki je zelo trpežna in odporna proti manjšim udarcem, kamenčkom in peskom na cesti ter praskam. Po daljši izpostavljenosti sončni svetlobi in UV žarkom plastika dobi moten in rumen videz brez prosojnosti. V ekstremnih primerih glede na vsakdanjo izpostavljenost se lahko zgodi, da so leče žarometov prevlečene z mrežo globokih mikro razpok, kar pa bistveno oteži postopek poliranja. Čim bolj so področja žarometov poškodovana, toliko bolj se na poškodovanih površinah nabira in zadržuje tudi umazanija. S časoma se vidljivost na cesti zmanjša do vrednosti, ki ne zagotavljajo varne vožnje.

Kdaj po navadi namenimo pozornost žarometom? Vsekakor najbolj pogosto ko pride do poškodbe, drugi pristop je žal redko prisoten. Zavedamo se, da ne bo finančnega šoka, če imamo avtomobil ustrezno zavarovan. Če ga nimamo, je lahko finančni udarec precej močan (sploh pri naprednejših ksenonskih ali LED-žarometih). V tem primeru je marsikomu pri izbiri novih žarometov najpomembnejša cena, saj meni, da večjih odstopanj v kakovosti ni. Potrebno je vedeti, da tudi pri žarometih to ne drži. Priznani proizvajalci (Valeo, Hela itd.) so lahko tudi polovico cenejši od originalnih žarometov in kakovost njihovih žarometov ni sporna. Obstajajo pa proizvajalci (Depo, TYC itd.), ki so od teh še za polovico cenejši, kar marsikoga premami k nakupu. Toliko več razlogov je torej za dosledno spremljanje in vzdrževanje ustrezne stanja žarometov.

metov najpomembnejša cena, saj meni, da večjih odstopanj v kakovosti ni. Potrebno je vedeti, da tudi pri žarometih to ne drži. Priznani proizvajalci (Valeo, Hela itd.) so lahko tudi polovico cenejši od originalnih žarometov in kakovost njihovih žarometov ni sporna. Obstajajo pa proizvajalci (Depo, TYC itd.), ki so od teh še za polovico cenejši, kar marsikoga premami k nakupu. Toliko več razlogov je torej za dosledno spremljanje in vzdrževanje ustrezne stanja žarometov.

KAKO SE LOTIMO PRAVILNEGA POSTOPKA SANACIJE ŽAROMETOV?

Prekontrolirajmo stanje žarometov
Zamegljena površina žarometa (slika 1) z rumenim odtenkom zaradi daljše izpostavljenosti UV žarkom.

S površine odstranimo umazanijo
Za pranje žarometov uporabimo mehko krpo, ščetko ali gobo (slika 2). Prepričamo se, da so žarometi čisti, kajti umazanija in pesek delujeta kot abrazivno sredstvo, ko pride na površino. Nikoli ne čistimo leč s suho krpo, to lahko namreč povzroči praske na površini.



Slika 1: Stanje žaromet pred obnovo.
Vir: Gogić (2022)

Po pranju žaromet obrišemo

Najbolj priporočljivo je, da oprani žaromet obrišemo z mehko krpo iz mikrovlačen (slika 3).

Pripravimo površino za brušenje in poliranje

Površino karoserije okoli žarometov prekrijemo s prekrivnim (markirnim) trakom za zaščito površin (slika 4), da se izognemo poškodbam barve.

Začnemo z mokrim brušenjem

Čisto gobo namočimo v vodo in jo z eno roko rahlo stiskamo, da voda steka na žaromet, z drugo roko pa hkrati izvajamo mokro brušenje tako, da začnemo z vodobrusnim papirjem P1000 (slika 5). Pomikanje brusnega papirja izvajamo v smeri levo - desno.

Zaradi zagotavljanja varnosti in zdravja pri delu ter skladno z zahtevami ekologije je potrebno umazano in odplake, nastale pri mokrem brušenju, ločevati v posebne zbiralnike.



Slika 4: Markiranje površine okoli žarometa. | Vir: Gogić (2022)



Slika 2: Pristop k ustreznemu čiščenju pred poliranjem. | Vir: Autodoc (2022)

Detekcija stanja brušene površine

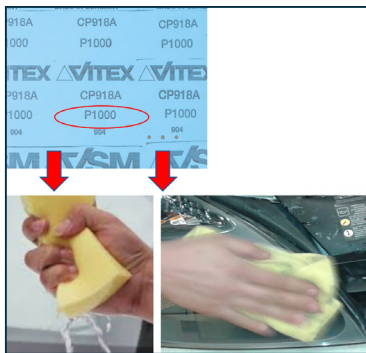
Med mokrim brušenjem spremljamo učinek dela in izvajamo detekcijo stanja po metodi vizualne kontrole.

Nadaljevanje mokrega brušenja

Postopek brušenja nadaljujemo z vodobrusnim papirjem P2000, in sicer v pravokotni smeri glede na granulacijo P1000, torej gor – dol. Brušenje izvajamo stopenjsko po enakem zaporedju, kar pomeni, da končamo z granulacijo P3000.

Učinek mokrega brušenja je doslednejši, če imamo na razpolago profesionalno orodje (brusilnik), ki ga uporabimo pri stopnji mokrega brušenja z granulacijo P3000 (slika 6).

Odstranimo prekrivne (markirne) trakove, obrišemo in pregledamo



Slika 5: Izbira brusnega sredstva in metodika dela. | Vir: Gogić (2022)



Slika 3: Uporaba čistilnih sredstev (krp) z mehko površino. | Vir: 3M (2022)

Po brušenju odstranimo prekrivne (markirne) trakove ob žarometu za zaščito karoserije, površino žarometov očistimo s suho krpo iz mikrovlačen ter opravimo vizualni pregled brušene površine. Po potrebi preostale napake odpravimo.

Izberemo polirno pasto

Izberemo polirno sredstvo z večjim abrazivnim učinkom (slika 7).

Nanesemo polirno pasto na žaromet

Polirno pasto nanesemo v tanjšem sloju (slika 8).

Poliranje

Poliranje izvedemo s specialnim orodjem, ki ima polirno gobo ustrezne trdote, ki ne poškoduje žarometa. Najprej se z gobo pasta razmaže, na kar se izvede krožni način poliranja (slika 9).

Postopek nanašanja paste in poliranja praviloma izvedemo postopoma **3x**, odvisno od stopnje dotrajanosti



Slika 6: Mokro brušenje z brusilnikom. Vir: Gogić (2022)

Dragan Gogić, mag. inž. metal. in mater. tehnolog specialist tlačnega litja MLM. d.d. Maribor predavatelj TŠC Maribor / Academia d.o.o. Maribor



FORGING · TOOLING · CASTING



Slika 7: Izbira polirnega sredstva.
Vir: 3M (2022)

oziroma poškodb površine.

Kot tretjo zaporedno pasto lahko uporabimo pasto finejše granulacije (slika 10).

Pregled in primerjava površin

Med poliranjem redno izvajamo kontrolo površine in skladno s kakovostjo izvajamo določene dodatne korekcije. Površino nato obrišemo z mehko krpo iz mikrovlaken ter dokončno preverimo ustreznost polirane površine (slika 11).



Slika 10: Polirna pasta fine zrnatosti.
Vir: 3M (2022)



Slika 8: Nanos polirne paste. | Vir:
Gogić (2022)

S sledenjem navodilom, z ustreznim zaporedjem ter uporabo predpisane opreme in pripomočkov so rezultati več kot očitni.

ZAKLJUČEK

V članku so predstavljeni poglavitni vzroki dotrajanosti in poškodb žarometov, ki lahko predstavljajo potencialno nevarnost za udeležence v prometu. Zavedamo se, da umazane in poškodovane luči zelo slabo osvetljuje cesto. Ko so močno umazane, se lahko vidljivost znatno poslabša. Pravzaprav voznik vidi le 10% dogajanja pred avtomobilom. Spoznali smo način in postopek, kako se lahko v domačem okolju lo-



Slika 9: Izvedba poliranja. | Vir: Gogić
(2022)

timo minimalnih posegov, ki imajo veliki pomen.

Za predstavljeno delo sta potrebna določena spretnost in poznavanje različnih tehnik, da bi se izognili dodatnim težavam in stroškom. V veliki meri se ob rednih kontrolah lahko tem posegom tudi izognemo, upoštevajoč vzdrževalne predpise in navodila za ravnanje, ki so predpisana s strani izdelovalcev.

Poskrbimo, da so očala našega konjička dobro vzdrževana, ter si na ta način zagotovimo boljši pogled na dogajanje v prometu.



Slika 11: Površina žarometa po poliranju. | Vir: Gogić (2022)

VIRI:

- (1) 3M. (2022). Pridobljeno s <https://www.3m.com>
- (2) Autodoc. (2022). Pridobljeno s <https://www.autodoc.si>
- (3) AvtoStop. (2022). Pridobljeno s <https://www.avtostop.si>

Statična analize paličja z MKE v programu PTC Creo 7.0

mag. Leon Pernat, uni.
dipl. ing.
predavatelj
Višje strokovne šole
Tehniškega šolskega
centra Maribor

Članek pred nami predstavlja primer statične analize preprostega paličja z metodo končnih elementov (MKE) v programu PTC Creo 7.0. Prikazana je tudi primerjava notranjih sil v paličju, izračunanih s klasičnim postopkom projekcijskih ravnotežnih enačb in z MKE. MKE je metoda, ki deli kompleksno geometrijo z neznanim strukturnim vedenjem v končno število preprostih geometrijskih elementov z znanim strukturnim vedenjem.

Že dalj časa pri reševanju zahtevnih napetostnih in deformacijskih problemov v strojništvu uporabljamo metodo končnih elementov (MKE). Metoda je zasnovana na diskretizaciji konstrukcije na ustrezne končne elemente in uporabi matrične algebre.

Z metodo MKE lahko rešujemo probleme linijske konstrukcije, ploskovne konstrukcije in konstrukcije v obliki teles. Osnova metode je v diskretizaciji geometrije konstrukcije na manjše dele (Prelog, 1975).

Elementi konstrukcije so povezani med seboj preko vozlišč in tvorijo celotno konstrukcijo. Ob upoštevanju enačb elastomehanike tvorimo osnovno enačbo končnega elemen-

ta, v kateri so neznanke vozliščni pomiki.

Ko združimo enačbe posameznih elementov v enačbo konstrukcije, lahko ob upoštevanju robnih pogojev in zunanje obremenitve izračunamo vse neznanne vozliščne pomike, nato pa še specifične deformacije in napetosti, s čemer je elastomehanski problem rešen.

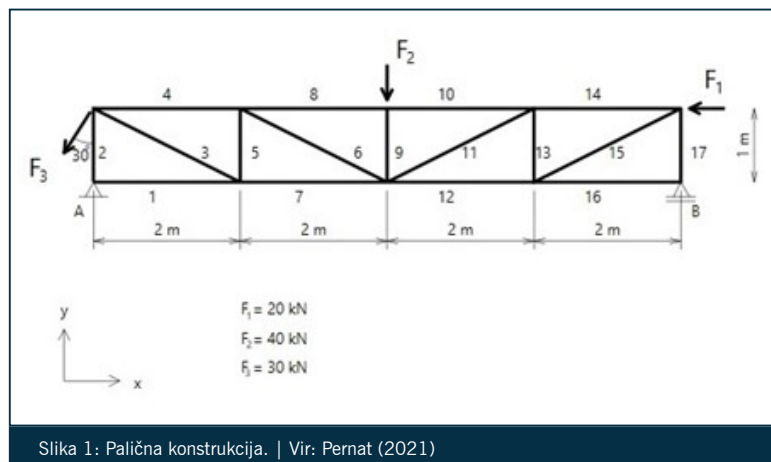
Načeloma je potek dela s računalniškim programom sledeč:

- izdelava CAD modela konstrukcije,
- diskretizacija,
- definiranje robnih pogojev in obremenitev,
- izračunavanje,
- prikaz rezultatov.

Na začetku uporabnik definira geometrijski model, ki je sestavljen iz točk, robov, površin in volumnov. Nato se model diskretizira z ustreznim tipom končnih elementov. S tem se lahko bistveno vpliva na kvaliteto rezultatov. Nadalje se definirajo robni pogoji, ki v večini primerov popisujejo vpetja konstrukcije, morebitne simetričnosti v konstrukciji, ter povezavo s sosednjimi elementi konstrukcije in obremenitve konstrukcije.

Tako pripravljene podatke program uredi v matrične zapise. Ob upoštevanju znanih robnih pogojev se za elastomehanske probleme dobi kot rezultat množica vozliščnih pomikov. Rezultate večinoma prikazujemo grafično v obliki barvnih polj in diagramov. Na tak način je mogoče zelo hitro oceniti mesta na konstrukciji, kjer nastopajo koncentracije veličin, ki nas zanimajo (Kolšek, 1998).

Opravili bomo trdnostni preračun paličja s konstantnim prerezom z metodo končnih elementov (MKE) v programu PTC Creo 7.0. Paličje je obremenjeno s tremi točkovnimi silami ter podprto z nepremično členkasto podporo v točki A in premično členkasto podporo v točki B (slika 1).



Slika 1: Palična konstrukcija. | Vir: Pernat (2021)

V programu PTC Creo odpremo novo datoteko in z ikono *Sketch* v ravni XY narišemo palično konstrukcijo (slika 2).

V zavihku *Applications* preklapimo na modul *Simulate*, izberemo strukturno analizo *Structure Mode*, nato prostorsko analizo 3D (slika 3).

V zavihku *Refine Model* kliknemo na puščico ikone *Beam* in izberemo *Beam Section*, da določimo prerez palic (slika 4).

Kliknemo na puščico ikone *Beam* in izberemo *Beam Orientations* za določitev lege prereza paličja in izberemo lego prereza v središču (slika 5).

Da definiramo paličje, kliknemo na ikono *Beam*, izberemo material jeklo (*Steel*) (slika 6).

Za določitev podpor paličja kliknemo zavihek *Home* in ikono *Constraint* ter definiramo nepremično členkasto podporo v izhodišču koordinatnega sistema (točka A). Vse skupaj ponovimo še za premično

členkasto podporo v točki B (slika 7).

Izberemo ikono *Force/Moment* in vnesemo vrednost sile F_1 . Vse skupaj ponovimo še za sili F_2 in F_3 (slika 8).

V zavihku *Refine Model* del z ikono *AutoGEM* generiramo mrežo končnih elementov (slika 9).

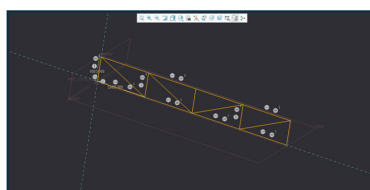
Za preračun paličja in analizo rezultatov v zavihku *Home* kliknemo na ikono *Analyses and Studies*. Izberemo *New Static Analyses* in metodo večkratnega izračuna z 10% konvergenco. Z izbiro manjšega odstotka konvergenca bi podaljšali čas izračuna in dobili še natančnejše rezultate izračuna (slika 10).

S klikom na ikono *Start run* se prične izračun. Ko je postopke zaključen, lahko izpišemo rezultate izračuna (slika 11).

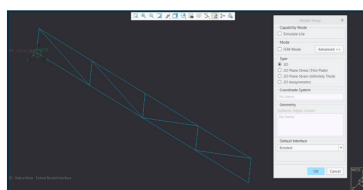
Za grafični prikaz kliknemo na ikono *Review Results* in prikažemo grafe osnih sil F_N posameznih palic (slika

Palica	F_N [kN]	F_N [kN]
	Metoda MKE	Metoda projekcijske enačbe
1	-34,905	-35
2	-50,315	-50,36
3	54,314	54,5
4	-33,668	-33,75
5	-24,301	-24,37
6	54,256	54,5
7	13,822	13,75
8	-82,339	-82,50
9	-39,917	-40
10	-82,359	-82,5
11	34,743	34,94
12	31,293	31,25
13	-15,570	-15,63
14	-51,182	-51,25
15	34,811	34,94
16	0,051	0
17	-15,600	15,62

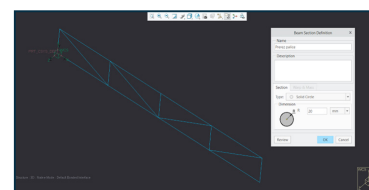
Tabela 1: Primerjava F_N .
Vir: Pernat (2021)



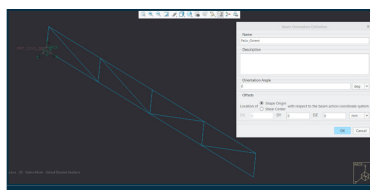
Slika 2: Risanje paličja.
Vir: Pernat (2021)



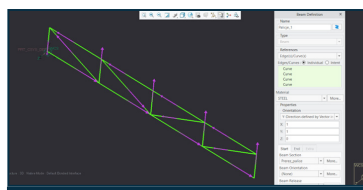
Slika 3: Izbira prostorske analize.
Vir: Pernat (2021)



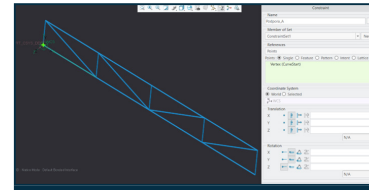
Slika 4: Prerez palic.
Vir: Pernat (2021)



Slika 5: Izbira lege prereza.
Vir: Pernat (2021)



Slika 6: Definicija paličja.
Vir: Pernat (2021)



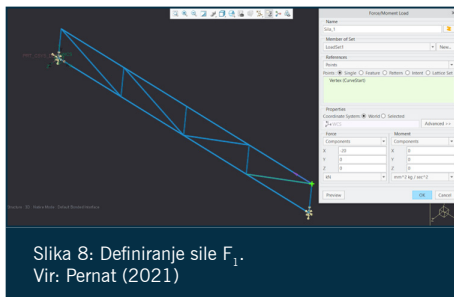
Slika 7: Definiranje podpore v točki A.
Vir: Pernat (2021)

12). S klikom na ikono *Edit* izberemo palico 2. Na podoben način lahko prikažemo grafe vseh palic.

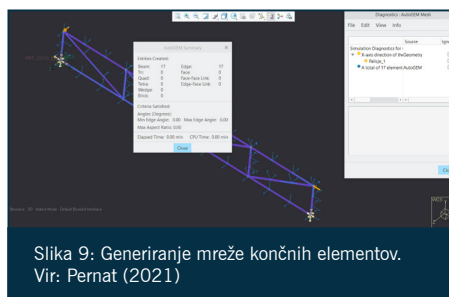
V tabeli 1 je prikazana primerjava osnih sil, izračunanih z metodo končnih elementov in metodo projekcijskih ravnotežnih enačb.

Ker v modelu CAD paličja vozlišča niso izvedena s členki, se v palicah pojavljajo poleg osnih sil tudi prečne sile in upogibni momenti (slika 13).

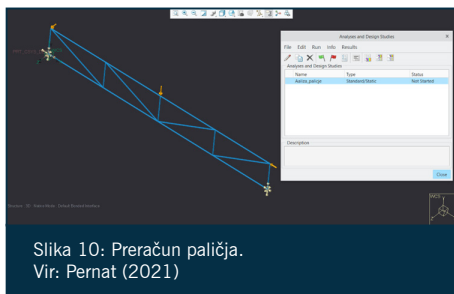
Primer prikazuje uporabnost metode MKE pri reševanju problemov plastomehanike, v kateri se izvede velika



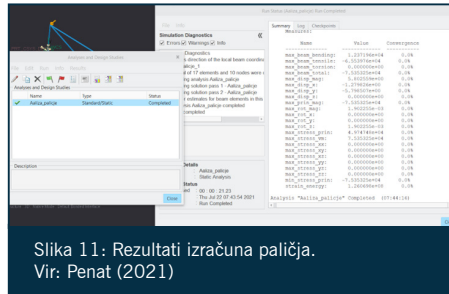
Slika 8: Definiranje sile F_1 .
Vir: Pernat (2021)



Slika 9: Generiranje mreže končnih elementov.
Vir: Pernat (2021)



Slika 10: Preračun paličja.
Vir: Pernat (2021)

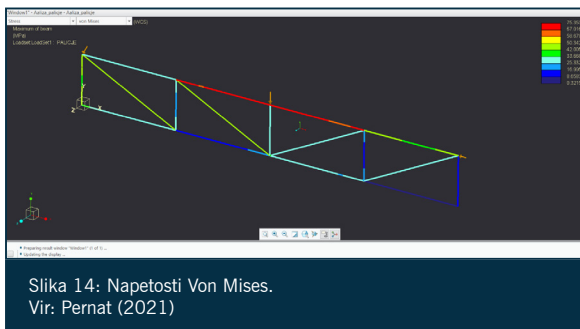


Slika 11: Rezultati izračuna paličja.
Vir: Pernat (2021)

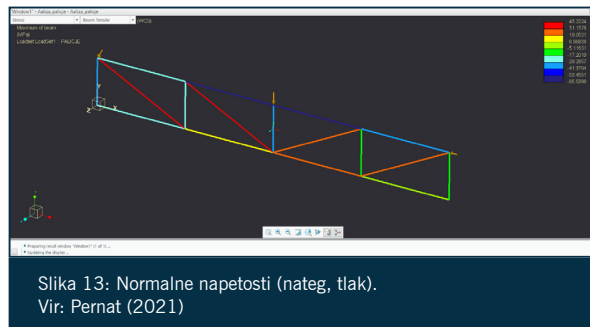
količina numeričnih operacij, ki pa jih računalniška oprema izvede brez težav.



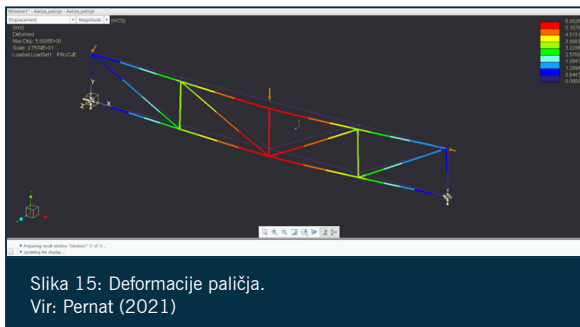
Slika 12: Graf osne sile v palici 1.
Vir: Pernat (2021)



Slika 14: Napetosti Von Mises.
Vir: Pernat (2021)



Slika 13: Normalne napetosti (nateg, tlak).
Vir: Pernat (2021)



Slika 15: Deformacije paličja.
Vir: Pernat (2021)

mag. Leon Pernat, uni. dipl. ing. predavatelj
Višje strokovne šole Tehniškega šolskega centra Maribor

VIRI:

(1) PTC. Programska oprema Creo Parametric. (2020). Pridobljeno s <https://www.ptc.com/en>

(2) Čretnik, S. (2013). Creo Parametric : elektronska knjiga. Maribor : SCI, družba za informacijske tehnologije.

(3) Pernat, L. (2020). Zapiski predavanj pri predmetu Mehanika 2. Maribor : lzv. interni dokument avtorja.

(4) Prelog, E. (1975). Metoda končnih elementov. Ljubljana : Fakulteta za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo.

(5) Kolšek, T. (1998). Metoda končnih elementov, povzetek študija. Dostopno na: http://www2.lecad.si/~kolsek/student_area/osnove_MKE/index.htm osnove_MKE/index.html, ogled: 8.7.2021.

TPM – nič zastojev opreme

Ali je nič zastojev opreme sploh možno? Danes so glavna vprašanja, kako zadovoljiti zahteve kupcev, kako poslovati na globalnem tržišču, kako povečati produktivnost in kako aktivno vključiti zaposlene v sodelovanje pri razvoju procesov in izdelkov.

Po podatkih ameriške vlade je bilo v letu 2003 v ZDA porabljenih 184 milijard dolarjev za stroške presežnega vzdrževanja in 553 milijard dolarjev proizvodnih izgub (FUSS & O'NEILL 2018).

To lahko zmanjšamo z:

- organiziranimi in učinkovitimi procesi,
- uporabo orodij za stalne izboljšave (npr. Kanban, TPM, 5S, SMED),
- s proaktivnim razmišljanjem (posodobitev opreme, predvidljivo vzdrževanje, vključevanje vzdrževanja v nakup nove opreme).

Z uvedbo metode TPM (Celovito produktivno vzdrževanje):

- izboljšamo timsko delo med operaterji stroja in vzdrževalci,
- pomagamo zmanjšati stroške, izmet, porabo energije,
- izboljšamo ergonomijo in varnost,
- pomagamo oblikovati celovit pristop vzdrževanja,
- zmanjšamo verjetnost velikih zastojev in
- povečamo skupno učinkovitost (OEE).

Pri tem je potrebno načrtovati, kateri stroji so kritični za našo proizvodnjo, kaj potrebujemo za vzdrževanje teh strojev in kdaj ter kdo bo vključen. Narediti je potrebno analizo opreme ABC.

V skupino A je vključena oprema:

- ki nima alternative v podjetju,
- ki ima odločilni vpliv na kakovost izdelka,
- katere vzdrževanje je zelo drago,
- pri kateri imajo okvare vpliv na zdravje, varnost in okolje.

V skupino B je vključena oprema:

- ki ima alternativo v podjetju,
- pri kateri so stroški vzdrževanja povprečni.

V skupino C je vključena oprema:

- za katere je enostavno najti zamenjavo in
- standardni rezervni deli (motorji, črpalke ...).

Kratkoročni cilji metode TPM so:

- definirati dnevne zadolžitve operaterja stroja s področja vzdrževanja in izboljšav,
- čiščenje in pregled ter odprava težav z opremo,
- povečati nabor spretnosti zaposlenih (poglobiti znanje o opremi),
- sestaviti seznam kritičnih rezervnih delov za opremo,
- razumeti pomen kazalnikov uspešnosti OEE,
- spoznavanje orodij metode TPM.

Dolgoročni cilji metode TPM so:

- izboljšanje kazalnika OEE na > 90%,
- ustvariti pozitivno klimo med zaposlenimi, ki sodelujejo pri spremembah,
- dvig kakovosti v procesih,

- vključitev preventivnega/predvidljivega vzdrževanja,
- izboljšanje kakovosti zraka v celotnem objektu,
- dramatično izboljšanje učinkovitosti proizvodnje.

Da bi se lahko približali cilju nič zastojev opreme, je potrebno aktivnosti razdeliti v štiri faze (FUSS & O'NEILL 2018):

1. stabilizirati intervale okvar, vzpostaviti osnovne pogoje, zbrati podatke OEE in vzpostaviti standarde,
2. izboljšati produktivnost opreme (za izboljšanje se uporabijo podatki OEE), izvajati je potrebno študije primerov OEE,
3. dvigniti kakovost vzdrževanja,
4. predvideti življenjsko dobo opreme, pripraviti načrt vzdrževanja glede na stanje opreme.

Stabilizirati intervale okvar opreme (1. faza)

V prvi fazi vzpostavimo osnovne pogoje s čiščenjem, mazanjem in pregledom vijčnih spojev. S tem lahko odkrijemo nepravilnosti oziroma na-



Slika 1: Vijčna zveza je zrahljana.
Vir: FUSS & O'NEILL

pake in jih odpravimo (odpravljamo vire kontaminacij).

Vzpostavimo standarde (predpise) dnevnega pregleda in mazanja, začnemo izvajati obsežne vizualne kontrole opreme. Zbrati je potrebno podatke OEE in dati prednost izboljšavam.

Lahko se držimo pravila:

- čistimo, da lahko pregledamo,
- pregledamo, da odkrijemo,
- odkrijemo, da popravimo,
- popravimo, da bo popolno.

Očistimo in pregledamo vse dele opreme. Na tak način dobimo vpogled v trenutno stanje naše opreme (pregrevanje, netesnost, umazanost). Pripravimo navodila za odpravljanje težav.

80% zastojev opreme ima dva glavna vzroka:

- umazanost (kontaminiranost) in
- nepravilno mazanje.

Operaterji strojev lahko že v zgodnji fazi zaznajo 75% vseh težav, povezanih z opremo (s pregledi, vonjem, zvokom in občutkom). Z dnevnimi pregledi opreme, ki ne smejo trajati dlje kot 5 minut (običajno okoli 2 minuti) se na začetku izmene preverijo kritična področja stroja, raven

olja, tesnost, kazalniki (manometri), prepustnost filtrov.

Identificirati je potrebno glavne izgube procesov. Pri tem si lahko pomagamo z metodo šest glavnih izgub:

- razpoložljivost (okvare, prestativte),
- izkoriščenost (prosti tek in manjši zastoji, zmanjšana hitrost),
- stopnja kakovosti (izgube pri zagonu, izmet in popravila).

Izboljšati produktivnost opreme (2. faza)

V drugi fazi definiramo napake opreme (po resnosti) z namenom, da preprečimo ponavljajoče se zastoje. Odpravljamo pomanjkljivosti pri načrtovanju opreme. Definiramo ukrepe proti umazaniji in naredimo opremo lažje dostopno.

S pomočjo kazalnikov OEE odpravljamo šest glavnih izgub. Pri tem si lahko pomagamo z metodami Brainstorming, diagramom ribjih koščic, Pareto diagram, FMEA.

S kazalniki OEE lahko prepoznamo večje izgube in na osnovi tega določimo trenutno sposobnost našega procesa in pripravimo načrt povečanja zmogljivosti. Pri prestavitvah strojev ločimo dejavnosti, ki jih lahko opravimo med delom in s tem

skrajšamo čas, ko stroj ne dela.

Zmanjšamo manjše prekinitve, običajno jih povzročijo male okvare, ki pa so posledica pomanjkanja čistotice in krajših pregledov operaterjev strojev.

Da se zmanjšajo izgube zaradi hitrosti dela, je potrebno določiti tehnološke podatke za vse izdelke. Če je možno, se namestijo naprave za vizualni prikaz hitrosti. Zaželeno je, da se uporablja optimalna hitrost, ki jo omogoča oprema.

Dvigniti kakovost vzdrževanja (3. faza)

- Ocenimo in razvijamo odličnost vzdrževanja.
- načrtujemo vzdrževanje,
- uporabimo metodo 5S,
- sestavimo matrico spretnosti,
- izvajamo usposabljanja veččin,
- vzpostavimo nadzor nad rezervnimi deli.

Vzpostavimo sistem načrtovanega vzdrževanja:

- izvajajmo redne servisne in inšpekcijske preglede,
- opravimo servisiranje in pregled opreme glede na pogoje,
- vzpostavimo delovne standarde,
- računalniško obdelamo informacije o vzdrževanju.



Vzpostavimo smernice za nakup in namestitve nove opreme:

- definiramo tehnične podatke za vzdrževanje nove opreme,
- definiramo postopek za namestitev nove opreme.

Predvideti življenjsko dobo opreme (4. faza)

Razviti je potrebno sistem za predvidljivo vzdrževanje:

- predstaviti opremo in tehnike za predvidevanje,
- uporabiti diagnostično opremo,
- vzpostaviti spremljanje na podlagi stanja,
- izvesti analizo napak z uporabo posebnih inženjerskih tehnik,
- podaljšati življenjsko dobo opreme z razvojem novih materialov in tehnologij.

Preventivno oziroma napovedano vzdrževanje pomeni, da:

- prepoznamo možne napake že v povojih,
- nadzorujemo opremo s posebnimi orodji za napovedovanje,
- izvajamo redne servisne intervale,
- načrtujemo dela za zamenjavo ali popravila obrabljenih ali okvarjenih delov.

Z uporabo opreme za predvidevanje med delovanjem strojev si zagotovimo zgodnje opozorilo o možnih napakah in s tem omogočimo načrtovano vzdrževanje.

Pri vsem tem velja, da brez ukrepanja ni uspeha:

- uporabimo obstoječe metode za hitre in varne izboljšave,
- preizkusimo nove zamisli in ukrepe,
- ni nujno, da je prvič spremenjeni proces popoln,

- s tem, ko si olajšamo delo, hkrati izboljšamo proces,
- podpiramo delo v skupinah, kar izvajajo uspešna podjetja.

Vloga in odgovornost vodstva je, da:

- pripravi in uskladi načrt vzdrževanja,
- sodeluje na dogodkih,
- spremlja napredek,
- spodbuja uspehe (pohvale, nagrade).

Nič zastojev opreme v praksi ni možno, lahko pa s pravilnim pristopom k vzdrževanju te zastoje zmanjšamo na sprejemljivo raven za posamezno podjetje.

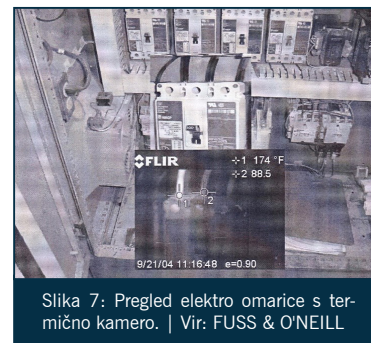
Vsak upravljalca vzdrževanja v katerikoli industrijski dejavnosti mora vzdrževanje optimirati (Androjna in Rosi, 2008).



Slika 5: Nova zaščita nudi vizualni pogled in mazanje. | Vir: FUSS & O'NEILL



Slika 6: Skladišče delov, urejeno po metodi 5S. | Vir: FUSS & O'NEILL



Slika 7: Pregled elektro omarice s termično kamero. | Vir: FUSS & O'NEILL

VIRI:

(1)
Fuss & O'Neill. (2018). TPM Zero Equipment Stoppages.

(2)
Androjna, A.; Rosi, B. (2008). Celostno obvladovanje vzdrževanja. Tržič : Učila International.

(3)
Pernat, Leon. (2020). Zapisniki predavanj pri predmetu Vzdrževanje strojev in naprav. Maribor : Izv. interni dokument avtorja.

tehniški
šolski
center
maribor



moja izbira

Primerjava opisov postopkov sintranja v učbenikih in priročnikih iz različnih obdobj

V današnjem sodobnem času smo priča vse hitrejšemu razvoju tehnike in kadar vzamemo v roke kakršnekoli tehnološke priročnike izpred nekaj desetletij in jih primerjamo s tistimi iz današnjih dni, lahko ugotovimo, da so v njih precejšnje razlike v opisih posameznih tematskih področjih. Ta artikel predstavlja primerjavo opisov postopka sintranja kot je opisan v treh nemških knjigah iz različnih časovnih obdobj in ugotovitev na osnovi te primerjave.

UVOD

V pričujočem članku si bomo ogledali opise postopka sintranja kot je predstavljen v treh nemških knjigah iz treh različnih obdobj. Predpostavljamo lahko, da bodo ti opisi različni in da bo opis postopka sintranja v knjigi iz najnovejšega obdobja najbolj izčrpen, medtem ko bo opis teh postopkov v najstarejši knjigi najskromnejši. Za primerjavo bomo vzeli opise postopka sintranja iz naslednjih priročnikov oziroma učbenikov:

- *Dubbels Taschenbuch für den Maschinenbau* (Dubblor strojniški priročnik) oziroma njegov drugi del iz leta 1956;
- *Technologie für Metallberufe* (Tehnologija za kovinarske poklice) iz leta 1989, in
- *Fachkunde Mechatronik* (Mechatronika) iz leta 2005.

Vidimo lahko, da je od izida prve in druge knjige minilo 33 let, od izida druge in tretje, t. j. zadnje navedene knjige pa 16 let. A če upoštevamo vse hitrejši tempo razvoja tehnologij, lahko domnevamo, da je tudi v obdobju šestnajstih let od izida druge do izida tretje knjige na področju tehnoloških postopkov in tehnologij prišlo do mnogih novosti in pogledov na tehnološke procese.

OPIS POSTOPKA SINTRANJA V KNJIGI *DUBBELS TASCHENBUCH FÜR DEN MASCHINENBAU*

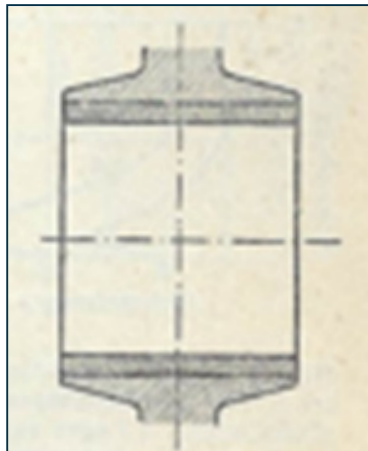
Najprej si oglejmo, kako je postopek sintranja opisan v prvi knjigi – v Dubblorovem strojniškem priročniku iz leta 1956. Tako ob pregledu kazala kakor tudi med proučevanjem same knjige ugotovimo, da v njej ni samostojnega poglavja na temo sintranja, marveč je kratek opis postopka sintranja moč najti v poglavju z naslovom „*Maschinenteile*“ (strojni deli oz. strojne komponente), in sicer v podpoglavju omenjenega poglavja z naslovom „*Gleitzapfen und gleitlager*“ (drsní čepi in drsní ležaji), ki se še nadalje deli na tri podpoglavja, med katerimi najdemo podpoglavje z naslovom „*Gleitlagerschalen und ihre Werkstoffe*“ (ohišja drsnih ležajev in njihovi materiali), v katerem so navedeni in na kratko opisani materiali, iz katerih so lahko narejena ohišja drsnih ležajev. In v tem podpoglavju na tem mestu med navedenimi materiali najdemo material „*Sintermetall*“ (sintrana kovina), kjer se nahaja naslednji opis postopka sintranja:

„*Metallpulver von bestimmter Korngröße wird unter sehr hohem Druck (bei Eisen bis 10 t/cm²) in Formen zusammengepreßt und bis zum Sintern erhitzt. Korngröße,*

Preßdruck und Preßtemperatur bestimmen die Größe und Verteilung der Poren; Porigkeit beträgt bis zu 30%. Ausgangswerkstoffe: Kupfer mit Sondermessing oder Eisen mit 2 bis 3% Blei. Zusatz bis 5 Vol.-% Graphit. Nach dem Sintern in nichtharzendem warmen Öl getränkt. Infolge Belastung und Erwärmung beim Lauf tritt das Öl aus den Poren zur Gleitfläche, beim Stillstand zieht es sich infolge Abkühlung in die Poren zurück. Sehr gute Notlaufeigenschaft.“

(Kovinski prah določene zrnivosti (velikosti zrnc) se pod zelo visokim pritiskom (pri železu do 10 t/cm²) stisne v forme in segreje do sintranja. Zrnivost (velikost zrnc), pritisk in temperatura stiskanja določajo velikost in razporeditev por; poroznost znaša do 30%. Izhodiščni materiali: baker s specialno medenino ali železom z 2 do 3% dodatkom svinca. Dodatek do 5 volumenskih procentov grafita. Po sintranju se (izdelke) potopi v brezsmolno toplo olje. Zaradi obremenitev in segrevanja med tekom olje izstopi iz por na drsno površino, pri mirovanju pa se zaradi ohlajanja umakne nazaj v pore. Zelo dobra lastnost pri teku v sili.)

Gre za skrajno kratek in jednat opis postopka sintranja, vendar iz tega opisa ne izvemo, kje in kako – npr. pri katerih temperaturah – poteka postopek segrevanja stiskancev iz kovinskih prahov. Nas pa opis dobro seznanja z vplivom zrnivosti izhodiščnega materiala, pritiska in temperature stiskanja na stopnjo poroznosti ter z izhodiščnimi materiali. Informaciji, da se sintrane izdelke potopi v toplo olje brez smol sledi podatek, da zaradi obremenitev in segrevanja med tekom olje izstopi iz por in se vanje med mirovanjem zaradi ohlajanja zopet vrne. Sicer v opisu ne piše izrecno, kaj naj bi bilo pod obremenitvijo in bi se med tekom segrevalo, toda iz naslova podpoglavja „Gleitlagerschalen und Ihre Werkstoffe“, ki je istočasno del podpoglavja „Gleitlager und Gleitzapfen“ (Drsni čepi in drsni ležaji) je razvidno, da gre pri teh sintranih izdelkih za ohišja drsnih ležajev, ki jih torej po sintranju potopijo v toplo olje brez smol, tako da olje vstopi v pore sintranih ohišij drsnih ležajev, jih napolni in med segrevanjem med delovanjem teh ležajev izstopi iz por



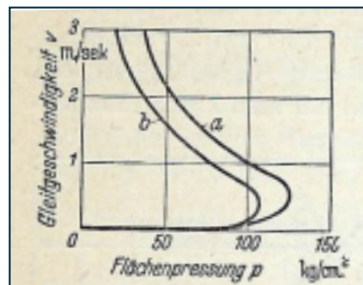
Slika 1: Aluminijasti ležaj za visoko število vrtljajev s samoregulirajočim razmikom med ohišjem in ležajno pušo. Vir: (1)

in maže ležaje, med mirovanjem, ko se ležaji ne vrtijo in se ohladijo, pa olje zopet vstopi v pore, kjer se nahaja do naslednjega obratovanja ležajev, ko se le ti zopet segrejejo in se olje zopet izloči in maže takšne ležaje.

Nato v pričujočem opisu z naslovom „Sintermetall“ sledi informacija o uporabi tega sintrane materiala pri izdelavi tovrstnih ležajev in o izvedbah le teh, kjer beremo:

„Anwendung: Lager aller Art, bei denen selbsttätige, ölsparende und nicht schmutzende Schmiererung sowie geräuscharmer Lauf erwünscht. Meist als geschlossene Buchse mit Übermaß in Stützschaale eingeprägt, wodurch die Bohrung der Buchse verkleinert wird. Verhältnismäßiges Lagerspiel $\phi = 0,0005$ bis $0,0015$. Nachträgliche Bearbeitung der Laufbohrung unzuweckmäßig. Bild 124 zeigt Flächenpressungen p , ermittelt bei Grenzlast-Lagerprüfungen an Metall-Kapillar-Lagern, in Abhängigkeit von der Gleitgeschwindigkeit v.“

(Uporaba: Ležaji vseh vrst, kjer je zaželeno samodejno mazanje, ki varčuje z oljem in ne onesnažuje, ter tiho delovanje. Običajno se kot zaprta puša s preveliko velikostjo



Slika 2: Mejne vrednosti obremenitve za kovinske kapilarne ležaje iz bronca in jekla. | Vir: (1)

stisne v ležajno školjko, kar zmanjša izvrtino puše. Relativni odmik med ohišjem ležaja in ležajno pušo $\phi = 0,0005$ do $0,0015$. Nadaljnja obdelava izvrtine v notranjosti ležaja je nesmotrna (nesmiselna). Slika 124 prikazuje površinske tlake p , ugotovljene pri preskusih mejne nosilnosti kovinskih kapilarnih ležajev, v odvisnosti od drsne hitrosti v.).

S temi besedami se opis sintranih kovin v omenjeni knjigi zaključijo. Opisu sta dodani dve sliki. Slika 1, ki v pričujočem opisu ni omenjena, prikazuje prečni prerez aluminijastega ležaja za uporabo v območju velikega števila vrtljajev s samoregulirajočim razmikom med ohišjem ležaja in ležajno pušo. Slika ni opremljena z nobenimi besedami in mora bralec sam ugotoviti, kateri deli ležaja so prikazani na sliki. Zaradi različne šrafure lahko sklepamo, da zgornji in spodnji del, ki sta šrafirana s črtami, ki potekajo od levo zgoraj do desne navzdol, predstavljata ohišje omenjenega ležaja, medtem ko notranja dela, katerih šrafura poteka od zgoraj levo do spodaj desno, predstavljata ležajno pušo.

Slika 2 prikazuje mejne vrednosti obremenitve p za kovinske kapilarne ležaje, in sicer za ležaje iz bronca in ležaje iz jekla. Na sliki vidimo graf, na katerem so navpično kot eden od parametrov prikazane drsne hitrosti od 0 do 3, izražene v metrih na sekundo, vodoravno pa drugi parameter, in sicer površinski tlak izražen v kilogramih na kvadratni centimeter. V grafu je prikazano obnašanje bronastih in jeklenih kapilarnih ležajev glede na dana parametra, pri čemer so kapilarni ležaji iz bronca označeni s črko a, kapilarni ležaji iz jekla pa s črko b. Iz grafa je razvidno, da je pri kapilarnih ležajih iz jekla površinski tlak na časovno enoto manjši kot pri

kapilarnih ležajih iz bron.

Opis v Dubblovem strojniškem priročniku pa je zanimiv tudi iz jezikoslovnega vidika, saj je v njem moč najti naslednji jezikovni značilnosti:

- Črkovanje po starem nemškem pravopisu kot je bil v rabi vse do pravopisne reforme leta 1996. Tako v opisu najdemo besede „*Preßdruck*“ (pritisk stiskanja), „*Preßtemperatur*“ (temperatura stiskanja) in „*zusammengepreßt*“ (skupaj stisnjen), ki so napisane s črko ostri s „ß“, a se v skladu z novim nemškim pravopisom pišejo z dvojno črko „ss“, se pravi s „ss“ in jih je danes treba pisati „*Pressdruck*“, „*Presstemperatur*“ in „*zusammengesst*“.
- Primer slovnično nepravilne pridevniške sklanjatve. Tako v besedilu naletimo na naslednjo poved: „*Nach dem Sintern in nichtharzendem warmen Öl getränkt.*“ Tukaj v oči bode raba pridevnikov, kjer piše „*in nichtharzendem warmen Öl*“, kjer pri drugem pridevniku, katerega osnovna oblika je sicer „*warm*“, zasledimo napačno obrazilo „-en“. Kadar namreč sklanjamo dva ali več zaporedno napisanih pridevnikov brez uporabe določnega ali nedoločnega člana, še zlasti kadar gre za navedbo lastnosti snovnih samostalnikov, takšnim pridevnikom zmeraj damo enako obrazilo in bi se pravilna verzija glasila „*in nichtharzendem warmem Öl*“. Domnevamo lahko, da je avtorjem besedila ponagajal tiskarski škrt.
- Primeri okrajšanih oziroma okrnjenih povedi. Še zlasti v tehniških priročnikih, v katerih skušajo avtorji na čim manj prostora podati kar največ in-

formacij, so pogosti primeri, ko avtorji posamezne povedi namenoma okrnijo in jih zreducirajo na najnujnejše informacije, potrebne za razumevanje besedila. V nadaljevanju podajamo primere tovrstnih povedi iz besedila sočasno s predlogi njihovih popolnih oblik. Prevod povedi „*Anwendung: Lager aller Art, bei denen selbsttätige, ölsparende und nicht schmutzende Schmierung sowie geräuscharmer Lauf erwünscht*“ bi se v dobesednem prevodu glasil „Uporaba: ležaji vseh vrst, kjer zaželeno samodejno mazanje, ki varčuje z oljem in ne onesnažuje, ter tiho delovanje.“ Opazimo lahko, da v povedi v izvirniku in v danem prevodu manjka glagol „biti“ (oz. „sein“ v nemščini). Popolna poved v nemščini bi se namreč glasila: „*Anwendung: Lager aller Art, bei denen selbsttätige, ölsparende und nicht schmutzende Schmierung sowie geräuscharmer Lauf erwünscht sind*“, katere prevod bi se tako glasil: „Uporaba: ležaji vseh vrst, kjer je zaželeno samodejno mazanje, ki varčuje z oljem in ne onesnažuje, ter tiho delovanje.“

OPIS POSTOPKA SINTRANJA V KNJIGI TECHNOLOGIE FÜR METALLBERUFE

Oglejmo si, kako je postopek sintranja opisan v učbeniku *Technologie für Metallberufe* (Tehnologija za kovinarske poklice) iz leta 1989. V tem učbeniku v tretjem poglavju z naslovom „*Ur- und Umformen*“ (Izoblikovanje in preoblikovanje) najdemo podpoglavje z naslovom „*Sintern – Urformen in festem Zustand*“ (Sintranje – izoblikovanje v trdnem stanju), ki se nadalje deli na več

delov. V uvodnem delu je na sliki 3 fotografija treh komponent – zobnika, zobatega kolesa in puše, ob fotografiji pa je uvod, v katerem beremo, da so na sliki prikazani komadi bili izdelani iz praškastih materialov in da ta postopek označujemo kot sintranje. Sledi opomba, da gre tudi v tem primeru za postopek izoblikovanja, slednjič pa se uvod zaključí z retoričnim vprašanjem, kako neki se izdelata takšen material oz. material s takšno kohezijo?

V nadaljevanju podpoglavja „*Sintern – Urformen in festem Zustand*“, in sicer v njegovem delu z naslovom „*Der Fertigungsablauf (...)*“ (Potek izdelave (...)) beremo:

„*Die Formmasse ist ein Pulver. Es kann aus einem Stoff oder durch Mischen aus einem Stoffgemenge bestehen. Diese Masse wird in einer Form gepreßt und gleichzeitig oder anschließend erwärmt (gesintert), aber nicht erschmolzen. Es entsteht ein formbeständiges Teil.*“

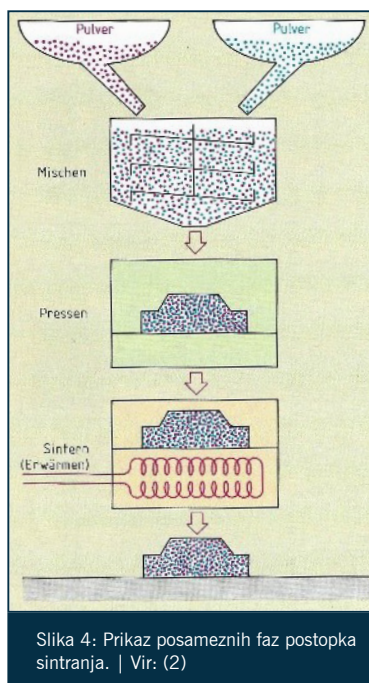
(Oblikovna masa je prah. Lahko je sestavljen iz ene snovi ali z mešanjem iz mešanice snovi. To maso stisnemo v kalupu in jo hkrati ali



Slika 3: Primeri sintranih izdelkov.
Vir: (2)

naknadno segrejemo (sintramo), vendar je ne stalimo. Tako nastane dimenzijsko stabilen komad.)

Vidimo, da gre za kratek in jedrnat oris postopka, iz katerega izvemo, da gre pri izhodiščnem materialu za prah, ki lahko sestoji iz ene same snovi ali iz mešanice več različnih snovi. Vendar iz pričujočega opisa ni moč razbrati, za kakšne vrste prahov gre. Izvemo le, da tako dobljen prah stisnejo v kalupu in ga bodisi istočasno bodisi zatem segrevajo, a ne do takšne mere, da bi se stalil in da na ta način nastane dimenzijsko oziroma oblikovno stabilen komad. V naslovu tega dela podpoglavja je sklic na sliko 4, ki se dejansko nahaja ob poglavju in na kateri je nazorno prikazan postopek sintranja: na vrhu sta prikazani dve posodi, od katerih vsaka vsebuje drugačno vrsto prahu (*Pulver*). Iz obeh posod potuje prah, ki ga vsaka izmed njiju vsebuje, v večjo posodo, v kateri nato poteka



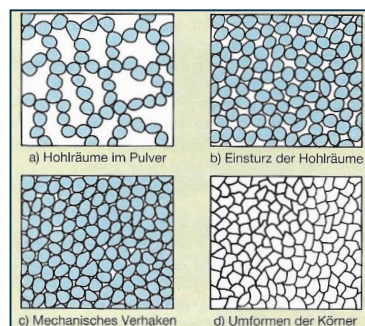
postopek mešanja (*Mischen*) obeh vrst prahov. Sledi postopek stiskanja (*Pressen*), v katerem tako nastalo mešanico prahov stisnejo v določen komad, ki ga nato ogrejejo in tako sintrajo (*Erwärmen, Sintern*) ter tako dobijo končni izdelek.

V nadaljevanju podpoglavja „*Sintern – Urformen im festen Zustand*“ sledi del z naslovom „*Was geschieht beim Pressen des Pulvers?*“ (Kaj se dogaja pri stiskanju prahu?), v katerem beremo:

„*Durch den Preßdruck wird die Reibung zwischen den Pulverkörnern überwunden. Die Hohlräume (...) zwischen den Körnern stürzen ein. Die Körner verhaken sich untereinander, werden kaltverfestigt, schließlich umgeformt oder sogar zertrümmert. Es entstehen große Berührungsflächen.*“

(S pomočjo pritiska stiskanja se premaga trenje med zrnca prahu. Špranje (votline/prazni prostori ...) med zrnca se porušijo. Zrnca se med seboj prepletejo in z ohlajevanjem utrdijo, se končno preoblikujejo ali celo razbijejo. Nastanejo velike stične površine.)

V tem delu podpoglavja beremo, kaj se zgodi z zrnca prahu v postopku stiskanja, ne pa tudi segrevanja.



Gre zgolj za opis procesov v prahu samo med postopkom stiskanja, še preden tako dobljene stiskance pošljejo na segrevanje. Kaj se z zrnca dogaja, je nazorno prikazano na sliki številka 5, ki je tudi omenjena v ten delu besedila. Slika sestoji iz štirih manjših slikic: na prvi vidimo, kako so zrnca prahu razporejena pred stiskanjem, ko je med njimi mnogo praznih prostorov, špranj oz. votlih mest (*Hohlräume im Pulver*), na drugi lahko vidimo, kako se med stiskanjem ti votli prostori oz. špranje porušijo (*Einsturz der Hohlräume*), na tretji mehansko sprijetje zrnca prahu (*Mechanisches Verhaken*) ob nadaljnjem stiskanju, na četrti pa preoblikovanje oziroma spremembo oblike zrnca (*Umformen der Körner*) kot končni rezultat postopka stiskanja.

Sledi del omenjenega podpoglavja z naslovom „*Was geschieht beim Sintern?*“ (Kaj se dogaja pri sintranju?), v katerem beremo:

„*Der Preßling wird erwärmt. Im erwärmten, aber festen Zustand tritt eine Umkristallisation der Körner ein (...). Diese Rekristallisation führt zu einem neuorientierten Gitter und damit zu einer weiteren Steigerung der Festigkeit des Preßlings. Auch bei Pulvermischung wird durch Sintern der Zusammenhalt der Teilchen gesteigert.*“

(Stiskanca segrevajo. V segretem, a trdnem stanju, nastopi preokristalizacija zrnca (...). Ta rekristalizacija vodi do preorientacije mreže in s tem do nadaljnega povečanja trdnosti stiskance. Tudi pri mešanici prahov se s sintranjem poveča kohezija delcev.)

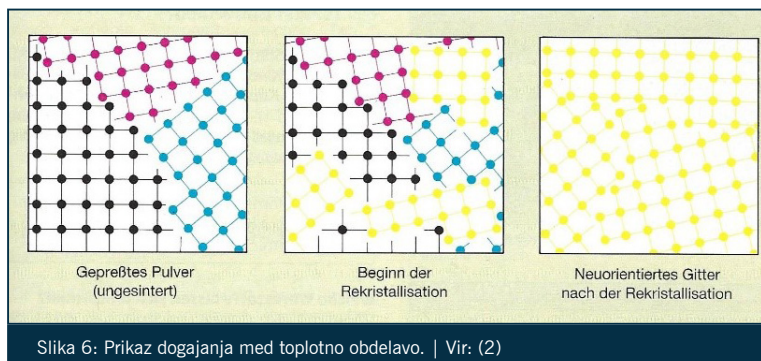
Tukaj gre za opis sprememb, do katerih pride med postopkom segrevanja iz prahov dobljenih stiskancev. Na tem mestu pa izvemo, da pri zrn-

cih pride do rekristalizacije, pri kateri se spremeni kristalna struktura oz. rešetka (mreža) zrnca prahu in da se mreža na novo preorientira, kar pripelje do povečane trdnosti stiskanca (slika 6).

V nadaljevanju v podpoglavju sledi del z naslovom „Durch Sintern entstehen Werkstoffe »nach Maß«“ (S sintranjem nastajajo materiali »po meri«). V njem beremo, da ta izjava drži iz dveh vidikov: prvič se na ta način doseže visoka merska natančnost obdelovancev in drugič se da na ta način izdelati tudi materiale s po meri narejenimi lastnostmi, pri čemer so možne tudi povezave snovi, ki jih z običajnimi postopki – npr. litjem – ne bi mogli združiti. V zvezi s tem nadalje beremo: „Auch Hartmetall (...) und Oxidkeramik sind Sinterwerkstoffe. Für Hartmetalle wird z. B. ein Pulvergemisch aus Wolframcarbid und Kobalt verwendet. Daraus entsteht ein sehr harter verschleißfester und temperaturbeständiger Sinterwerkstoff.“

(Tudi karbidna trdina in oksidna keramika sta sintrani gradivi. Za karbidne trdine se uporablja npr. praškasta mešanica iz volframovega karbida in kobalta. Iz tega nastane zelo trden, proti obrabi odporen in temperaturno obstojen sintrani material.)

Na tem mestu je končno navedenih nekaj materialov, katerih prahovi se uporabljajo za izdelavo raznih trdnih sintranih materialov. V besedilu je omenjena slika 7, ki se nahaja poleg tega dela teksta in na kateri je prikazan sveder z rezili iz karbidne trdine. Zaključni del podpoglavja pa je posvečen drsnim ležajem, in sicer v zaključku podpoglavja, ozaljšanega s sliko ohišij drsnih ležajev, beremo:



Slika 6: Prikaz dogajanja med toplotno obdelavo. | Vir: (2)

„Die Gleitlager (...) erfordert dagegen ganz andere Werkstoffeigenschaften. Es genügt eine geringe Härte. Der Werkstoff soll jedoch einen großen Porenanteil haben. Durch Tränken des Lagers kann dann sehr viel Schmieröl in die Poren eindringen. Verwendet wird ein Pulvergemisch aus Kupfercarbid und Eisen, das beim Pressen nur geringfügig verdichtet wird.“

(Drsni ležaji (...) pa zahtevajo popolnoma drugačne lastnosti materiala. Zadošča minimalna trdota. Vendar pa mora material imeti velik delež por. S potopitvijo ležaja lahko tako vanj prodre zelo veliko mazalnega olja. Uporablja se praškasta mešanica iz bakrovega karbida in železa, ki se med stiskanjem le rahlo stisne oz. zgosti.)

Ta del besedila pa lahko primerja-



Slika 7: Sveder z rezili iz karbidne trdine. Vir: (2)

mo z opisom sintranja v Dubblovem strojniškem priročniku, v katerem je v zvezi s sintranjem govora izključno o drsnih ležajih. Najbolj pade v oči razlika v navedbi materialov, ki se uporabljajo za izdelavo ohišij za drsne ležaje s postopkom sintranja. V Dubblovem strojniškem priročniku so kot izhodiščni materiali za sintranje pri proizvodnji drsnih ležajev navedeni baker s specialno medenino ali železom z dodatkom svinca in grafita, v opisu v knjigi *Technologie für Metallberufe* (Tehnologija za kovinarske poklice) pa je omenjena mešanica iz bakrovega karbida in železa, brez omembe medenine in grafita. Se pa v obeh knjigah v zvezi s sintranjem materialov za izdelavo drsnih ležajev omenja poroznost, potrebna za shranjevanje mazalne-



Slika 8: Ohišja in puše drsnih ležajev iz sintrane materiala. | Vir: (2)

ga olja, ki pride v stene tovrstnih ležajev med potapljanjem v olje.

Sicer se opis sintranja v knjigi *Technologie für Metallberufe* (Tehnologija za kovinarske poklice) za razliko od opisa sintranja v Dubblovem strojniškem priročniku ne osredotoča zgolj na materiale za izdelavo drsnih ležajev, marveč se bolj kot tisti v Dubblovem strojniškem priročniku osredotoča na sam postopek sintranja in procesih, ki se dogajajo v posameznih fazah celotnega postopka ter navaja nekaj več primerov uporabe sintranih materialov.

Tudi opis postopka sintranja v knjigi *Technologie für Metallberufe* (Tehnologija za kovinarske poklice) je zanimiv iz jezikoslovnega vidika. Ta izdaja omenjenega učbenika je sicer izšla leta 1989, se pravi še pred že omenjeno nemško pravopisno reformo, zaradi česar tudi v pričujočem besedilu naletimo na primere pisanja posameznih besed po starem. Tudi v tem primeru naletimo na besede, ki se danes pišejo z dvojno črko „s“, se pravi s „ss“, ki pa so se po starem, pred uvedbo nemške pravopisne reforme, pisale z „ostrim s“ - se pravi s „ß“. Tako v besedilu najdemo besede „*gepreßt*“ (katere pravilna različica je danes „*gepresst*“), „*Preßdruck*“ (danes pravilno: „*Pressdruck*“) in „*Preßling*“ (danes pravilno: „*Pressling*“).

OPIS POSTOPKA SINTRANJA V KNJIGI FACHKUNDE MECHATRONIK

Slednjič si velja ogledati, kako je postopek sintranja opisan v učbeniku *Fachkunde Mechatronik* (Mechatronika) iz leta 2005. V sedmem poglavju tega učbenika z naslovom „*Herstellen mechanischer Systeme*“ (Izdelava mehanskih sistemov) najdemo podpoglavje z naslovom

„*Das Urformen*“ (Izoblikovanje), znotraj le tega pa podpoglavje „*Urformen durch Sintern*“ (Izoblikovanje s sintranjem), v katerem uvodoma piše:

„*Beim Sintern werden pulverförmige Metalle unter hohem Druck in eine bestimmte Form gepresst. Dadurch sind komplizierte Formteile in hoher Stückzahl und Genauigkeit herstellbar.*“

(Pri sintranju kovine v praškasti obliki pod visokim pritiskom stisnejo v določeno formo/kalup. Tako je mogoče izdelati zapletene oblikovane dele v velikem številu in z veliko natančnostjo.)

O tem, da gre pri sintranju za stiskanje praškastih materialov v določene kalupe, beremo sicer že v obeh predhodno omenjenih knjigah, v knjigi *Fachkunde Mechatronik* (Mechatronika) pa na novo izvemo, da je na ta način možno izdelati komade zahtevnih oblik v velikem številu in z veliko mero natančnosti. Ob uvodnem delu omenjenega podpoglavja pa je še slika tipičnih sintranih izdelkov (slika 9).

V nadaljevanju podpoglavja beremo, da sintranje poteka v različnih stopenjah oz. fazah, ki so predstavljene v nadaljevanju in od katerih je vsaka označena s črko. Prva je:

a. „*Herstellen des Metallpulvers: Die Metallpulver werden durch Zerstäuben der Metallschmelze hergestellt.*“

a. Izdelava kovinskega prahu: kovinski prahovi se izdelujejo z razprševanjem kovinske taline.)

Za razliko od obeh predhodnih knjig le ta podaja opis izdelave kovinskih prahov. Sledi opis naslednje faze, v

katerem piše:

b. „*Mischen der Metallpulver: Die einzelnen Pulver werden gemischt und zum Erleichtern des Gleitens beim anschließenden Pressen mit einem Gleitmittel versetzt.*“

b. Mešanje kovinskih prahov: posamezni prahovi se zmešajo, za olajšanje drsenja med naknadnim stiskanjem pa se jim doda mazivo.)

Tudi tukaj izvemo nekaj novega, češar ne izvemo v nobeni iz med obeh predhodno omenjenih knjig, in sicer, da se med mešanjem kovinskih prahov le tem doda mazivo, ki olajša drsenje prašnih delcev med procesom stiskanja le teh v kalup.

Sledi opis tretje faze:

c. „*Pressen der Form: Mit Drücken bis 600 bar werden die Pulvermischungen in Form gepresst.*“

c. Stiskanje v kalup: Praškaste mešanice se stiskajo v kalup pri tlakih do 600 barov.“)

Poleg informacij o tem, da praškaste mešanice stiskajo v kalup, ki jih preberemo v obeh predhodnih knjigah, na tem mestu izvemo tudi, pod katerim tlakom kovinske prahove sti-



Slika 9: Sintrani komadi. | Vir: (3)

skajo v kalupe.

Zatem o samem postopku sintranja beremo:

d. „*Sintern: Bei 50%...90% der Schmelztemperatur der Ausgangsmetalle werden die Presslinge einer Wärmebehandlung unterzogen. Dabei erhalten die Teile durch Diffusion an den Berührungsstellen ihre endgültige Festigkeit.*“

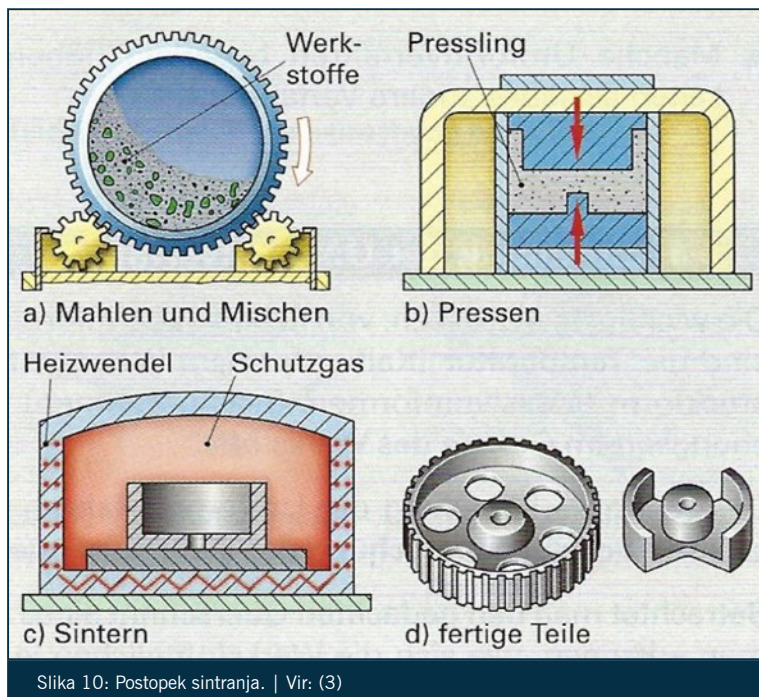
d. Sintranje: Stiskance podvrže toplotni obdelavi pri 50%...90% talilne temperature izhodnih kovin. Deli dobijo končno trdnost z difuzijo na kontaktnih točkah.)

Za razliko od informacij podanih v obeh predhodno obdelanih knjigah iz opisa v tej knjigi izvemo višino temperature, pri kateri se stiskance podvrže toplotni obdelavi in da s pomočjo difuzije na stičnih točkah delcev kovinskih prahov izdelki dobijo končno trdnost.

Sledi še opis zadnje faze postopka sintranja, o katerem beremo:

e. „*Kalibrireren: In der Regel besitzen die gesinterten Werkstücke eine hohe Maßgenauigkeit. In besonderen Fällen reicht diese nicht aus. Die Werkstücke werden dann durch ein Nachpressen (Kalibrieren) auf die gewünschte Maßgenauigkeit gebracht (...).*“

e. Kalibracija: Sintrani obdelovanci imajo praviloma visoko stopnjo dimenzijske natančnosti. V posebnih primerih pa le ta ne zadošča. Nato se obdelovanci z naknadnim stiskanjem (kalibriranjem) dovedejo do želene dimenzijske natančnosti (...).



Tudi te informacije ne izvemo iz poprej omenjenih dveh knjig. Tukaj pa je pojasnilo, da dimenzijska natančnost posameznih sintranih izdelkov ni dovolj, marveč jih je potrebno še dodatno stisniti oz. umeriti ali kalibrirati.

Ob navedenih opisih posameznih faz postopka sintranja pa se nahaja še slika, ki v grobem prikazuje glavne štiri faze postopka. V zgornjem levem delu slike je prikazan postopek mletja in mešanja kovinskih prahov (*Mahlen und Mischen*), v nadaljevanju zgoraj desno sledi prikaz postopka stiskanja (*Pressen*) in stiskanca (*Pressling*), nato pa spodaj levo prikaz sintranja s segrevanjem v zaščitnem plinu (*Schutzgas*) s pomočjo grelne tuljave (*Heizwendel*), slednjič pa sliko dveh gotovih sintranih komadov (slika 10).

Podpoglavje se nadaljuje z ugotovitvijo, da so lastnosti sintranih obdelovancev odvisne od različnih dejavnikov in da pri tem igrajo pomembno vlogo predvsem uporabljeni materiali, pa tudi pritiski pri stiskanju in temperature, pri katerih poteka sintranje ter da pri nizkih pritiskih pri stiskanju nastajajo porozni, pri visokih pritiskih pa zelo gosti materiali.

Sledi zanimiv podatek v zvezi s poroznimi materiali, in sicer:

„*Poröse Werkstoffe eignen sich hervorragend für den Einsatz als Filter- oder als Lagerwerkstoffe. Die Lagerwerkstoffe werden vor ihrem Einbau in Öl getränkt. Das in den Poren gespeicherte Öl tritt bei Erwärmung des Lagers aus und dient als Schmiermittel (...).*“



Slika 11: Sintrani filtri in ležaji | Vir: (3)

(Porozni materiali so idealni za uporabo kot materiali za filtre ali ležaje. Materiale za ležaje pred vgradnjo namočijo v olje. Olje, shranjeno v porah, pri segrevanju ležaja izstopi in služi kot mazivo (...).)

Na tem mestu o sintranih materialih preberemo to, kar smo prebrali že v obeh predhodno obdelanih knjigah, in sicer, da sintrane komponente za gradnjo ležajev pred izdelavo ležajev potopijo v olje, da olje zapolni pore v materialu in se ležaji med delovanjem sami mažejo tako, da olje, ki je v porah materiala ležajev, zaradi segrevanja med delovanjem ležajev izstopi iz por in ležaje maže. Obenem pa na tem mestu izvemo tudi nekaj novega – nekaj, česar iz opisov v prejšnjih dveh knjigah nismo izvedeli, in sicer, da so porozni materiali idealni tudi kot material za izdelavo filtrov. Tamu opisu je pridana slika, omenjena v besedilu, ki prikazuje sintrane filtre in ležaje (slika 11).

Podpoglavje „*Urformen durch Sintern*“ se nato zaključuje z navedbo prednosti in slabosti sintranih materialov in postopka sintranja: „*Die Vorteile gesinterter Werkstoffe liegen hauptsächlich darin, dass die Bauteile im Gegensatz zu gegossenen Teilen einbaufertig, in hoher Präzision und Maßhaltigkeit sowie*

wirtschaftlich in großer Stückzahl hergestellt werden können. Durch die hohe Presskraft ist der Einsatz auf kleinere Werkstücke begrenzt. Die hohen Kosten für die Pressform und die Einschränkungen in der Formgebung durch den Wegfall von Hinterschneidungen sind ebenfalls als Nachteil zu nennen.“

(Glavne prednosti sintranih materialov so, da je v nasprotju z litimi deli mogoče komponente izdelati pripravljene za vgradnjo, z visoko natančnostjo in dimenzijsko natančnostjo ter ekonomično v velikih količinah. Zaradi velike sile stiskanja je uporaba omejena na manjše obdelovance. Slabosti so tudi visoki stroški kalupa in omejitve pri oblikovanju zaradi odsotnosti spodrezov.)

Vidimo, da je v tej knjigi tudi opis prednosti sintranih materialov izčrpnije podan kot v obeh predhodnih knjigah in da v tej knjigi beremo tudi o slabostih sintranih materialov, medtem ko v nobeni izmed predhodnih knjig ni nobene omenbe slabosti sintranja in sintranih materialov.

Obenem se vidi, da je knjiga izšla lep čas po uvedbi nemške pravopisne reforme, saj so vse besede, ki bi se v skladu s starim pravopisom pisale z „ostrim s“ - se pravi s „ß“ pisane v skladu novim pravopisom. Primeri: „*gepresst*“, „*Pressen*“, „*Presslinge*“, „*Pressdrücke*“, „*Presskraft*“, „*Pressform*“.

ZAKLJUČEK

Opisi postopka sintranja se od knjige do knjige dejansko razlikujejo.

V Dubblovem strojniškem priročniku iz leta 1956 je opis postopka sintranja omejen zgolj in samo na področje tovrstne izdelave drsnih ležajev.

V tem besedilu je podanih tudi nekaj mer, a se vse nanašajo na drsne ležaje in njihove značilnosti, vključno s sliko prereza ležaja in grafom mejnih vrednosti obremenitve za kovinske kapilarne ležaje z opisoma. V učbeniku *Technologie für Metallberufe* (Tehnologija za kovinarske poklice) iz leta 1989 opis postopka sintranja ni omejen zgolj na izdelavo drsnih ležajev, marveč je podan splošen opis postopka sintranja s podrobnejšimi opisi sprememb v materialu med posameznimi fazami postopka, slednjič pa je navedenih par primerov uporabe sintranih materialov, tudi z navedbo njihove uporabe v proizvodnji ležajev.

Najizčrpnější pa je opis postopka sintranja v učbeniku *Fachkunde Mechatronik* (Mehatronika) iz leta 2005, kjer uvodni predstaviti postopka sledijo opisi posameznih faz postopka. Opis dogajanja z delci prahov sicer ni tako izčrpen kot opis v knjigi *Technologie für Metallberufe* (Tehnologija za kovinarske poklice), je pa res, da iz njega izvemo določene kvantitativne vrednosti, in sicer s kakšnimi pritiski se praškaste mešanice stisne v kalup in pri kakšnih temperaturah poteka segrevanje stiskancev, dodan pa je tudi opis postopka kalibracije, ki v prejšnjih dveh knjigah ni podan.

Ugotovimo lahko tudi, da v obeh starejših knjigah, ki sta izšli še pred uvedbo nemške pravopisne reforme leta 1996, naletimo na nekatere strokovne izraze, ki so zapisani še po starem, medtem ko je besedilo opisa v knjigi *Fachkunde Mechatronik*, ki je izšla po uvedbi omenjene reforme, napisan v skladu z njo.

VIRI:

(1) Sass, F.; Bouché, Ch. *Dubbels Taschenbuch für den Maschinenbau* (Erster Band). (1956). Berlin/Göttingen/Heidelberg: Springer Verlag.

(2) Baur, G. et al. *Technologie für Metallberufe*. (1989). Hannover: Schroedel Schulbuchverlag GmbH.

(3) Bartenschlager, J. et al. *Fachkunde Mechatronik*. (2005). Haan-Gruiten: Verlag Europa-Lehrmittel.

Josephine Cochrane in njen pomivalni stroj

Že vse od prvih primerov uporabe posode se ljudje zavedajo, da je potrebno posodo po uporabi pomiti in jo pripraviti na nadaljnjo uporabo za shranjevanje ali serviranje jedače in pijače ter živil. Pomivanje posode je dolga stoletja potekalo ročno, vse do trenutka, ko je domiselna mlada Američanka z imenom Josephina Cochrane izumila napravo, ki velja za prvi avtomatski pomivalni stroj v zgodovini človeštva. Namen pričujočega članka je osvetliti aktivnosti omenjene izumiteljice, ki so pripeljale do razvoja in masovne proizvodnje prvega pomivalnega stroja v zgodovini.



Slika 1: Josephina Cochrane. | Vir: (3)

UVOD

V Ameriki se je pisalo leto 1883, ko je bila v Združenih državah Amerike industrijska revolucija na vrhuncu. Pojav mehanizacije je pripeljal do velikega napredka na področju transporta, komunikacij in kmetijstva in izdelke je bilo možno proizvajati v velikem številu, ki si ga poprej ni bilo mogoče zamisliti.

Toda medtem, ko je pojav novih tehnologij v vse večji meri vplival na način dela in življenja Američanov, so še zmeraj obstajala področja dela, za katera se je zdelo, da se je čas ustavil in so obtičala v primežu preteklosti. Še zmeraj so obstajala vsakodnevna opravila, ki so od ljudi zahtevala ogromno truda in naporov. Opravila, ki so zajemala čiščenje in

vzdrževanje domov in gospodinjestev, so ljudem jemala ogromno dragocenejšega časa in od njih terjala ogromno truda.

V mestecu Shelbyville, v ameriški zvezni državi Illinois, je v razkošni vili živela Josephine Cochrane, ki je dobro vedela kako naporna so vsakodnevna gospodinjska opravila, četudi jih njej sami ni bilo potrebno opravljati, saj je imela dovolj služkinj. Sama je izhajala iz premožne družine in tudi oba s sporogom sta bila premožna in nikoli se ji ni bilo treba ubadati z eksistenčnimi problemi in nikoli si ni rabila beliti glave s tem, kako bo preživela iz dneva v dan, saj so moževi dohodki zadoščali za udobno življenje. Skupaj z možem sta se družbeno in politično zelo angažirala in na svojem domu pogosto prirejala sprejeme za premožne goste.

Na takšnih sprejemih in slavnostnih obedih so gostom običajno postregli s hrano v posodah iz kitajskega porcelana iz 17. stoletja, ki je bil Josephini Cochrane izredno pri srcu in ji pomenil pravi pravcati zaklad. Toda zelo pogosto se je dogajalo, da so njene služkinje med ročnim pomivanjem posode okrušile ali nalomile te posamezne posode iz dragocenejšega kitajskega porcelana in vedno znova je Josephine Cochrane užaloščena

na posameznih skodelicah ali krožnikih iz tega porcelana odkrivala okrušena mesta. Slednjič je po eni izmed takšnih sprejemov in zabav za premožne goste posodo iz dragocenejšega kitajskega porcelana pomila sama, a je ob tem zopet naletela na okrušen krožnik in se je vsa zaprepadeno pričela spraševati, kako neki prihaja do krušenja. Ugotovila je, da do poškodb prihaja med drgnjenjem posode in trki med posodami v topli vodi.

Uvidela je, da je napočil čas za spremembo. Ko sta nekega dne z možem sedela v dnevni sobi, je na glas izrazila svoje začudenje nad dejstvom, da še nihče ni izumil stroja za pomivanje posode. Sprogov je ogovoril, da dvomi, da bi se komurkoli to zdelo zelo pomembno. Obenem se je vprašal, zakaj bi sploh kdo potreboval stroj za pomivanje posode. V tistem obdobju so namreč mnoge ženske srednjega družbenega razreda imele svoje kuharice in služkinje, da so jim prale, pomivale, pospravljale in kuhale in potreba po pomivalnem stroju ni bila tako očitna, saj je bilo samoumevno, da lahko tovrstno delo opravijo služkinje.

Toda kljub pomanjkanju zanimanja za njeno zamisel o stroju za pomivanje posode, se je Josephine Cochrane leta 1883 lotila risanja načrtov

za ročno gnan stroj za pomivanje posode, pri čemer je skrbno snovala posamezne dele stroja – npr. predele za zlaganje posode – in zamisel o izdelavi takšnega stroja jo je povsem prevzela in polna navdušenja in zagona ob misli na izdelavo popolnega pomivalnega stroja je prebila mesece pri mizi in dodelovala in izboljševala na papirju svoj načrt stroja.

Toda v njeno življenje je krutoarezala usoda, ko ji je zaradi srčne kapi nenadoma umrl soprog. Vse do moževe nenadne smrti je namreč Josephine mislila, da sta zelo premožna, a po soprogovi smrti se je izkazalo, da sta bila pravzaprav precej zadolžena in da bo za svoje nadaljnje preživetje morala zbrati finančna sredstva. Zavedla se je, da bo potrebno stroj, ki ga je zasnovala na papirju, tudi nekako realizirati in spremeniti v nekaj, kar bodo ljudje kupovali, da bo lahko zaslužila denar za osnovno preživetje. Soprog ji je zapustil kopico dolgov in samo 1.535,59 dolarjev in razvoj pomivalnega stroja sedaj ni bil potreben samo zaradi udobja, temveč tudi za preživetje in nenadoma njen izum uspešnega pomivalnega stroja niso bile več sanje, ampak nujna finančna potreba.

Do leta 1885 je namreč osnutek za pomivalni stroj že dokončala, žal pa ni vedela, kako naj ga izdela. Imela je svoje osnutke, ki jih je znala narisati, ni pa imela izkušenj z izdelavo strojev ali naprav. Zavedla se je, da bo morala najti inženirja strojništva, ki bi ji pomagal izdelati prototip njenega stroja in udejaniti njeno zamisel. Odločena uresničiti svojo zamisel se je Josephine po pomoč obrnila na lokalnega železniškega strojnika Georgeja Buttersa, sicer zaposlenega na Illinoiski centralni železnici, in ga seznanila s svojo

zamisljo. Oba sta vedela, da ne bo lahko, saj sta se zavedala, da bi kaj hitro lahko postala žrtvi opravljanja in obtožb, če bi ljudje opazili, da k njej – vdovi – zahaja mlad moški, pa četudi je šlo za pogovore strogo tehnične narave. Zato sta morala poskrbeti za to, da je prihajal k njej naskrivaj, da sta zaščitila vsak svoj ugled. Zaupala mu je sestavo in delovanje svojega stroja. Ko jo je vprašal, kje bi bile nameščene krtače za drgnjenje posode, mu je pojasnila, da krtačk ne bo, saj da bo posodo namesto krtač pomivala voda pod pritiskom.

Do takrat je namreč že obstajalo nekaj tovrstnih strojev za pomivanje posode, vendar so vsi za pomivanje posode uporabljali rotirajoče krtače, vendar se je Josephine zavedala, da bi krtače njeno posodo v stroju poškodovale, zaradi česar se je zavzemala za to, da bi posodo prala voda, ki bi pod pritiskom brizgala nanjo. In ko je Georgeja Buttersa vprašala, ali bo znal izdelati takšen stroj, ji je odgovoril, da bo poizkusil. Pravijo, da je takrat izrekla tudi svoje znamenite besede: „Če nihče drug ne bo izumil pomivalnega stroja, bom to naredila sama!“

Delala sta v lopi za njenim domom in Josephine Cochrane se je tudi sama resno lotila dela. Izmerila je posodo in izdelala žične predelke za skodelice in krožnike ter jih postavila v kolo, ki je bilo nameščeno vodoravno v bakrenem kotlu. Na dnu stroja je bila posoda, v kateri je bilo milo. Kolo se je vrtelo, poganjal ga je motor, in milna voda oz. milnica je škropila po posodi, da bi jo očistila. Motor, ki je vrtel kolo, je namreč tudi črpal vročo milnico z dna kotla in jo brizgal po posodi. Ob uporabi večih vodnih črpalk in zbiralnikov za vodo je stroj, ki ga je zasnovala, s

posrečenim načinom uporabe priska vode (vode pod pritiskom) namesto krtač uspel pomiti posodo in 1885 je stroj tako uspešno preстал prvi preizkus in Josephine in George sta navdušena ugotovila, da je stroj posodo ne le dobro opral, marveč da – in kar je bilo najpomembnejše – posoda niti malo ni bila okrušena.

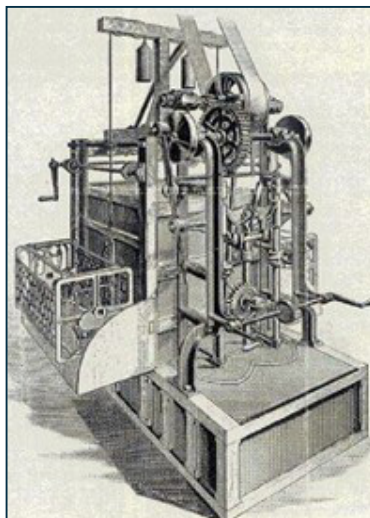
Čeprav Josephina Cochrane ni bila prva, ki je izumila pomivalni stroj, je bil njen stroj prvi, ki je za čiščenje posode uporabljal pritisk vode in ne krtač, in je imel stojala, ki so bila posebej nameščena za držanje posode na mestu. Prejšnji pralni stroji so od uporabnika zahtevali, da posodo prelije z vrelo vodo. Leta 1886 je patentirala svoj izum in z Georgejevo pomočjo začela izdelovati pomivalne stroje za prijatelje ter stroj poimenovala »Cochrane Dishwasher« (pomivalni stroj Cochrane). Stroje je oglaševala tudi v lokalnih časopisih ter z Georgejevo pomočjo pričela z izdelavo strojev za prodajo. Ko je pridobila patent, je tudi ustanovila podjetje Garis-Cochrane Manufacturing Company za proizvodnjo svojih pomivalnih strojev, v katerem je George Butters postal direktor proizvodnje.

Vendar pa je Josephine kmalu spoznala, da utegne biti prodaja njene stroja še veliko težja od že tako dolgotrajnega in napornega snovanja in izdelave. Cena stroja je znašala sto dolarjev, kar bi v današnji protivrednosti znašalo približno tri tisoč dolarjev in stroj je tako veljal za luksuzni artikel, ki si ga večina gospodinjstev ni mogla privoščiti. Za ta denar je namreč bilo možno najeti pet služkinj, ki bi poleg pomivanja posode lahko opravile še marsikaj drugega – kuhale ali poribale tla. Josephini je postalo jasno, da bo morala svoj načrt prodaje spremeniti

VIRI:

- (1) Cole, D. J. et al. Encyclopedia of Modern Everyday Inventions. (2003). Greenwood Publishing Group.
- (2) Snodgrass, M. E. Encyclopedia of Kitchen History. (2004). Routledge.
- (3) »I'll do it myself«. (2021). Pridobljeno s <https://www.uspto.gov/learning-and-resources/journeys-innovation/historical-stories/ill-do-it-myself>
- (4) Josephine Cochrane. (1839-1913) Invented the Dishwasher. (2010). Pridobljeno s: <https://forgottennewsmakers.com/2010/04/20/josephine-cochrane-1839-1913-invented-the-dishwasher/>

ti, če bo hotela uspešno tržiti svoj izum. Pričela je razmišljati, kdo bi bili potencialni odjemalci njenega stroja in se nenadoma domislila, da bi njen stroj utegnil biti zanimiv za večje ustanove – hotele in gostinske obrate. In ko ji je George Butters pokazal vabilo Svetovnega tehniškega sejma v Chicagu, na katerem je pisalo, da vabijo izumitelje, da na sejmu predstavijo svoje izume, je Josephine zaslutila svojo priložnost. Omenjeni sejem, ki ga je leta 1893 gostil Chicago, je namreč takrat igral izredno pomembno vlogo za



Slika 7: Pomivalni stroj, ki ga je izumila Josephine Cochran. | Vir: (3)

ameriške inovatorje. Tovrstni sejmi so namreč že takrat predstavljali promocijske dogodke in nudili priložnost ljudem, ki so imeli določene zamisli in so hoteli pokazati svetu, kaj zmorejo.

Josephina Cochran je svoj novi stroj torej pokazala na omenjeni svetovni kolumbijski razstavi v Chicagu leta 1893, kjer je bilo v restavracijah in paviljonih sejma nameščenih devet njenih pomivalnih strojev njenega podjetja Garis-Cochran, ki so bili deležni velikega zanimanja restavracij in hotelov, v katerih dostop do tople vode ni bil problem. Na sejmu je Josephine Cochran za svoj izum prejela najvišjo nagrado za najboljšo mehansko konstrukcijo, vzdržljivost in prilagojenost svoji dejavnosti. Podjetje Garis-Cochran Manufacturing Company, ki je izdelalo tako ročne kot tudi električne pomivalne stroje, se je tako osredotočilo na hotele in druge komercialne stranke in se je leta 1897 preimenovalo v Cochran's Crescent Washing Machine Company.

Josephinin pomivalni stroj je torej na sejmu pri velikih industrijskih kuhinjah požel izjemno zanimanje in že takoj so se pojavila prva naročila, saj je stroj v velikih kuhinjah zaposlenim prihranil čas in denar, saj so lahko z njim oprali 250 po-

sod v dveh minutah, česar človeške roke ne bi mogle opraviti. Hotelirji in lastniki restavracij so stroj z navdušenjem sprejeli in leta 1897 se je pričela masovna prodaja teh strojev. Uspelo ji je razširiti prodajo svojih pomivalnih strojev podjetjem vse do Aljaske in Mehike. Kljub njenim najboljšim prizadevanjem pa so domači modeli še vedno stali približno 350 dolarjev, kar je bilo predrago za večino gospodinjstev, od katerih mnoga niso imela dovolj velikega kotla, da bi zdržala potrebne količine tople vode. Njene najbolj zanesljive stranke so zato še naprej ostali hoteli in restavracije.

Sčasoma pa se je krog njenih strank razširil še na bolnišnice in fakultete, za katere so bili razkuževalni učinki izpiranja z vročo vodo pomembni. Končno so njene pomivalne stroje začela uporabljati tudi gospodinjstva.

Leta 1912 je Josephine Cochran pri 73 letih še vedno osebno prodajala svoje stroje. Umrla je leta 1913 zaradi možganske kapi ali izčrpanosti v Chicagu. Leta 1916 je njeno podjetje odkupilo podjetje Hobart, ki se je preimenovalo v KitchenAid in je zdaj Whirlpool Corporation. Josephine Cochran pa velja za ustanoviteljico.

dr. Andrej Podbrežnik
predavatelj
Višje strokovne šole
Tehniškega šolskega
centra Maribor

tehniški
šolski
center
maribor



(5)
Josephine Cochran.
(2005). Pridobljeno s
<https://www.cooksinfo.com/josephine-garis-cochrane>

(6)
This Socialite Hated Washing Dishes So Much That She Invented the Automated Dishwasher Josephine Cochran's machine was the first to use water pressure to clean dishes. (2020). Pridobljeno s <https://spectrum.ieee.org/this-socialite-hated-washing-dishes-so-much-that-she-invented-the-automated-dishwasher>

Električno krmiljena dušilna loputa

Električno gnana dušilna loputa je že nekaj let standard pri vozilih z bencinskimi motorji. Če je bila včasih samo domena luksuznih vozil, je od leta 2001 z uvedbo EOBD nadzora komponent, ki vplivajo na emisije izpušnih plinov, postala del standardne opreme. Takšen način krmiljenja imenujemo tudi E-Gas sistem ali Drive-by-Wire.

ZGODOVINSKI RAZVOJ

Najprej naštejmo nekaj vzrokov za uvedbo takšnega načina krmiljenja dušilne lopute pri bencinskih motorjih z notranjim izgorevanjem.

Pri mehanski povezavi pedala za plin z dušilno loputo je voznik s položajem pedala za plin neposredno določil položaj dušilne lopute in s tem določil delovne pogoje motorja. Motorni menedžment je iz vrednosti tipala na dušilni loputi razbral željo voznika in izračunal kot predvžiga, prilagoditev kota predvžiga, čas vbrizga goriva in po potrebi obogatitev zmesi. Motorni menedžment pa ni imel možnosti vplivati na položaj dušilne lopute. Tako na primer v prostem teku ali ob vključitvi kompresorja za klimatsko napravo motor potrebuje večji navor – to pomeni višjo količino zraka in več goriva. Da je klasični menedžment povečal navor motorja, je lahko spremenil le kot predvžiga ali čas vbrizga goriva.

Za stabilizacijo prostega teka in povišanje vrtljajev pri hladnem motorju sta obstajali dve možnosti:

- motorček za prosti tek, ki je bil vgrajen vzporedno z dušilno loputo,
- dušilna loputa z vgrajenim motorčkom za prosti tek.

V obeh primerih smo s povečanjem pretoka zraka pri prostem teku povečali pretok zraka in s tem obogati-

li zmes. Nismo pa vplivali na vrtilni moment motorja.

Pri električno gnani dušilni loputi pa je dušilna loputa preko celotnega območja krmiljena električno. Zahteva voznika se odčita s pomočjo tipala na pedal za plin in preko električne povezave pošlje v motorni menedžment. Tam se signal tipala pedala pretvori v zelen kot odprtja dušilne lopute.

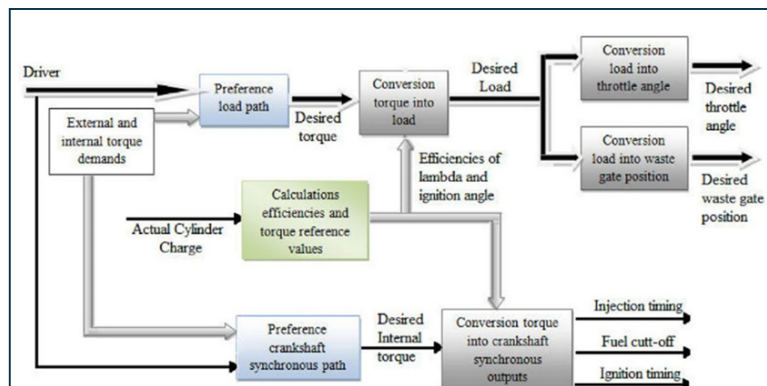
Motorni menedžment s takšnim načinom krmiljenja lopute imenujemo motorni menedžment z električnim vodenjem navora. Sedaj motorni menedžment s položajem dušilne lopute lahko vzdržuje vrtljaje motorja in posledično vpliva na kot predvžiga in količino vbrizganega goriva. Drugi poglobitvi vzroki uvedbe mehanske ločitve pedala od lopute so

povezani elektronski sistemi v vozilu (tempomat, trakcija ...). Ti med vožnjo želijo in tudi potrebujejo dodatni vpliv na položaj dušilne lopute in s tem na navor motorja.

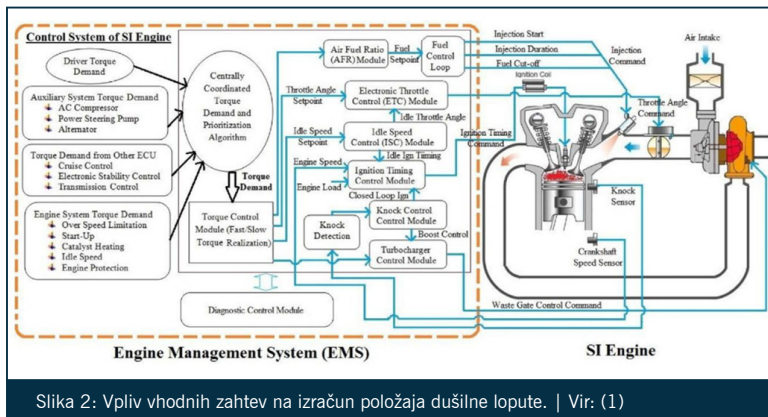
Glavne naloge motornega menedžmenta z električnim vodenjem navora v smeri krmiljenja dušilne lopute so:

- koordinacija in prioritizacija različnih zahtev po navoru,
- korekcija zahtev glede na kriterije vozišča,
- regulacija navora pri različnih režimih delovanja motorja.

Na sliki 1 je prikazan diagram osnovnih vplivov na izračun položaja dušilne lopute. Pri vozilih s prisilnim polnjenjem zraka je potrebno v izračun potrebnega navora upoštevati tudi nastavitve položaja ventila



Slika 1: Diagram osnovnih vplivov na izračun položaja dušilne lopute. | Vir: (1)



Slika 2: Vpliv vhodnih zahtev na izračun položaja dušilne lopute. | Vir: (1)

za krmiljenje turbo puhala.

Voznik od motorja zahteva določen navor s spremembo položaja pedala za plin. Hkrati tudi različni asistenčni sistemi v vozilu postavljajo svoje zahteve glede navora. Te zahteve lahko končni navor povečajo ali zmanjšajo.

Zahteve za spremembo navora lahko delimo na notranje in zunanje:

Zunanje zahteve so:

- želja voznika,
- dinamika vožnje,
- udobnost vožnje.

Notranje zahteve:

- zagon,
- regulacija vrtljajev motorja,
- segrevanje katalizatorja,
- omejitev moči zaradi drugi tipal,
- udobnost vožnje,
- lastna zaščita,
- omejitev vrtljajev.

Veličine, ki jih iz vhodnih podatkov izračuna motorni menedžment z električnim vodenjem navora in na katere ima vpliv, so:

- kot odprtja dušilne lopute,

- kot predvžiga,
- izklop valjev,
- čas vbrzga,
- krmiljenje ventila za regulacijo tlaka polnjenja.

Povezane krmilne naprave v vozilu, ki lahko zahtevajo povišanje navora:

- regulacija prostega teka,
- avtomatski menjalnik,
- klimatska naprava,
- sistemi za regulacijo dinamike vožnje,
- tempomat.

Naprave, ki lahko zahtevajo reduciranje navora:

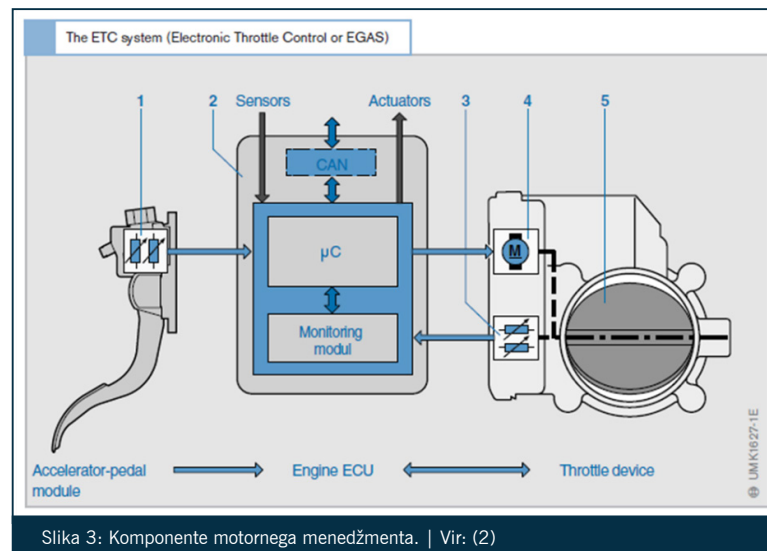
- krmilna naprava sistema proti zdrsni koles,
- sistemi za regulacijo dinamike vožnje,
- tempomat.

Tako motorni menedžment zbira in koordinira vse zahteve po spremembi navora in jih prilagaja izkoristku motorja ter upoštevanju omejitev izpušnih plinov.

KOMPONENTE SISTEMA ELEKTRIČNO GNANE LOPUTE

Bistvena elementa za elektronsko regulacijo vrtilnega momenta sta električni pedal in električno gnana dušilna loputa. Oba omogočata krmiljenje dušilne lopute neodvisno od položaja pedala za plin. Tako lahko motorni menedžment po potrebi spremeni navor motorja, brez da bi voznik spremenil položaj pedala za plin.

Komponente motornega menedžmenta, s katerimi realiziramo električno krmiljenje polnjenja motorja



Slika 3: Komponente motornega menedžmenta. | Vir: (2)

z zrakom (slika 3):

1. tipalo pedala plina,
2. motorna krmilna naprava,
3. tipalo položaja dušilne lopute,
4. pogon dušilne lopute,
5. dušilna loputa.

Dodatne komponente:

- stikalo pedala zavore,
- stikalo pedala sklopke.

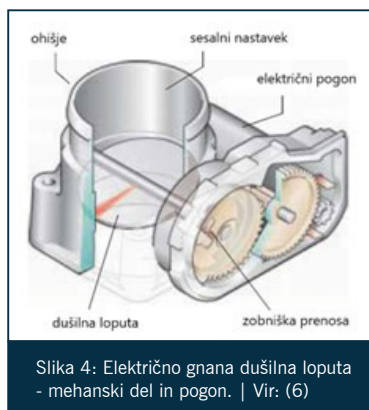
DUŠILNA LOPUTA

Motorni menedžment preko pogona odpre dušilno loputo za takšen kot, da je zagotovljen pretok dovolj velike količine svežega zraka. Aktualni položaj lopute krmilna naprava odčita s pomočjo potenciometra, ki je dograjen neposredno na dušilno loputo.

Iz varnostnih razlogov sta uporabljena dva potenciometra, torej imamo dodan še redundantni potenciometer. Potek upornosti se lahko pri obeh spreminja enako, običajno pa imata nasprotna poteka upornosti.

PEDAL PLINA

Pedal plina krmilni napravi sporoča željo voznika. Vsebuje dva med seboj neodvisna potenciometra. Motorni menedžment med delovanjem motorja neprestano nadzoruje funkcijsko delovanje pedala in pra-



Slika 4: Električno gnana dušilna loputa - mehanski del in pogon. | Vir: (6)

vilnost električnih signalov obeh potenciometrov. Od leta 2001 velja za bencinske motorje z notranjim izgorovanjem nadzor izgorovanja European On Board Diagnostics (EOBD). Funkcija EOBD mora delovati med delovanjem motorja, in to celotno življenjsko dobo vozila.

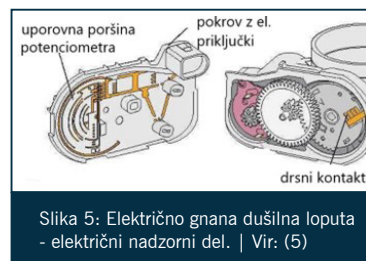
V glavnem lahko diagnozo delimo v tri sklope:

1. diagnoza zajema, obdelave in izdaje električnih signalov,
2. diagnoza sistemskih funkcij,
3. nadzor brezhibnosti delovanja funkcij, ki so varnostni kritične.

Ad 1. Diagnozo zajema, obdelave in izdaje električnih signalov imenujemo v angleščini tudi Comprehensive Component Monitoring. Ta diagnostični potek nadzoruje funkcijsko delovanja vseh tipal, aktuatorjev in končnih stopenj, ki imajo s svojim delovanjem vpliv na delovanje motornega menedžmenta.

Nadzor vhodnih signalov poteka od nadzora tipala in nadzora povezave do tipala (prekinitev, stik z napajanjem ali stik z maso). Nadzira se tudi notranja obdelava signala tipala. Podobno kot vhodne signale nadzira motorni menedžment tudi izhodne signale na aktuatorje, glede na prekinitev ali kratki stik.

Ad 2. Pri diagnozi sistemskih funkcij se izvaja nadzor delnih funkcij, ki jih izvaja motorni mene-

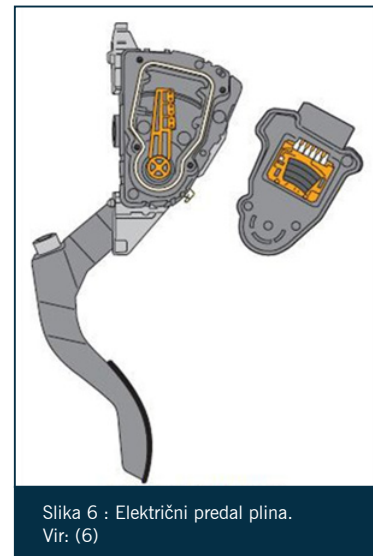


Slika 5: Električno gnana dušilna loputa - električni nadzorni del. | Vir: (5)

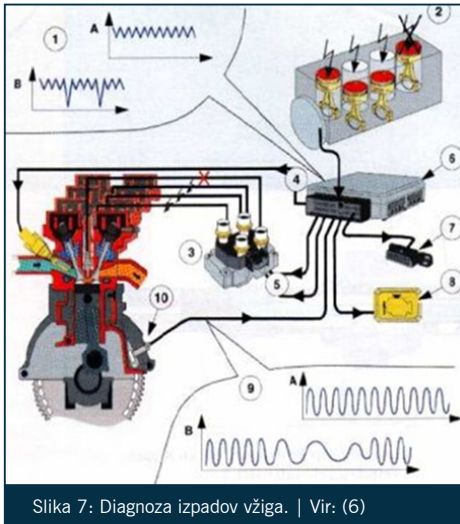
džment. Te se izvajajo neprestano ali občasno.

Tipični primer je diagnoza izpada vžiga pa posameznem valju (slika 7). Motorni menedžment (6) krmili vžigalno tuljavo (3) in predpostavlja, da bo prišlo do preskoka iskre in posledično do vžiga zmesi. Nadzor vžiga zmesi se izvede s preverjanjem signala tipala vrtljajev motorja (10). Pri brezhibnem delovanju (diagram 9A) se glavna gred vrti s konstantno hitrostjo in je signal tipala enakomeren. Pri izpadu vžiga (diagram 9B) pa glavna gred upočasni v trenutku izpada in signal tipala je spremenjen. S pomočjo ostalih tipal in znanem zaporedju vžiga motorni menedžment natančno določi izpadli valj. Prav tako se izpadi vžiga zaznajo na višini napajalne napetosti (diagrama 1A in 1B).

Ad 3. Prekinitev mehanske povezave med pedalom plina in dušilno loputo je povzročila potrebo po neprestanem nadzoru motornega menedžmenta z električnim vodenjem navora nad vhodnimi signali celot-



Slika 6: Električni predal plina. | Vir: (6)

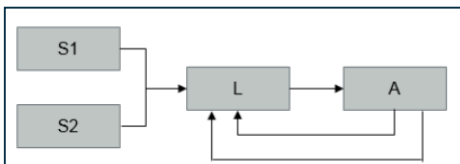


Slika 7: Diagnoza izpadov vžiga. | Vir: (6)

nega sistema in povezanih sistemov ter izhodnimi signali. Zato električno gnana dušilna loputa absolutno spada pod nadzor varnostno kritičnih funkcij. Tako preprečimo, da bi prišlo do neželenega pospeševanja vozila.

Model preverjanja električno gnane dušilne lopute je prikazan na sliki 8. Imamo dva vhodna signala iz redundantnih tipal (S1 in S2), krmilno napravo (L) in krmiljeni aktuator (A). Aktuator prav tako vsebuje dva redundantna signala za prikaz položaja aktuatorja.

To imenujemo osnovni nadzor vhodnih in izhodnih komponent in poteka na funkcionalnem nivoju (Level 1).



Slika 8: Električna poenostavitev E-Gas sistema. Vir: (5)

Za dodatno preverjanje električno gnane lopute motorni menedžment z električnim vodenjem navora v sklopu interne diagnoze še nadzoruje pravilnost delovna naslednjih vrednosti:

- računalniško funkcijo električno gnane lopute v motorni elektroniki,
- stikala položaja pedala sklopke in pedala za zavoro,
- signal hitrosti vozila.

Na višjem nivoju poteka nadzor pravilnosti izračuna vrednosti na funkcionalnem nivoju. Prav tako programska oprema preveri končni rezultat izračuna motornega menedžmenta. Ta nivo lahko imenujemo nadzor funkcionalnega nivoja (Level 2).

Za varnostno kritične sisteme pa potrebujemo še dodatni nadzor (Level 3), kjer zunanji neodvisni modul (mikrokontroler) s posebno programsko rutino preveri brezhibnost delovanja obeh stopenj nadzora in preko ločene povezave omogoči pogon električne dušilne lopute.

Na sliki 9 je prikazan način delova-

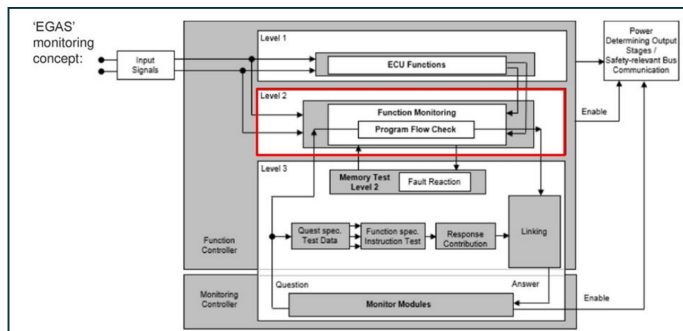
nja vseh treh nivojev nadzora. Motorni menedžment z električnim vodenjem navora je preko podatkovnih povezav povezan še vsaj z dvema glavnima krmilnima napravama, ki lahko neposredno vplivata na navor motorja - z avtomatskim menjalnikom in s sistemom proti zdrsu koles (ASR, ETC ...). Ob zaznavi izpada ali nepravilnosti signala se v pomnilnik napak obeh krmilnih naprav zapiše opozorilo o napaki.

FUNKCIJSKA KONTROLA ELEKTRIČNO GNANE LOPUTE

Ob večjih servisnih posegih v vozilu ali ob menjavi dušilne lopute mora motorni menedžment ponovno natančno prepoznati položaj dušilne lopute. Zato je potrebno komponento električne lopute „priučiti“. To naredi krmilna elektronika s korakom osnovne nastavitve lopute, kjer izmeri končne položaje potenciometrov in potek upornosti potenciometrov. Tako lahko preveri delovanje celotne komponente.

Osnovno nastavitve lahko krmilna elektronika sproži v sledečih primerih:

- samostojno ob vključitvi kontakta,
- samostojno, če je za to potreba,



Slika 9: Način delovanja vseh treh nivojev nadzora. Vir: (5)

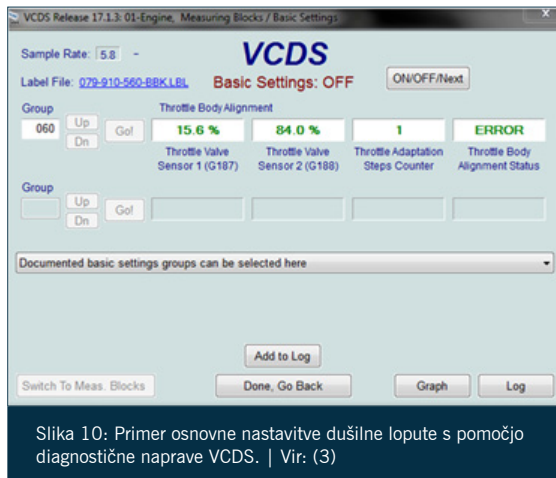
Andrej Puconja
 univ. dipl. ing.
 predavatelj
 Višje strokovne šole
 Tehniškega šolskega
 centra Maribor

VIRI:

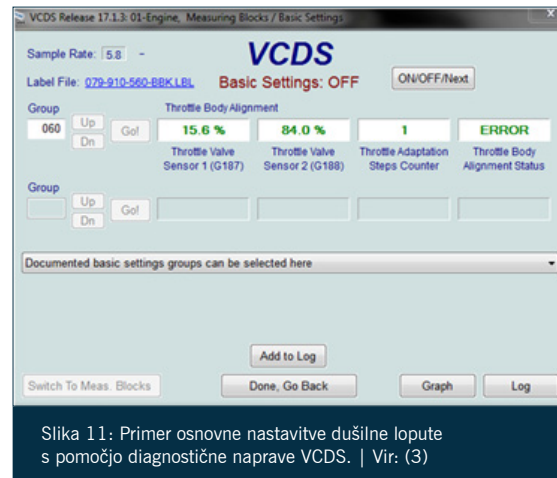
(1)
 Ashok, K. (2016). A review on control system architecture of a SI engine management system. (elektronski). Pridobljeno s https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/3391591/mod_resource/content/1/Review%20Engine%20Management%20System.pdf

(2)
 Bosch GmbH. Automotive Electrics and Automotive Electronics. (2014). Plochingen : Springer Vieweg.

(3)
 Puconja, A. (2022). Zapiski predavanj pri predmetu Menedžment motornih vozil in diagnostika. Maribor : Izv. dokument avtorja.



Slika 10: Primer osnovne nastavitve dušilne lopute s pomočjo diagnostične naprave VCDS. | Vir: (3)



Slika 11: Primer osnovne nastavitve dušilne lopute s pomočjo diagnostične naprave VCDS. | Vir: (3)

- ob zahtevi diagnostične naprave po vklopu programa osnovne nastavitve.

Spet je pomembno znanje serviserja o delovanju celotnega sistema električno krmiljene dušilne lopute, da bo popravilo izvedeno brezhibno. Seveda so kakršne koli manipulacije na varnostno kritičnih sistemih nedopustne.

Primer osnovne nastavitve dušilne lopute s pomočjo diagnostične naprave VCDS.

ZAKLJUČEK

Motorni menedžment z električnim vodenjem navora je danes vgrajen v vsako vozilo, tako z bencinskim kot

z dizelskim motorjem. Pri klasičnem bencinskem motorju deluje, kot smo ga opisali. Pri bencinskem motorju z neposrednim vbrizgom goriva pa je električna krmiljena dušilna loputa ključni element v plastnem načinu delovanja motorja. Tudi pri dizelskem motorju se ne uporablja samo za krmiljenje navora, ampak za dodatne funkcije. Vsekakor pa obstaja kar nekaj vzrokov odpovedi - od mehanskih poškodb do izrabljenosti tipala položaja lopute. Brez odgovarjajoče diagnostične opreme je popravilo varnostnih kritičnih sistemov praktično nemogoče.

V smeri vedno večje elektrifikacije vozil in vseobsežnih varnostnih sistemov (aktivni tempomat, Lane

Assist ...) se je v vozilih razmahnila uporaba še drugih električno gnanih varnostnih komponent. Poleg električno krmiljene dušilne lopute (Drive-by-Wire) poznamo še električno servovolana (Steer-by-Wire), električno gnane zavorne čeljusti (Brake-by-Wire), popolnoma elektrificiran avtomatski menjalnik (Shift-by-Wire). Skupno jih imenujemo X-by-Wire. Tudi na tem mestu velja opozoriti na potrebo po obsežnem nadzoru vhodnih podatkov in izhodnem krmiljenju aktuatorjev ter samostojnemu nadzoru posameznih ločenih sistemov. Temu pa sledi še nadzor brezhibnosti delovanja vseobsežnih funkcijskih sistemov, ki lahko delujejo le kot povezava brezhibno delujočih posameznih sistemov.

(4)

Reif, K. (2014). Elektronik in der Fahrzeugtechnik. Friedrichshafen : Springer Vieweg.

(5)

Standardized E-GAS Monitoring Concept for Gasoline and Diesel Engine Control Units. (2013). Pridobljeno s <https://studylib.net/doc/18281557/standardized-e-gas-monitoring-concept-for-gasoline-and>

(6)

Staudt, W. (2005). Berufsfeld Fahrzeugtechnik, Lehrnfeld 7, Bildungsverlag EINS.

tehniški
šolski
center
maribor



moja izbira

Alternatorji z zunanjo regulacijo polnjenja

V modernih vozilih številno komponent, tako komfortnih kot varnostnih, ki delujejo na električni pogon, konstantno narašča, akumulator pa ostaja enak. Če je bila včasih naloga akumulatorja le kratkotrajni vklop zaganjača pri zagonu motorja, mora danes akumulator oskrbovati vedno več električnih agregatov in tudi pripadajoče krmilne naprave. Pri današnjih vozilih količina polnjenja in praznjenja akumulatorja ni več v ravnovesju, zato akumulator sčasoma postaja vse bolj prazen. Kljub višji kakovosti je prazni akumulator še zmeraj najpogostejši vzrok izpadov pri vozilih. Za zagotavljanje stabilne napetosti v celotnem omrežju v vozilu je bil razvit sistem za nadzor akumulatorja, regulacijo polnjenja alternatorja ter upravljanje s porabniki. V tem članku se bom omejil na regulacijo polnjenja alternatorja.

1. PORABA ENERGIJE V OSEBNIH VOZILIH

Električno omrežje v vozilih v glavnem sestoji iz hranilnika energije (akumulator), proizvajalca energije (alternator) in porabnikov energije (električne in elektronske naprave).

S pomočjo energije iz akumulatorja zaženemo motor z zaganjačem (porabnikom) in ga tako obdržimo pri delovanju z motorno krmilno napravo in pripadajočimi komponentami (porabniki). Pri tekočem motorju alternator (proizvajalec energije) dobavlja napetost v omrežje (odvisno od vrtljajev motorja in vključenih dodatnih porabnikov). V optimalnem primeru zadostuje proizvodnja elektrike za napajanje vseh porabnikov in še polnjenje akumulatorja.

Pri projektiranju vozila je potrebno pravilno izbrati in medsebojno uskladiti vse udeležence (generator, akumulator in porabnike), da je zagotovljen zagon motorja v vseh pogojih delovanja in da porabniki delujejo tudi nekaj časa pri izključenem motorju.

Običajni kriteriji za projektiranje karakteristik komponent električnega omrežja so:

- mejna zagonska temperatura

(to je temperatura, pri kateri še lahko zaženemo motor),

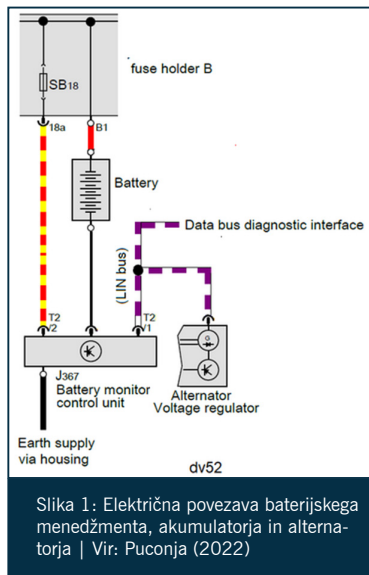
- moč generatorja (tok, ki ga je sposoben oddati alternator. Običajno lahko alternator odda največji tok pri 6000 vrtljajih. Pri prostem teku motorja je to le del (okoli 1/3)),
- režim vožnje (pri vozilih, ki se uporabljajo predvsem v mestnem prometu (taksiji, avtobusi ...) je potrebno upoštevati, da motor ogromno časa deluje pod prostim tokom)),
- čas vklopa električnih porabnikov (ločimo stalne porabnike (vžig, vbrižg goriva), dolgotrajne (luči, ventilator) in kratkotrajne porabnike (smerokazi ...)),
- poraba goriva (samo majhen del goriva, ki ga vozilo porabi, je potrebno za pogon generatorja, to je okoli 5 % pri avtomobilu srednjega razreda),
- izvedba električnega omrežja (tudi način povezave med akumulatorjem, alternatorjem in porabniki vpliva na višino napetosti in toka v omrežju. Idealno je, če večje porabnike priključimo čim bližje generatorju, krmilne naprave in ostale občutljive naprave pa čim bližje akumulatorju).

2. BATERIJSKI MENEDŽMENT

Kadar je električna poraba porabnikov večja, kot je je sposoben generator proizvajati, se energija črpa iz akumulatorja. Če pa generator proizvaja več energije, se višek energije akumulira v akumulatorju.

V modernih vozilih je dodatno vgrajen krmilni modul ali programska rešitev v že obstoječi krmilni napravi, ki neprestano preverja stanje napolnjenosti in kapaciteto akumulatorja. Če stanje ni uravnoteženo, primerno ukrepa. Baterijski menedžment preračunava, ali je napetost za napajanje vseh porabnikov dovolj visoka, prav tako pa preverja kapaciteto akumulatorja, ki je potrebna za morebitni zagon motorja. Ob znižanju napetosti na akumulatorju pod določeno mejo baterijski menedžment posreduje z zmanjšanjem števila vključenih komfortnih porabnikov, lahko pa večje porabnike popolnoma izključi. Pri polnem akumulatorju se zmanjša polnjenje alternatorja in s tem tudi poraba goriva.

Zato je, kadar v vozilo vstavimo nov akumulator, nujno, da v krmilni modul vnesemo podatke o velikosti akumulatorja (kapaciteto in zagonski tok). Ta vrednost služi kot referenčna vrednost. Sedaj baterij-

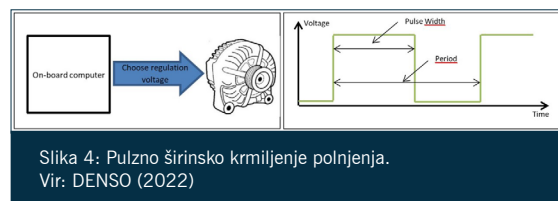
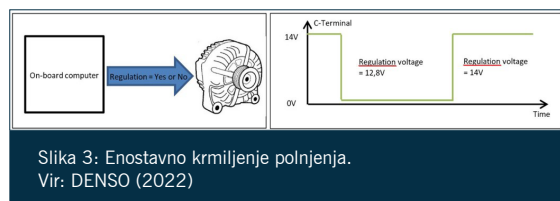


ski menedžment samodejno nadzoruje napolnjenost akumulatorja in po potrebi posega ali na področje porabnikov (zmanjšuje število porabnikov, če se napetost niža) ali na področje generatorja (ob višanju števila porabnikov ali nižanju zunanje temperature se lahko napetost polnjenja zviša).

V današnjih vozilih se je uveljavil naslednji trend izbire vgrajene velikosti akumulatorjev in alternatorjev: Razvijalci vozil so izračunali, da se poveča povprečna poraba goriva na 100 km:

- za 0,1 l pri 10 kg dodatne teže,
- za 0,1 l pri 100W dodatne moči polnjenja alternatorja.

Iz tega lahko vidimo, da se izplača



Driving Conditions	Acceleration	Consant Speed/dling	Deceleration
Circuit Diagram	Generation Stopped (Battery Discharge)	Generation Restrained	Battery Charge
Charging Condition	Battery Discharge at Low Voltage	Open Voltage	Battery Charge at High Voltage

Slika 2: Različni načini zunanega krmiljenja polnjenja alternatorja. | Vir: DENSO (2022)

vgraditi v vozilo večji alternator in manjši akumulator. To ima za posledico manj rezerve električne energije, pa tudi manjše praznjenje in polnjenje akumulatorja.

3. ALTERNATORJI Z ZUNANJO REGULACIJO POLNENJA

Pri alternatorjih z elektronskim krmiljenjem polnjenja lahko zunanja krmilna elektronika nadzoruje polnjenje alternatorja v odvisnosti od voznih pogojev vozila. S tem lahko zelo vpliva na porabo goriva in posledično na emisije škodljivih izpušnih plinov.

Obremenitev motorja zaradi generiranja napetosti lahko med pospeševanjem vozila zmanjšamo na tak način, da zmanjšamo polnjenje akumulatorja za ta čas. Pri zaviranju z motorjem pa lahko proizvodnjo energije povečamo in pomagamo pri zaviranju motorja. S takšnim načinom krmiljenja polnjenja občutno vplivamo na porabo goriva. Med delovanjem v prostem teku in pri konstantni vožnji se polnjenje alternatorja prilagaja stanju akumulatorja in ostalim vključenim električnim potrošnikom.

Vrste zunanega krmiljenja polnjenja alternatorja

3.1. Enosmerno krmiljenje

Ta je najenostavnejši način zunanje krmiljenja alternatorja, s katerim lahko vključimo oziroma izključimo polnjenje alternatorja. To funkcijo lahko motorna krmilna enota uporabi, kadar potrebuje motor več moči.

Tak sistem krmiljenja se uporablja predvsem pri vozilih Honda in Toyota. Kadar je na priključku C na alternatorju prisotna napajalna napetost, je izhodna napetost alternatorja 14 V. Kadar krmilna naprava napaja priključek C z napetostjo 0 V, pa regulator zniža napetost polnjenja na 12,8 V. S tem razbremeni motor z notranjim izgrevanjem.

3.2. Pulzno širinsko krmiljenje

Pulzno širinska modulacija (PWM) je tehnika, s katero zahtevo o višini polnjenja alternatorja kodiramo v pulzirajoči napetostni signal. S to tehnologijo lahko izvedemo zvezno krmiljenje izhodne napetosti.

Poznamo:

- PCM regulacijo pri vozilih Ford in Land Rover,



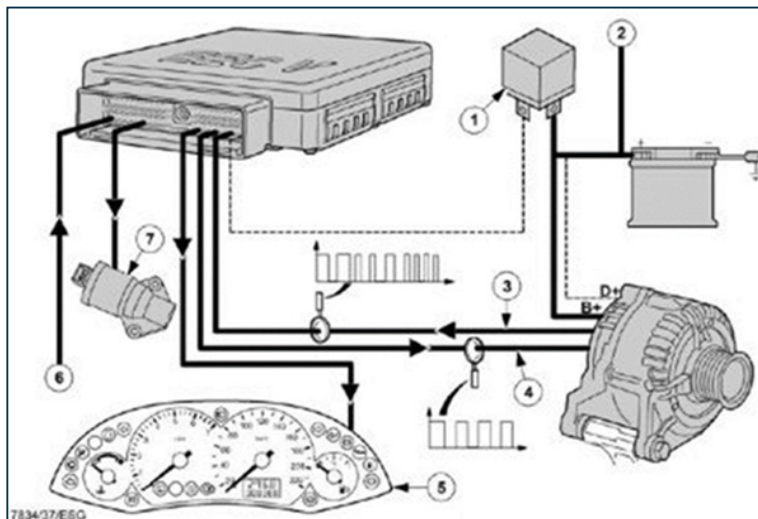
Slika 5: Ford, konektor alternatorja.
Vir: MSG Equipment (2022)

- RVC regulacijo pri vozilih GM,
- RLO regulacijo pri vozilih Toyota,
- P&D regulacijo pri vozilih Mazda, Kia in Mitsubishi.

Ford Smart Charge System

Alternator sicer deluje samostojno, višino napetosti pa lahko krmilna elektronika po potrebi tudi spremeni. Hkrati lahko krmilna elektronika nadzoruje obremenitev alternatorja in ima možnost dviga vrtljajev motorja pri prostem teku in višji obremenitvi alternatorja (slika 5).

- A(S) – kontrolna napajalna napetost (B+)
- SIG (RC) – izhodni signal računalnika motorja, s katerim lahko krmilimo višino napetosti
- FR(LI) – informacija iz regulatorja o obremenitvi alternatorja (znana tudi kot DFM)



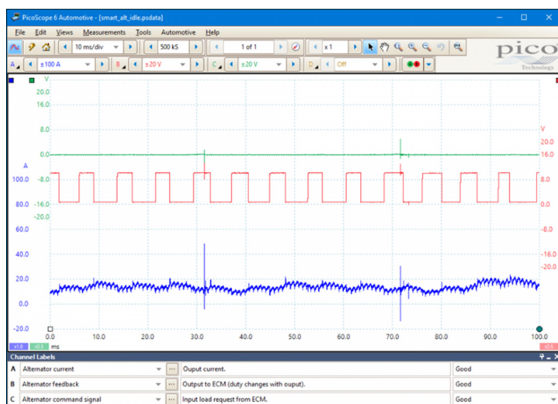
Slika 6: Električna shema priključitve alternatorja pri znamki Ford. | Vir: Puconja (2022)

Krmiljenje funkcije regulatorja:

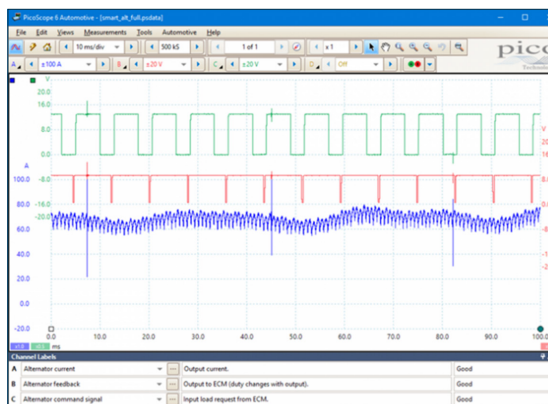
- krmiljenje polnjenja alternatorja v odvisnosti od napoljenosti akumulatorja
- krmiljenje polnjenja v odvisnosti od temperature alternatorja
- izključitev polnjenja med zagonom motorja
- povišanje vrtljajev motorja pri nizki napetosti akumulatorja ali pri visoki obremenitvi alternatorja

Električna shema priključitve alternatorja pri znamki Ford (slika 6):

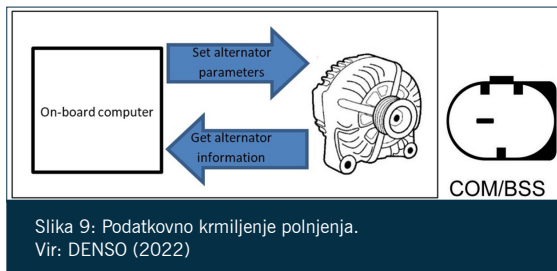
1. Napajalni rele
2. Povezava z akumulatorjem
3. Izhodni signal alternatorja (FR)
4. Vodni (krmilni) signal alternatorja (SIG)
5. Prikazovalni instrument s kontrolno lučko akumulatorja
6. Ostali vhodni signali motorne krmilne naprave
7. Motorček prostega teka



Slika 7: Oscilogram signalov na priključkih SIG in FR alternatorja. | Vir: PICOSCOPE (2022)



Slika 8: Oscilogram signalov na priključkih SIG in FR alternatorja. | Vir: PICOSCOPE (2022)



Na oscilogramih (slika 7) so prikazani krmilni in izhodni signali alternatorja, najprej pri majhnem toku polnjenju in na sliki 8 pri visokem toku polnjenju.

- Zelena linija – krmiljenje alternatorja (SIG)
- Rdeča linija – izhodni signal alternatorja (FR) h krmilni napravi
- Modra linija – izhodni tok alternatorja

3.3. Krmiljenje alternatorjev preko podatkovne linije (COM)

Alternator načeloma lahko deluje avtonomno, vse potrebne krmilne vhodne signale pa dobiva po podatkovni liniji. Tudi vse izhodne informacije posreduje regulator po isti podatkovni liniji. S podatkovno linijo je povezan ali s krmilno napravo motorja, centralno elektroniko ali pa neposredno z baterijskim menedžmentom. Nadzor nad višino napetosti polnjenja običajno izvaja energijski menedžment. Podatkovna povezava (digitalna komunikacija) predstavlja enostavno metodo dvostranske komunikacije po eni liniji. Z njo lahko nastavljamo napetost polnjenja med 12,3 V in 16 V. Možna realizacija funkcije je Load Response, lahko pa za trenutek popolnoma izključimo polnjenje akumulatorja. Digitalna komunikacija omogoča tudi hitrejšo krmiljenje polnjenja.

Obojestranska izmenjava podatkov

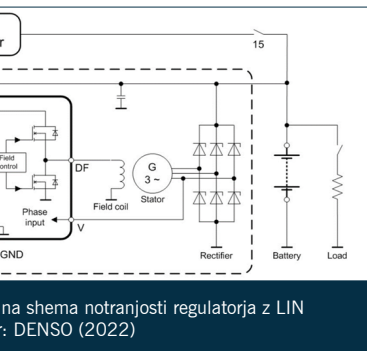
z BSS in LIN protokoli z njihovimi izvedenkami (slika 9).

Po podatkovni liniji se izmenjujejo podatki:

- vhodni signali regulatorja: L, 15, S, želena napetost polnjenja (med 12,3 in 16 V),
- izhodne informacije: L, W, DFM, polnilni tok, temperatura alternatorja, napake pri delovanju (električne, mehanske, komunikacijske).

Prednost priklopa alternatorja na podatkovno linijo:

- možnost regulacije polnjenja alternatorja v odvisnosti obremenitve celotnega električnega sistema,
- natančna regulacija polnjenja glede na trenutno temperaturo alternatorja, akumulatorja, okolice ...,
- povratna informacija o vrsti napake.



Na eno podatkovno linijo (LIN) je lahko priključenih do 16 krmilnih naprav, ki vse sprejemajo vrednost polnjenja alternatorja, lahko pa tudi oddajajo zahteve glede polnjenja alternatorja. Na isto podatkovno linijo je mogoče priključiti dva alternatorja.

Bit Synchronous Single Wire (BSS) podatkovni protokol – predhodnik LIN komunikacije

Podatkovni protokol med regulatorjem in motornim računalnikom poteka v obliki 10-bitnega podatkovnega okvirja (Data Frame). Hitrost prenosa podatkov je 1200 bit/s. Obstajata dva različna BSS protokola (BSS-1 in BSS-2).

Krmiljenje izhodne napetosti je izvedeno z osmimi različnimi sporočili.

Izhodni podatki regulatorja:

- DFM monitor – podatek o obremenitvi (6 bitov)



- Napake: M – mehanska napaka (1 bit), E – električna napaka (1 bit)

Local Interconnect Network (LIN) podatkovni protokol

Pri razvoju LIN komunikacije so sodelovali vodilni evropski proizvajalci vozil. Standardiziran je pod oznacbo ISO-17987. Danes se LIN komunikacija široko uporablja v avtomobilski industriji za enostavnejše povezave med krmilnimi napravami in aktivnimi senzorji in aktuatorji. Komunikacija poteka po eni žici (liniji). Višina napetostnega signala je 12 V. Hitrosti prenosa podatkov so 2400 bit/s, 9600 bit/s ali 19200 bit/s.

Kot se je z leti spreminjal LIN protokol, se je tudi spreminjala komunikacija med krmilno napravo in alternatorjem – posamezne generacije komunikacij med seboj niso kompatibilne, prav tako ne alternatorji.

LIN komunikacija temelji na osnovnem Universal Asynchronous Receiver Transmitter (UART) protokolu, ki je serijsko vgrajen že v večino krmilnikov in mikrokontrolerjev.

Celotno podatkovno sporočilo je sestavljeno iz več UART bajtov in sestavlja LIN podatkovni okvir (LIN Frame).

S pomočjo glave sporočila (Header) se nadzorna krmilna naprava in

regulator sinhronizirata in krmilna naprava določi vrsto sporočila. V podatkovnem delu sporočila (Response) pa nadzorna krmilna naprava pošlje podatke ali nastavitve regulatorju ali pa regulator odgovori z zahtevanimi podatki.

LIN sporočilo vsebuje sledeče podatke (identifikacijski podatki):

- Alternator Identification Data (ID) - 5 bitov
- Supplier Data (ID) - 3 biti (8 proizvajalcev, 000 – Bosch, 100 – Valeo)
- Alternator/regulator ID - 5 bitov (32 tehničnih tipov)

Napake polnjenja:

- T – previsoka temperatura (1 bit) – regulator je dosegel zgornjo temperaturo in zato izključil polnjenje
- M – mehanska napaka (1 bit) – ni signala na statorju, slab stik, alternator se ne vrti
- E – električna napaka (1 bit) – odprti tokokrog ali kratki stik
- C1, C2 – komunikacijske napake (2 bita) – ni izmenjave podatkov med regulatorjem in krmilno napravo

Ostali podatki:

- DFM – DF monitor (obremenitev alternatorja – 5 bitov)
- IE(T) – vzbujevalni tok rotorja (6 bitov)
- CHS – Check Sum (8 bitov)

Med krmilno napravo in regulatorjem običajno poteka komunikacija z dvema tipoma sporočil.

Identifikacijsko sporočilo vsebuje informacije o vrsti LIN komunikacije, znamki in tipu regulatorja, znamki in tipu alternatorja.

Podatkovno sporočilo vsebuje podatke o napetosti alternatorja, številu vrtljajev alternatorja, trenutnem vzbujevalnem toku, trenutni obremenitvi alternatorja, temperaturi alternatorja in možnih napakah pri delovanju.

Primer podatkovnega LIN sporočila 1. generacije:

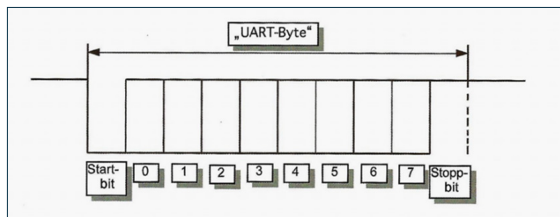
Data 1	Data 2	Data 3	Data 4
A	B C D	E F G H I J	K

A – temperatura
 B – električna napaka
 C – mehanska napaka
 D – vzbujevalni signal
 E – vzbujevalni tok (IE)
 F – LIN signal
 G – LIN napaka
 H – obremenitev
 I – vzbujevalni nadzor
 J – informacija o Data 4
 K – napetost polnjenja ali vrtljaji alternatorja ali ...

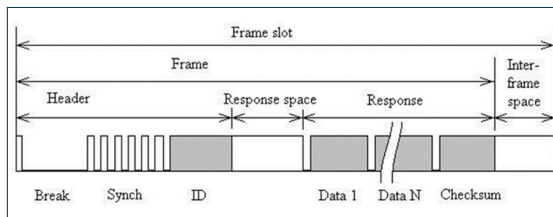
4. POPRAVILA V PRAKSI

Nadzor in regulacija napetosti polnjenja akumulatorja (predvsem pri vozilih z AGM izvedbo) ni več v domeni alternatorja, temveč nadzorne krmilne naprave. Višina napetosti polnjenja akumulatorja pri brezhibnem alternatorju se lahko giblje med 12,3 V in 16 V.

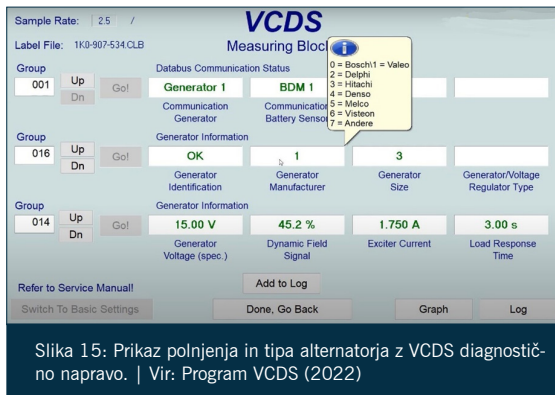
Zato je potrebno preverjati delovanje alternatorja in stanje akumulatorja izključno preko diagnostične



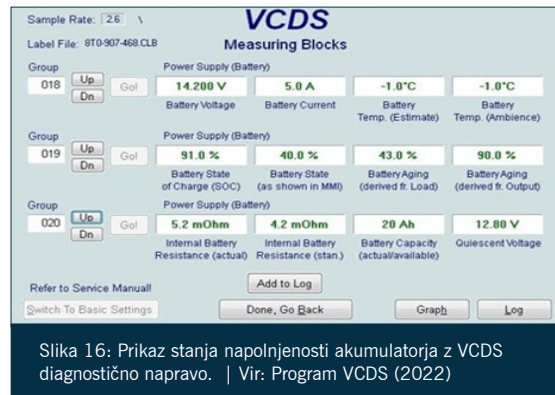
Slika 13: UART protokol. | Vir: Puconja (2022)



Slika 14: LIN protokol. | Vir: Alternatorregulation (2022)



Slika 15: Prikaz polnjenja in tipa alternatorja z VCDS diagnostično napravo. | Vir: Program VCDS (2022)



Slika 16: Prikaz stanja napoljenosti akumulatorja z VCDS diagnostično napravo. | Vir: Program VCDS (2022)

VIRI:

(1)
Alternator Regulation. What are the different communication protocols on the market?. (2022). Pridobljeno s <https://www.testmyalternator.com/en/news/technical-articles/252-different-communication-protocols-regulation-alternators-tma-technical.html>

(2)
AlternatorTesterMasterAlt2 Manual. (2022). Pridobljeno s <https://www.scribd.com/document/433032112/007935063030-Manual-Alternator-Tester-Master-Alt-2-en>

(3)
Bosch GmbH. Automotive Electrics and Automotive Electronics. (2014). Plochingen : Springer Vieweg.

(4)
DENSO league of true mechanics. (2022). Pridobljeno s <https://www.denso-technic.com>

naprave.

Primer prikaza polnjenja alternatorja z VCDS diagnostično napravo. Dynamic Field Signal (DFM) prikazuje obremenitev alternatorja prikazuje slika 15.

Stanje napoljenosti in polnjenja akumulatorja je prikazano z diagnostično napravo VCDS prikazuje slika 16.

Pri modernih vozilih je možen vzrok nepravilnega polnjenja alternatorja v alternatorju samem, električni povezavi med alternatorjem in baterij-

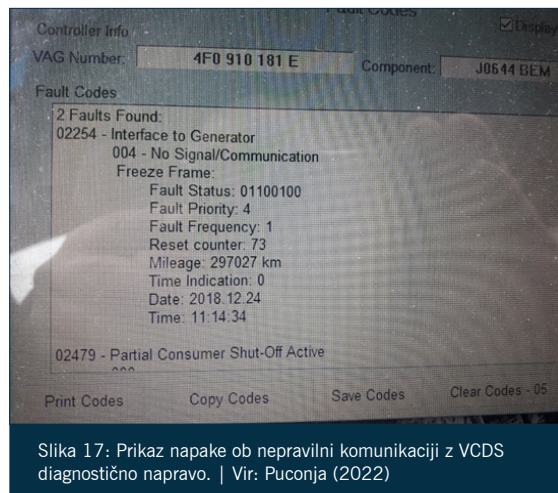
skim menedžmentom, nepravilnem merjenju vrednosti na akumulatorju, nepravilnem vgrajenem akumulatorju in drugo.

Ob prekinjeni oziroma napačni komunikaciji med alternatorjem in krmilno napravo se prižge kontrolna lučka za akumulator na armaturni plošči. Če je alternator brezhiben, nam diagnostična naprava odčita napako na komunikaciji med alternatorjem in krmilno napravo. Običajno je alternator narejen tako, da tudi pri prekinitvi komunikacije deluje v zasilnem načinu in polni s konstantno napetostjo 14 V.

Poleg diagnostične naprave zelo pomagata pri določitvi vzroka napake posebna naprava za preverjanje delovanja alternatorja in osciloskop za preverjanje električnih signalov na alternatorju.

Ena od naprav za preverjanje delovanja alternatorja je naprava ALT2 znamke Marelli.

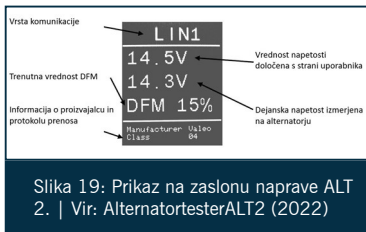
Priključimo jo neposredno na alternator namesto baterijskega menedžmenta. Z njeno pomočjo lahko odčitamo vrsto in način komunikacije alternatorja. Nastavimo lahko želeno napetost polnjenja alternatorja



Slika 17: Prikaz napake ob nepravilni komunikaciji z VCDS diagnostično napravo. | Vir: Puconja (2022)



Slika 18: Naprava ALT 2 za krmiljenja alternatorja. Vir: AlternortesterALT2 (2022)



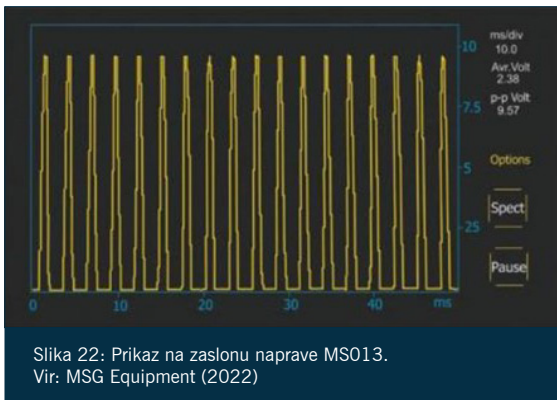
Slika 19: Prikaz na zaslonu naprave ALT 2. | Vir: AlternortesterALT2 (2022)

in hkrati preverimo izhodno napetost, če odgovarja nastavljeni.

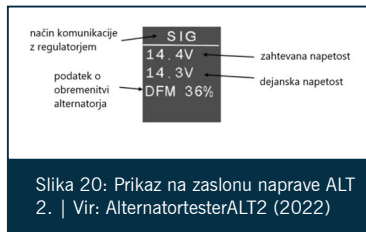
Podobno velja za komunikacijo z alternatorjem za vozila znamke Ford.

Naprava MS013 znamke MSG deluje na podoben način in prikaže komunikacijo z regulatorjem in delovanje alternatorja. Prikazana je tudi hitrost komunikacije in prisotnost napake.

Dodatno pa je mogoče prikazati si-



Slika 22: Prikaz na zaslonu naprave MS013. Vir: MSG Equipment (2022)



Slika 20: Prikaz na zaslonu naprave ALT 2. | Vir: AlternortesterALT2 (2022)

gnal na podatkovni liniji in preveriti pravilnost komunikacije.

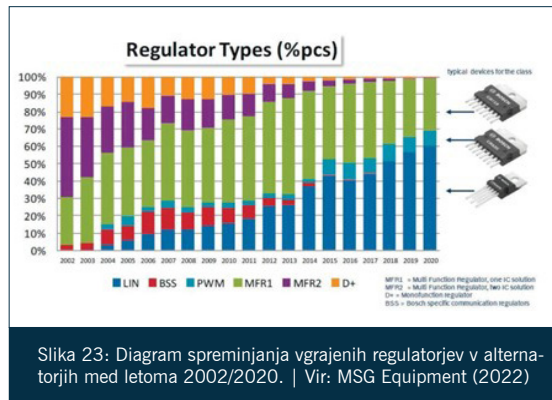
5. ZAKLJUČEK

Pri razvoju motornih vozil se razvija vsaka električna in mehanska komponenta v vozilu. Zaradi vse višje potrebe po električni energiji in predvsem po stabilni napetosti je poudarek na generiranju napetosti v vozilih toliko višji. Z zunanjo regulacijo polnjenja alternatorja so razvijalci vozil stopili odločen korak naprej. Kako se je v vsega 20 letih



Slika 21: Prikaz na zaslonu naprave MS013. | Vir: MSG Equipment (2022)

spremenila zgradba regulatorja napetosti in povezava med alternatorjem in vozilom, je prikazano na sliki 23. LIN podatkovna komunikacija pri alternatorjih je prisotna pri več kot 60 % vozilih. Zato je potrebno v korak s časom stopiti tudi v servisnih delavnicah, kjer je že danes potrebno servisirati takšna vozila.



Slika 23: Diagram spreminjanja vgrajenih regulatorjev v alternatorjih med letoma 2002/2020. | Vir: MSG Equipment (2022)

tehniški
šolski
center
maribor



(5)
MSG Equipment.
MS013 Manual. (2022).
Pridobljeno s [https://
servicems.eu/for-diagnos-tics-of-alternators-and-starters/adapter-com-msg-ms013.html](https://servicems.eu/for-diagnos-tics-of-alternators-and-starters/adapter-com-msg-ms013.html)

(6)
Program VCDS Manual.
(2022). Pridobljeno s
https://www.ross-tech.com/vcds/tour/main_screen.php

(7)
PICOSCOPE Manual and
Case studies. (2022).
Pridobljeno s [https://
www.picoauto.com/library](https://www.picoauto.com/library)

(8)
Puconja, A. (2022).
Zapiski predavanj pri
predmetu Električne
naprave in napeljave.
Maribor : Izv. dokument
avtorja.

(9)
Reif, K. (2014). Elek-
tronik in der Fahrzeug-
technik. Frdrichshafen :
Springer Vieweg.

tehniški
šolski
center
maribor



moja izbira

Magazin najdete v elektronski obliki na spletni strani šolskega centra www.tscmb.si.