

Naprava za nastavljanje in testiranje funkcije elektromotornih pogonov družine AMV/E 65X

Vojko Kosec
Danfoss Trata d. o. o.
Jožeta Jame 16, 1210 Ljubljana – Šentvid
vojko.kosec@danfoss.com

The device for the setting and functional testing of the family of electromotor drives AMV/E 65X

The device for setting and testing was developed in partnership with outsourced performer Hypex d. o. o. from Lesce. The company Danfoss Trata d.o.o. has delivered basic dimensional, together with all functional requirements, but the realization itself was completely transferred to Hypex. The core function of the device is quality assurance of the products it was developed for. We are talking about the family of drives which was developed together with the new family of valves with the sizes up to DN 250. The nominal load of the family of drives is declared 2000N and nominal speed 0,5 mm/s. 16 different products belong to the family. They are distinguished by the function (ordinary, safety (3x)), the type of control (AME – continuous analogue, AMV – discrete 3 point) and the supply voltage (24 V or 230 V). The testing program is performing with the communication between the drive and testing device. RS 232 is used for the communication on the COM port. With the use of PC application the connection to the microcontroller VIPA is also achieved. So we are able to set the each drive according to the changing input parameters. For load measurements the load cell +/-10 kN is used. The main device drive is electromotor servo with the screw and ball nut.

Kratek pregled prispevka

Naprava za testiranje in nastavljanje je bila razvita v sodelovanju z zunanjim izvajalcem Hypex d.o.o. iz Lesc. Podjetje Danfoss Trata d. o. o. je prispevalo osnovne merske kot tudi vse funkcijske zahteve, izvedba pa je bila prepuščena izvajalcu. Njena temeljna naloga je zagotavljanje kvalitete izdelkov, za katere smo jo razvili. Gre za družino pogonov, ki smo jo razvili hkrati z novo družino ventilov velikosti do DN 250. Nominalna sila te družine pogonov je 2000 N, nominalna hitrost pa 0,5 mm/s. V družini imamo 16 različnih izdelkov, ki se med sabo ločijo po funkciji (navadna, varnostna (3x)), tipu krmiljenja (AME – zvezno analogno, AMV – diskretno 3-točkovno) ter po napajalni napetosti (24 V ali 230 V). Testni program se odvija z medsebojno komunikacijo pogona in testne naprave. Za to komunikacijo se uporablja RS232 preko serijskih vrat. Preko aplikacije, naložene na PC-ju, poteka tudi povezava do mikrokontrolerja VIPA. Tako lahko vse pogone tudi nastavljamo in se prilagajamo spremenljivim vhodnim parametrom. Za meritve sile se uporablja natezno tlačna celica +/- 10 kN. Glavni izvajalni pogon naprave je elektromotorni servo z vretenom in krogelno matico.

1 Uvod

Podjetje Danfoss Trata d.o.o. je članica korporacije Danfoss s središčem v Nordborgu na Danskem. Pripadamo eni od petih divizij: District Energy – okrajšano DEN. V svojem podjetju izdelujemo pretežno komponente, ki se uporabljajo v distribuciji toplotne energije. Poleg samih proizvodnih zmogljivosti ima DEN v Danfoss Trati tudi svoj razvojni kompetenčni center, ki ni vezan na proizvodni program podjetja, ampak deluje tudi mednarodno. Med potekom razvojnega projekta smo morali poskrbeti za montažne zmogljivosti. Ker nimamo dovolj človeškega potenciala za samostojno izvedbo montažne tehnologije, se poslužujemo zunanjih dobaviteljev. V tem primeru smo se odločili za podjetje Hypex d. o. o. iz Lesc. Uvodoma omenjena testno-nastavitvena priprava je ključni del celotne montažne linije.

Preden naši izdelki zapustijo proizvodne prostore, jih vedno vse preverimo. Šele po opravljenem funkcijskem testu je izdelek

primeren za odpremo. S pomočjo večkratnih analiz in delavnic smo določili, kakšen funkcijski test mora opraviti izdelek, kot tudi kriterije sprejemljivosti za celoten test. Ob predhodnih analizah in izkušnjah iz že obstoječih izdelkov smo zaznali, da je v testno napravo potrebno vključiti tudi sočasno nastavljanje najbolj ključnih funkcijskih parametrov. Zato je bil razvit namenski sistem komunikacije med testno-nastavitveno pripravo in izdelkom v testu. Uporabili smo uveljavljeni standard RS 232, s pomočjo katerega si napravi obojestransko izmenjujeta informacije v obliki kratkih besed.

Vnaprej načrtovan postopek testiranja je bilo treba naknadno dopolnjevati zaradi odstopov, ki smo jih zaznali med uvajanjem priprave oziroma je prišlo do spremembe zahtev.

2 Opis testno-nastavitvenega postopka

V omenjeni pripravi moramo znati pravilno razpoznati 16 različnih variant pogona (Tabela 1).

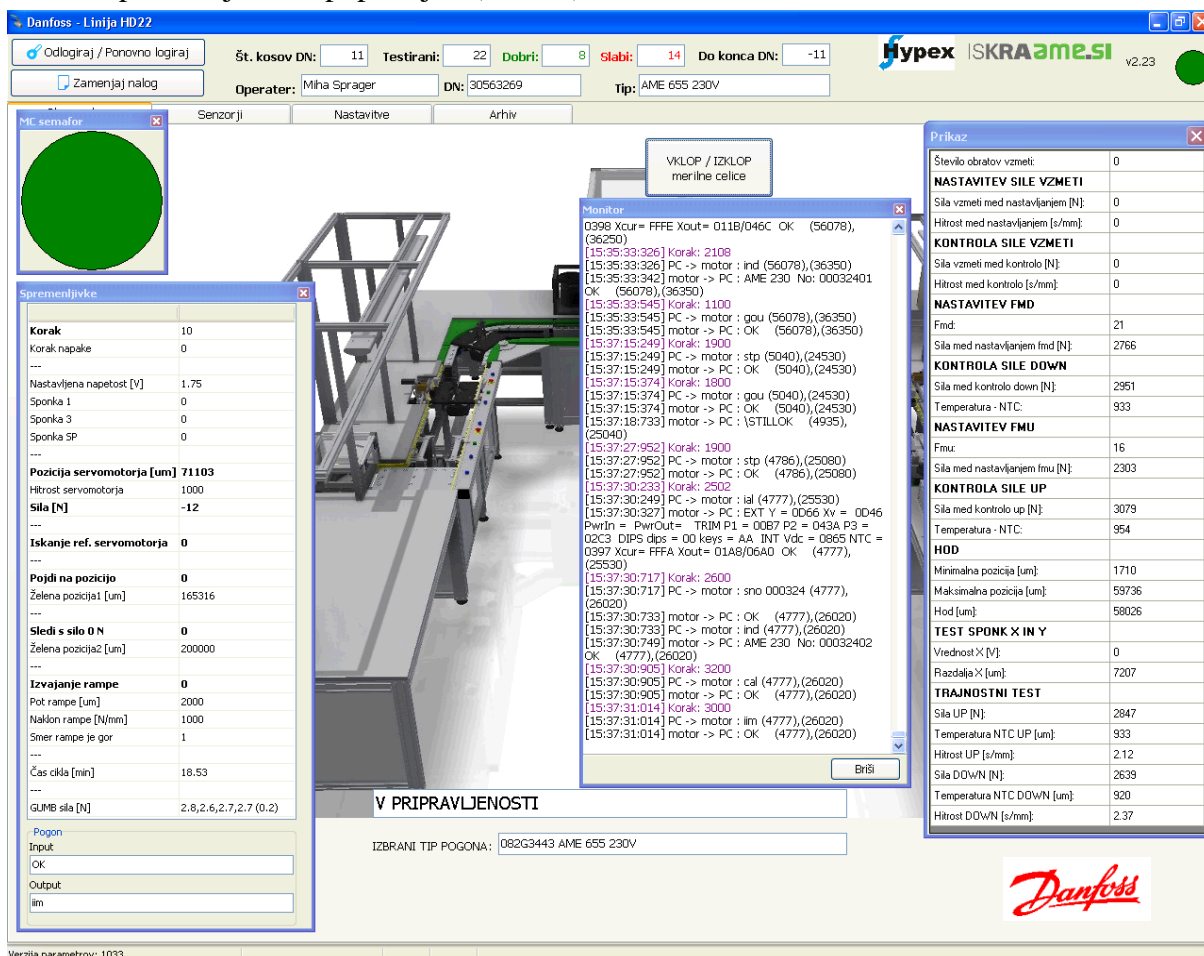
IDENTIFIKACIJA		NAPAJANJE		KONTROLNI SIGNAL		FUNKCIJA			
Koda	Naziv	24 V	230 V	Analogni	3-točkovni	Navadna	SD	SU	DIN
082G3440	AMV 655 24 V	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			
082G3441	AMV 655 230 V		<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			
082G3442	AME 655 24 V	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>			
082G3443	AME 655 230 V		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>			
082G3444	AMV 658 SD 24 V	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>		
082G3445	AMV 658 SD 230 V		<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>		
082G3446	AMV 658 SU 24 V	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>	
082G3447	AMV 658 SU 230 V		<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>	
082G3448	AME 658 SD 24 V	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>		
082G3449	AME 658 SD 230 V		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>		
082G3450	AME 658 SU 24 V	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>				<input checked="" type="checkbox"/>	
082G3451	AME 658 SU 230 V		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>				<input checked="" type="checkbox"/>	
082G3452	AMV 659 SD 24 V	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>				<input checked="" type="checkbox"/>
082G3453	AMV 659 SD 230 V		<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>				<input checked="" type="checkbox"/>
082G3454	AME 659 SD 24 V	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>					<input checked="" type="checkbox"/>
082G3455	AME 659 SD 230 V		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>					<input checked="" type="checkbox"/>

Tabela 1: Družina pogonov AMV/E 65X

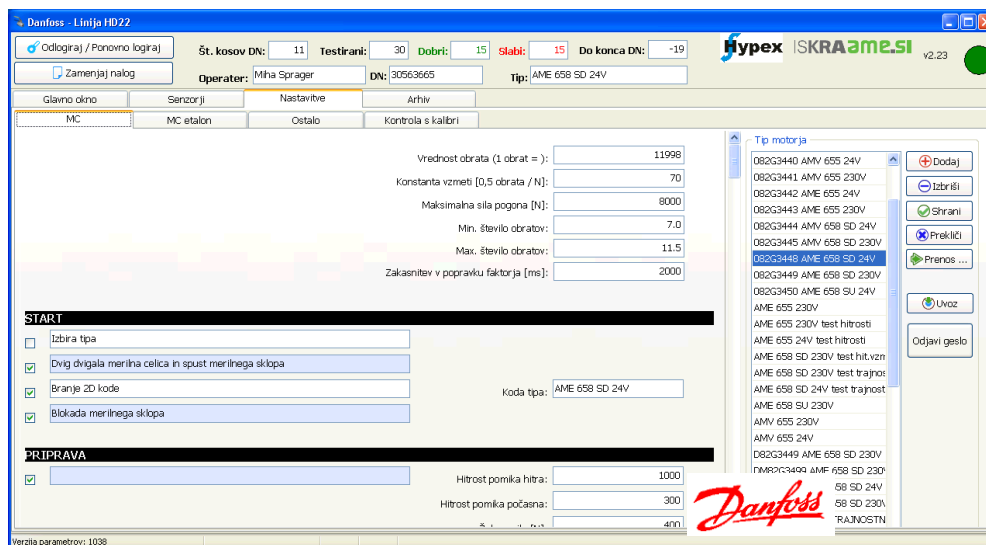
Naprava ni narejena na način, da bi samostojno prepoznala pogon, ki vanjo vstopi. Montažna linija niti ni bila tako koncipirana, ker tudi ni potrebe, da bi delovala tako samostojno. Pogoni se vedno izdelujejo po delovnih nalogih, ki se izdajajo dnevno. Ker gre pravzaprav za maloserijsko proizvodnjo, tudi ni potrebe po urni menjavi tipov. Zato smo se odločili, da omogočimo izbor tipa pogona, ki je vezan na izdajo delovnega naloga in ga preberemo s čitalnikom črtnih kode. Vse skupaj je integrirano v aplikacijo, ki jo poganjamo na PC-ju z operacijskim sistemom Windows® XP (Slika 1). Ta aplikacija je tudi povezovalni člen med mikrokontrolerjem VIPA in pogonom v testu.

Na podlagi prebranega tipa pogona se izbere ustrezna receptura. Če je v omenjeno aplikacijo prijavljen administrator, je možno svobodno izbirati recepture in jih tudi popravljati (Slika 2),

česar nivo običajnega operaterja ne omogoča. Uporabniki se v aplikacijo prijavljajo s pametnimi karticami. Na vhodu testno-nastavitvene naprave in izhodu iz nje se nahaja tračni transportni sistem, ki omogoča trem paletam s pogoni, da samodejno vstopijo ali izstopijo. Operater pogon predhodno sestavi in ga skupaj s paletami tudi porine na tračni sistem. Takoj po vstopu priprava paleta s pogonom postavi v testni položaj. Nato preveri skladnost deklaracije tipa pogona, ki je vpisana v kodi QR na nalepki, sledi preverjanje odziva na napajalno napetost. Če je odziv na napajalno napetost pričakovano, se tiskanino z notranjim ukazom postavi v t. i. testni način. Tiskanina se sedaj lahko predstavi in naprava lahko preveri skladnost tiskanine z izbranim testnim programom.



Slika 1: Glavno okno uporabniškega vmesnika na PC-ju



Slika 2: Izbor testnih parametrov

Če skladnost ni potrjena, testna priprava opozori operaterja in čaka na njegov odziv. V vseh primerih, ko test ni bil pozitivno opravljen, se čaka na odziv operaterja, ki mora zavestno poslati pogon iz naprave, da ga stanju primerno tudi ročno označi. Omenjeno stanje signalizirata rdeča luč in rdeče obarvano okno z navedbo napake.

Šele nato postavi naprava svojo glavno enoto v začetni položaj, kjer najprej zatakne pogon, da bo sposoben prenašati vse obremenitve, ki si bodo sledile med postopkom. Za doseganje omenjenih stanj se uporabljajo pnevmatski cilindri različnih velikosti, optimirani na obremenitve, ki jih morajo prenašati. Ko je pogon imobiliziran, se glavni izvršilni organ naprave, ki ga premika elektromotorni servo pogon s pomočjo vretena in krogelne matice, približa vretenu pogona, ga objame in zaklene. Od tu naprej se postopek razveji v skladu s tipom pogona, ki ga testiramo.

a. Prednapenjanje vzmeti

Velja le za vse tipe z varnostno funkcijo. Vsi ti pogoni imajo vgrajeno vzmet, ki mora biti sposobna ob izpadu napajanja v določenem času zapreti ventil. Vzmeti sicer niso precizni mehanski elementi, zato so pričakovana nihanja karakteristike vzmeti v območju +/- 12 %. Žal obstajajo tudi drugi elementi z nezanimljivimi

tolerancami, tako da smo se morali odločiti za nastavitev vseh sil v pogonu med samim procesom, da bodo kasnejše skrajne obremenitve pogona med obratovanjem v ožjem območju. Tako je možno ohraniti dimenzioniranje celotnega pogona na skromnejšem nivoju, saj ima to kar opazen vpliv na ceno pogona.

Pred začetkom napenjanja vzmeti postavimo vreteno pogona v izhodiščni položaj. Vzmet navijemo na prednavitje, ki ustreza povprečnemu pogonu. Vstavimo tehnološki zatič in nato izmerimo silo, ki jo je vzmet sposobna oddati. Če ta ni v predpisanih mejah, jo dovijemo ali odvijemo po inkrementih velikosti 1/2 obrata. Za izbiro št. inkrementov uporabljamo enačbo:

$$i = \frac{\Delta F}{k} \quad (1)$$

ΔF je pri tem razlika med želeno in izmerjeno silo, k pa vzmetna konstanta za 1/2 obrata. Kljub računu vsako nastavitev preverimo. Ko je sila znotraj toleranc, nadomestimo tehnološki zatič s trajnim. Sledi ponovno preverjanje. Sile merimo z natezno-tlačno celico 10 kN linearnosti in histereze $\leq \pm 0.03\%$ [1].

b. Meritev pozicij in hoda

Tu pri vseh pogonih preverimo obe skrajni poziciji in tudi njuno razliko – hod. Pri varianti AME izkoristimo vgrajeno funkcijo t. i. kalibracije, kjer pogon ob namestitvi na ventil in priključitvi na napajanje samodejno izmeri hod, odvisen od ventila. Tu izmerimo pogonu lastni skrajni legi. Pri varianti AMV kalibracijo nadomesti uporaba ustreznih notranjih ukazov, s katerimi pogon vodimo v eno in nato v drugo skrajno lego. Za opisane meritve se uporablja dajalnik na elektomotornem servu, s katerim izvajamo vse premike testne-nastavitvene naprave. Ločljivost meritve je celo 1 μm , vendar je ponovljivost odvisna od histereze senzorja pri umerjanju, točnosti vretena-matice, temperature itd. Zato so položaji izmerjeni s slabšo ponovljivostjo, vendar sprejemljivi.

c. Preverjanje delovanja z analognim signalom

Velja le za AME. Najprej izključimo t. i. nastavitveni način z notranjim ukazom. Na kontrolni pin testna naprava nastavi enosmerno napetost 9 V ali 3 V, ki je odvisna od tipa varnostne funkcije. Tu preverjamo, ali se pogon premakne za 1/8 polnega hoda. Hkrati se preveri točnost nastavitve analognega povratnega signala, ki bi moral kazati položaj pogona v V. Ko pogon doseže zeleno vrednost, morata biti krmilni in povratni signal enaka.

d. Nastavljanje sile pogona v obe smeri

Praviloma nastavljamo silo pogona, ki jo mora ta doseči v neposredni bližini ene ali druge skrajne lege. Za nastavljanje sile pogona uporabljamo notranje ukaze. V izdelku imamo vgrajen enosmerni elektronsko komutirani motor s tokovno omejitvijo. Pogon najprej obremenimo s 110 % nominalne vrednosti sile in toliko časa povečujemo notranje parametre, da pogon spelje na rampi (sila, hod). Nato sledi naknadna kontrola sile in morebiten popravek omenjenih parametrov, dokler ne dosežemo zelene sile. Statistika tu pokaže, da je ta kriterij

strožji od predhodnega, a ga potrebujemo za doseganje nominalne hitrosti.

e. Preverjanje hitrosti delovanja/končnih sil

Zato vozimo pogon pod enakomerno nominalno obremenitvijo (2000 N) po celotnem delovnem območju pogona, le v bližini končnih leg testna naprava poveča obremenitev, da se pogon ustavi. Tu preverimo povprečno hitrost, doseženo ob nominalni obremenitvi, in tudi doseženo silo v bližini končnih leg. Le če je pogon dosegel vse omenjene kriterije, nadaljujemo s postopkom.

f. Preverjanje delovanja gumbov

To izvajamo le pri tipu AME oziroma pri vseh varnostnih izvedbah. Pri tem postopku se pravzaprav sočasno preverja tako delovanje tipk na tiskanini kot tudi prisotnost vstavkov v pokrovu. Izvajalni elementi v testni pripravi so trije majhni pnevmatski cilindri.

g. Blokada gumba ročnega posredovanja

Le pri tipih z varnostno funkcijo je treba tovarniško zavarovati pogon v transportni poziciji. Tu se uporablja tako optični senzor za detekcijo pozicije ročice gumba ročnega posredovanja kot tudi mehanski naslon, ki natančno ustavi vrtenje pogona, da se vijak iz vibracijskega zalogovnika dostavi v sedež in privije z vijačnikom v gumb ročnega posredovanja. S tem preprečimo, da bi se pogon med transportom nehoteno odvil.

h. Zavarovanje zatiča proti izpadu

S pnevmohidravličnim cilindrom deformiramo robove dveh lukenj na omejevalniku rotacije in preprečimo zatiču morebitni izpad iz spoja.

3 Dodatne funkcije testno-nastavitvene naprave

a. Kalibracija testne naprave

Kalibracija testno-nastavitvene naprave poteka periodično s pomočjo posebnega kalibra. Ker so pogoni zaradi svoje relativno velike nenatančnosti za omenjeni postopek neprimerni, smo razvili vzmetni kaliber, ki nam omogoča hkratno kalibracijo tako pozicijskega merilnega sistema kot tudi kalibracijo senzorja sile. Meje zaupanja testni napravi smo določili na podlagi večjega števila meritev (Slika 3).

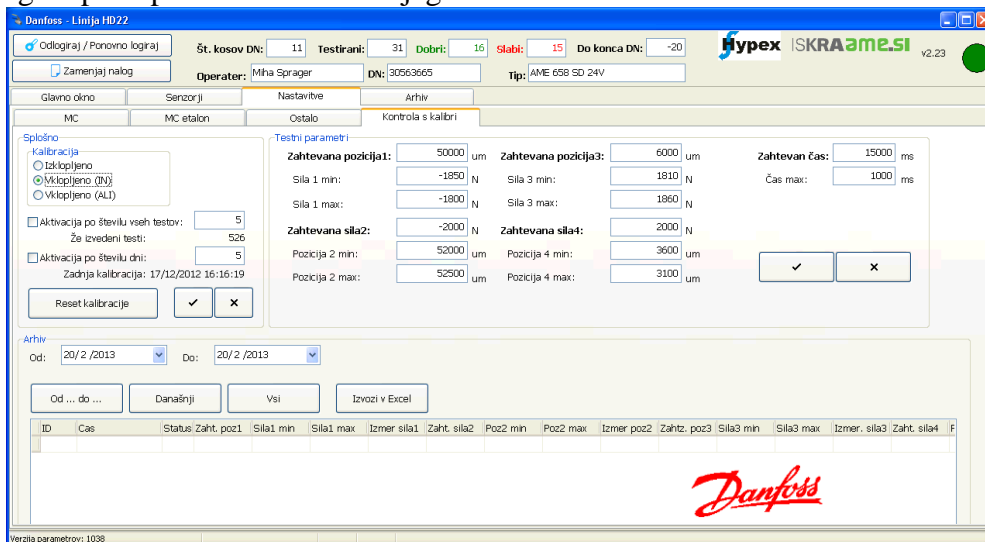
b. Arhiviranje

Na PC-ju je prisotna baza SQL, v katero se shranjujejo tako pomembnejši rezultati testno-nastavitvenega postopka kot tudi njegovi

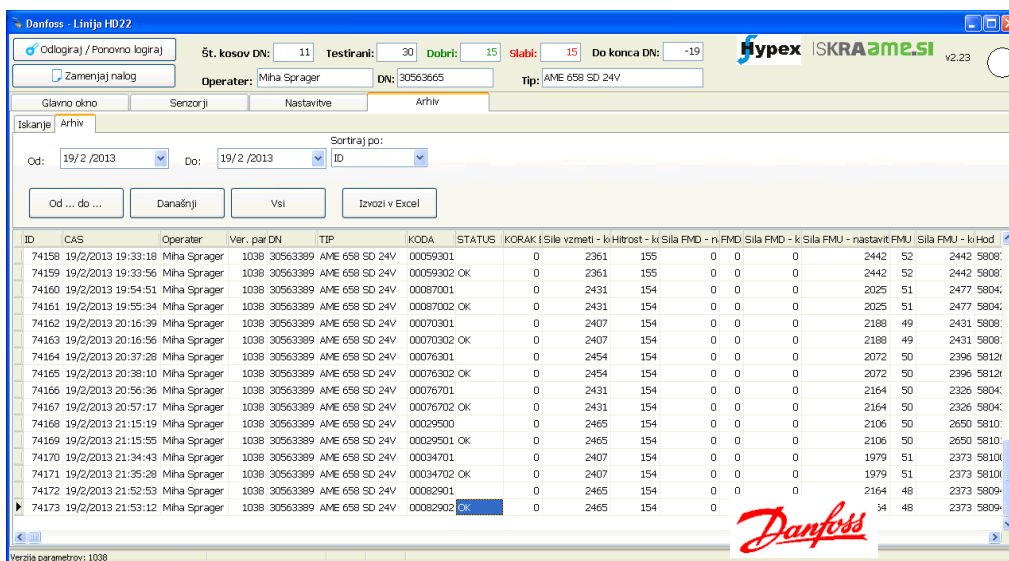
parametri. Rezultate lahko sproti pregledujemo (Slika 4, 5). Lahko tudi iščemo določeno serijsko št. pogona, npr. ko želimo preveriti čas montaže in tudi izvorne karakteristike pogona (Slika 6). Možen je tudi izvoz v obliki datoteke .xls.

c. Vzorčenje testnih rezultatov

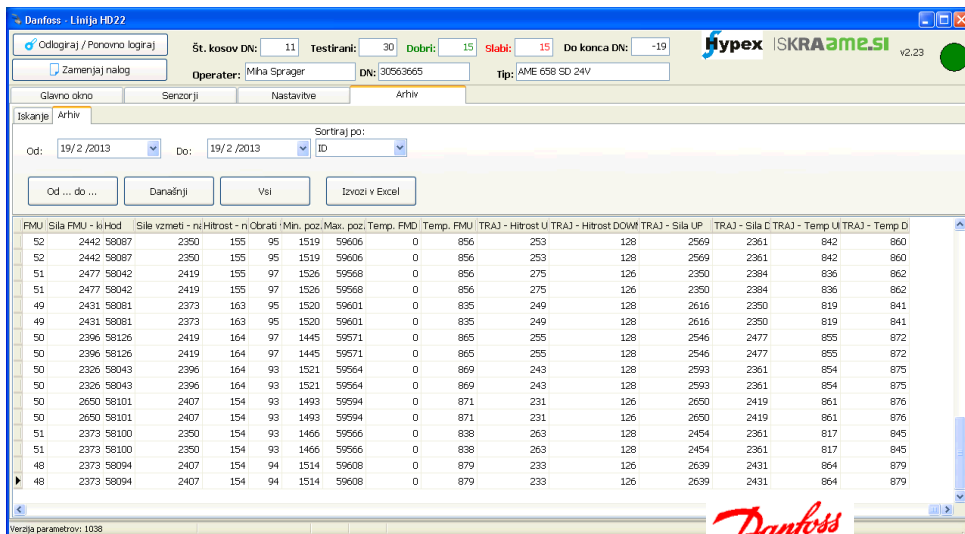
Za lažje razhroščevanje testnega postopka kot tudi razhroščevanje in analizo delovanja pogonov je na voljo izpis v obliki datotek .xls. Najkrajša časovna baza vzorčenja je 500 ms. Beležijo se čas, pozicija in sila. Na podlagi teh zapiskov lahko izračunamo tudi hitrost. Na sliki 7 si lahko ogledamo grafični rezultat vzorčenja.



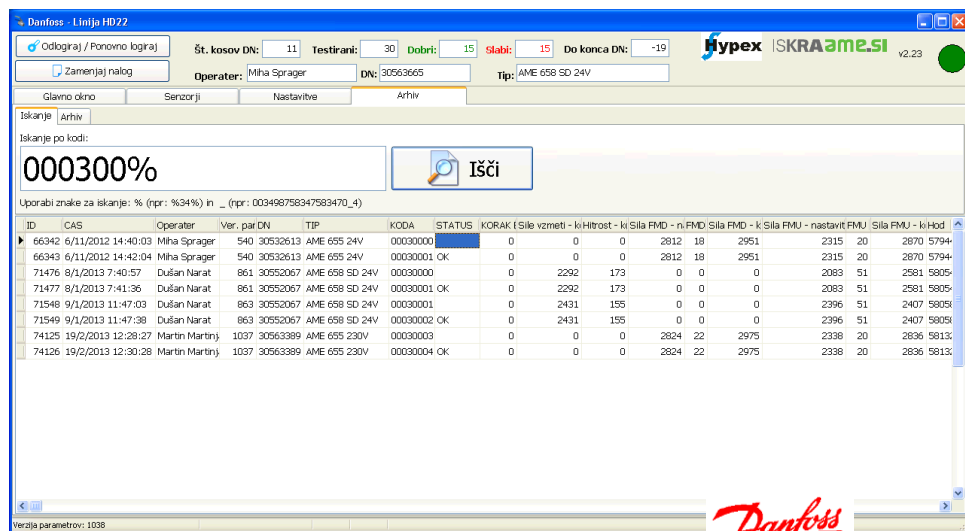
Slika 3: Stran za nadzor kalibriranja



Slika 4: Pogled na dnevni arhiv testov – 1

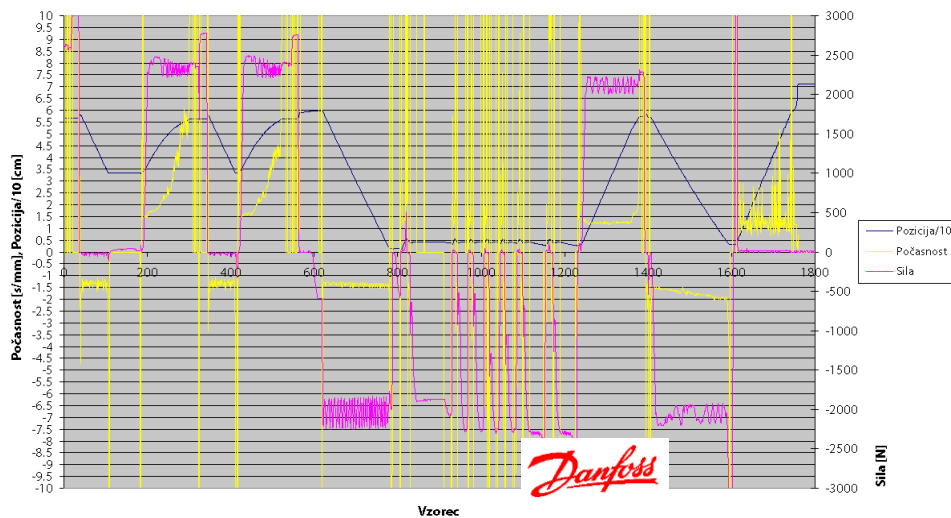


Slika 5: Pogled na dnevni arhiv testov – 2



Slika 6: Pogled na iskalnik kode v arhivu

Pogon 658 SD



Slika 7: Primer prikaza rezultatov vzorčenja

4 Komunikacija

Pogon je pripravljen na komunikacijo le takrat, ko ga spravimo z notranjim ukazom v t. i. testni način. Iz tega stanja ga povrnemo z drugim notranjim ukazom ali z odvzemom napajanja.

a. Celoten nabor ukazov znotraj testnega načina

<i>hlp: Help</i>	<i>cal: Calibrate</i>
<i>ial: Input Status</i>	<i>mps: Motor Single View</i>
<i>mpc: Motor Continuous View</i>	<i>sps: System Single View</i>
<i>spc: System Continuous View</i>	<i>log: Show log</i>
<i>ind: Show model</i>	<i>uar: Set model</i>
<i>sno: Set SNO</i>	
<i>fmu: Max upper force: 2..3F, 1=spring</i>	
<i>fmd: Max lower force: 2..3F, 1=spring</i>	
<i>spm: Set Medium speed</i>	
<i>gou: Go up</i>	<i>god: Go down</i>
<i>gox: Go to position</i>	<i>goi: Go relative</i>
<i>stp: Stop</i>	<i>ctr: Center</i>
<i>dzn: Set dead zone</i>	<i>nzn: Set neutral zone</i>
<i>pzn: Set passive zone</i>	
<i>pra: Set BLDC k_A</i>	<i>pri: Set BLDC k_I</i>
<i>pre: Set BLDC k_E</i>	
<i>prd: Set BLDC k_Ed cw/ccw diff</i>	
<i>prw: Set Speed Offset k_w</i>	<i>prv: Set BLDC k_v</i>
<i>prf: Set BLDC k_F</i>	
<i>btm: BLDC test mode</i>	<i>cop: Set control loop</i>
<i>dtm: DAC test mode</i>	<i>cvc: CV calibration</i>
<i>out: Set outputs/LEDs</i>	
<i>rst 00: Save&Restart</i>	
<i>rst 01: Stroke,Mode&Log</i>	<i>rst 02: Stroke</i>
<i>rst 03: Errors</i>	<i>rst 04: All</i>

b. Uporaba ukazov med izvajanjem testa

vvm: preklopi v testni način

hlp: izpiše omenjeni nabor ukazov

cal: uporabljamo za kalibracijo pogona in meritev pozicij, kontrolo povratnega signala; pogon sporoča status ob zaznavi končnih leg

ial: izpiše stanje vhodov/izhodov

mps: izpiše stanje motorskih parametrov

sps: izpiše stanje sistemskih parametrov

ind: izpiše tip in serijsko št.

uar: vpiše tip

sno: vpiše serijsko št. oziroma ji poveča indeks

fmu: vpiše faktor motorja v smeri navzgor; uporabljamo pri nastavljanju sile

fmd: vpiše faktor motorja v smeri navzdol; uporabljamo pri nastavljanju sile

gou: požene pogon navzgor

god: požene pogon navzdol

goi: pošlje motor na relativni položaj; uporabljamo pri nastavljanju prednapetja vzmeti

Na vse ukaze *go*- pogon odgovarja asinhrono s sporočilom »STILL«, ko se zaustavlja

stp: ustavi motor

ctr: postavi izmerjene končne lege simetrično glede na trenutni položaj

prv: regulira hitrost v testnem načinu

cop: vklop/izklop končnih leg

rst 0x: ponastavitev tiskanine na različne segmente/nivoje tovarniških nastavitvev

iim: izhod iz testnega načina

Ostali ukazi, navedeni v predhodni tabeli, se v testno-nastavitveni napravi ne uporabljajo.

5 Zaključek

Tu opisano pripravo že uporabljamo v redni montaži. Trenutno se še ukvarjamo z odpravljanjem zaznanih pomanjkljivosti, ne da bi posegali v kriterije, ki pogojujejo sprejemljivost testiranih kosov. Testni cikel smo morali dopolniti s kontrolo hitrosti, zato je daljši, kot smo načrtovali. Obstaja možnost za časovno optimizacijo postopka, katerega večji del bomo dosegli s spremembami receptur, nekaj časovnega prihranka pa bo možno doseči s spremembo nadzornega programa. Za naknadno

povečanje kapacitete načrtujemo še razširitev testne naprave z dodatnim mestom.

6 Literatura

[1] *1154 Linija za montažo, justiranje in kontrolo pogonov HD22, Tip nap 152, Uporabniški priročnik*, Hypex d. o. o., Alpska 43, 4248 Lesce, Slovenija, marec 2011.