

Avtomatizacija preizkuševalnega stroja za dinamično obremenjevanje VZORCEV

Janez Matija

Mentorja: Darko Hercog¹, Nenad Gubelj²

¹Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko,
Smetanova 17, 2000 Maribor

²Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo, Smetanova 17, 2000 Maribor
james.matija@gmail.com, darko.hercog@um.si, nenad.gubelj@um.si

Automation of testing machine for dynamic loading of specimens

There is a growing need for automated mechanical systems in materials testing. The reason for that lies in the constant development of new materials with better physical properties, which are used for all kinds of different purposes, from medical implants to load-bearing components in airplanes, but we cannot reliably predict their dynamic behavior and fatigue. For this purpose, a machine with an eccentric lever has been developed, which is being used for flexural or cyclic loading with adjustable offset distance and is being run by a three-phase asynchronous electric motor with a frequency converter. The entire system is automated by National Instruments data acquisition hardware and LabVIEW software. Developed system allows configuration of data acquisition and data logging parameters for different geometries of specimens.

Kratek pregled prispevka

Potreba po avtomatizaciji mehanskih sistemov je vse bolj prisotna tudi pri testiranju materialov. Razlog je v nenehnem razvijanju novih materialov z boljšimi fizikalnimi lastnostmi, ki se uporabljajo za različne namene, od medicinskih implantatov do nosilnih komponent letal, vendar ne moremo zanesljivo predvideti njihovega dinamičnega obnašanja in dobe trajanja. S tem namenom je bil izdelan stroj z ekscentričnim vzvodom, s katerim se izvaja upogibno oz. ciklično obremenjevanje z nastavljivim odmikom, ki ga poganja trifazni asinhronski elektromotor s frekvenčnim pretvornikom. Celotni sistem je avtomatiziran, tako da je opremljen z merilno opremo proizvajalca National Instruments in programsko opremo LabVIEW. Zasnovan sistem omogoča široko izbiro vhodnih parametrov za obremenjevanje različnih geometrij preizkušancev ter zajemanje in shranjevanje podatkov, ki so ključnega pomena za nadaljnjo obdelavo.

1 Uvod

Konstrukcije in naprave, s katerimi se srečujemo in jih uporabljamo v vsakdanjem življenju in opravilih, bodisi avtomobili ali gospodinjski aparati, so izpostavljene dinamičnim obremenitvam. Posnemanje odziva materialov na dinamične obremenitve je odločilnega pomena za varno in zanesljivo uporabo. Razlog je v nenehnem razvijanju novih materialov z boljšimi fizikalnimi lastnostmi, ki se uporabljajo v različne namene, od medicinskih implantatov do nosilnih komponent letal, vendar ne moremo zanesljivo predvideti njihovega dinamičnega obnašanja in dobe trajanja. Zato je bil izdelan stroj z ekscentričnim vzvodom, s katerim se izvaja upogibno oz. ciklično obremenjevanje z nastavljivim odmikom, ki ga poganja trifazni asinhronski elektromotor s frekvenčnim pretvornikom. Na os elektromotorja je pritrjen mehanizem, ki mu lahko nastavimo ekscentrično lego. Razdalja od ničelne točke osi elektromotorja do maksimalno možne nastavljive razdalje podaja velikost upogibnega odklona preizkušanca. Vpenjalni del za pritrditev preizkušancev je sestavljen iz dveh delov, kar omogoča na eni strani fiksno pritrditev, na drugi strani pa pomik v eno in drugo smer. Testirajo se lahko različni preizkušanci, izdelani iz različnih materialov, z različnimi debelinami in dolžinami. Za natančno opredelitev trenutka iniciacije in rast utrujenostne razpoke smo proces ekscentričnega upogibanja preizkušanca avtomatizirali, saj je potrebno upoštevati, da lahko pri dolgotrajnih preizkusih pride do porušitve tudi v času, ko uporabnik – operater ni fizično prisoten. Tako je pogon elektromotorja potrebno avtomatično prekiniti, če pride:

- a) do preobremenitve, ki je lahko posledica zagozditve tujka med obratovanjem,
- b) do padca obremenitve, ki je lahko posledica preloma preizkušanca ali rahljanja čeljusti,
- c) do predpisanega števila obremenitvenih ciklov oz. konca načrtovanih meritvev,
- d) do izpolnitve drugih analognih kriterijev, kot je dosežena temperatura preizkušanca ali preseganje temperaturnega gradienta.

Temperatura preizkušanca je dana kot kriterij za ustavitev obremenjevanja pred porušitvijo preizkušanca. V dosedanjih raziskavah se je pokazalo, da z naraščanjem višine obremenitve tudi temperatura preizkušanja narašča[1].

Meritve deformacij preizkušancev se merijo z uporovnimi merilnimi lističi. Izmerjeni oz. zajeti podatki se shranjujejo v CSV datoteko.

Celotni avtomatiziran sistem je opremljen z merilno opremo proizvajalca National Instruments in programsko opremo LabVIEW. Zasnovan sistem omogoča široko izbiro ali vnos parametrov za obremenjevanje različnih geometrij preizkušancev ter zajemanje in shranjevanje podatkov.

2 Opis merilnega sistema

Merilni sistem je sestavljen iz mehanskega in merilnega dela. V mehanskem delu zaradi obremenjevanja različnih geometrij preizkušancev prihaja do velike obremenitve v konstrukciji, zato osnovni del konstrukcije predstavlja debela kovinska plošča, na kateri sta pritrjena elektromotor in podporni del vpenjala za pritrditev različnih geometrij preizkušancev.



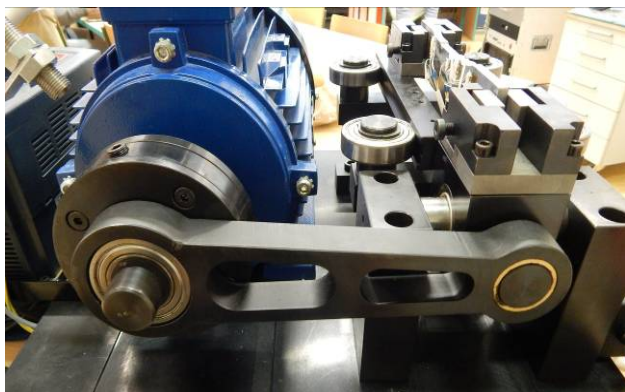
Slika 1: Mehanski del sistema.

Slaba izvedba ali pritrditev podpornikov vpenjalnega dela lahko pripelje do napake pri meritvi deformacije na preizkušancu in neposredno pri nadaljnji kalibraciji sistema. V začetni fazi merimo deformacijo na preizkušancu in v podpornikih hkrati in s korelacijo obeh izmerjenih deformacij izvedemo kalibracijsko krivuljo sistema, kar lahko izkoristimo pri nadaljnjem testiranju preizkušancev enakih geometrijskih mer in

merimo deformacijo samo v podpornikih.

Vpenjalni del omogoča menjavanje prijemala glede na velikost in obliko vzorcev, bodisi okroglih ali ploščatih. Geometrijske lastnosti vzorcev (epruvet) so lahko različnih oblik, kot npr. okrogle palice s premerom 15 mm x 23 mm ali pravokotnim profilom 10 mm x 40 mm. Vpenjalni del je sestavljen iz dveh delov, kar omogoča na eni strani fiksno pritrditev, na drugi strani pa pomik v eno in drugo smer. Vpenjalno čeljust, kjer preizkušanec fiksno pritrdimo, lahko mehansko približujemo ali oddaljujemo glede na dolžino preizkuševalnega vzorca. Ne glede na geometrijske lastnosti vzorca je omogočena fleksibilnost v smeri potega, saj bi drugače preizkušanec tudi raztegovali. Čim bolj togi mehanski del omogoča točnejše meritve deformacij materiala [2].

Na os elektromotorja je pritrjen mehanizem, ki mu lahko mehansko nastavimo ekscentrično lego, ki je preko vzvoda povezan na premični del vpenjala. Razdalja od ničelne točke osi elektromotorja do maksimalno možne nastavljive razdalje podaja velikost upogibnega odklona preizkušanca v eno in drugo stran.



Slika 2: Mehанизem z nastavljivim ekscentričnim vzvodom.

Merilni del sestavljajo sledeče komponente:

- sistem za zajemanje podatkov deformacije preizkušancev,
- števec ciklov obremenjevanja,
- merilnik temperature in
- frekvenčni pretvornik.

Merilno opremo sestavljajo ohišje cDAQ 1972, štiri analogni vhodni moduli 9237 za

meritev deformacij obremenjevanja preizkušancev, digitalni vhodni ali izhodni modul 9401, ki je uporabljen za štetje ciklov obremenjevanja, univerzalni analogni vhodni modul 9219, kjer je priključen termo člen za meritev temperature in analogni izhodni modul 9263 za krmiljenje frekvenčnega pretvornika.



Slika 3: Merilna oprema.

Za meritve deformacij uporabimo 120 ohmska merilna lističa, ki sta vezana v polovični mostič. To pomeni, da sta nameščena na mestu, kjer želimo meriti deformacijo, dva merilna lističa, vendar je eden glede na drugega obrnjen za 90° zaradi temperaturne kompenzacije.

Zasnovani preizkuševalni stroj za dinamično obremenjevanje vzorcev omogoča priklop šestnajstih polovičnih mostičev, kar omogoča meritve deformacije na več mestih hkrati.

Meritve ciklov obremenjevanja je izvedena na principu štetja vrtljajev elektromotorja z optičnim senzorjem ROS-W[3].

Merjenje temperature na preizkušancu ima velik vpliv pri določanju lastnosti materiala. Velikost in naraščanje temperature sta odvisni od amplitude obremenjevanja in izvedenih ciklov. Glede na razmerje naraščanje temperature in opravljenih ciklov obremenjevanja se lahko določi, v katerem delu krivulje lastnosti materiala se nahajamo, bodisi v območju trajne ali časovne dinamične trdnosti.

Obremenjevanje vzorcev se izvaja z elektromotorjem, ki ga krmilimo s frekvenčnim pretvornikom EDS 1000.

3 Opis programske kode

Programska koda je bila narejena v

razvojnem okolju LabVIEW [4],[5] proizvajalca National Instruments. LabVIEW je tehnološko dovršen program, ki se pogosto uporablja v računalniško podprtih merilnih sistemih. Dolgoletni obstoj in razvoj programa LabVIEW omogoča zanesljivo delovanje ter hitro in enostavno programiranje.

Uporabniški vmesnik (Slika 4) omogoča vnos glavnih parametrov za avtomatizirano izvajanje stroja, kot so ime vzorca, lastnosti obremenjevanja in izvajanja meritve, kriteriji ustavitve, shranjevanje podatkov ter meritvev offset-a. V vnosno polje »Ime vzorca« je potrebno vnesti ime preizkušanca. Parameter A določa čas trajanja posamezne meritve, parameter B pa čas pavze med meritvami. Pod to rubriko spada tudi frekvenca vzorčenja, ki določa število odtipkov analognih signalov v eni sekundi. Podatek »Frekvenca obremenjevanja« določa frekvenco vrtenja elektromotorja in posredno frekvenco obremenjevanja vzorcev.

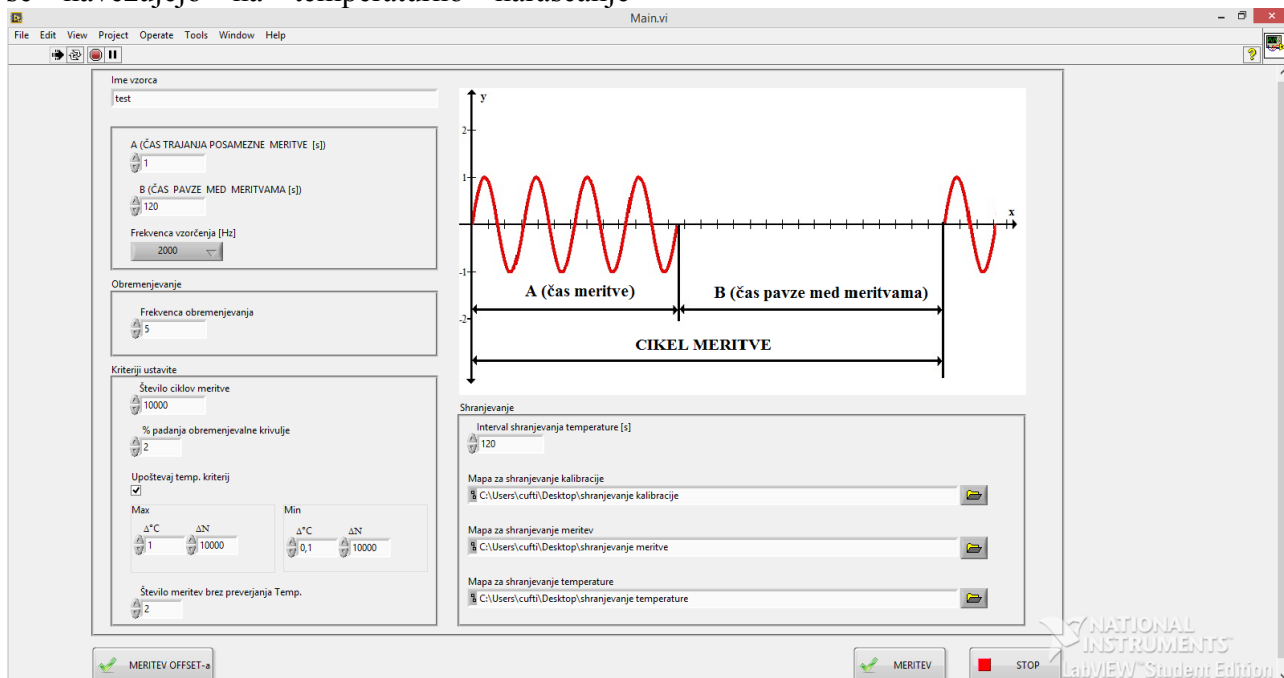
Zaradi varnosti je implementiranih več kriterijev ustavitve avtomatiziranega procesa, ki se navezujejo na temperaturno naraščanje

preizkušanca, sile obremenjevanja ali preseženo število ciklov meritve. Program omogoča tudi možnost izklopa temperaturnega kriterija (pri nekaterih testiranjih rasti razpoke materiala ni potrebno upoštevati) ter nastavitve časovnega intervala shranjevanja temperature in izbiro map za shranjevanje podatkov.

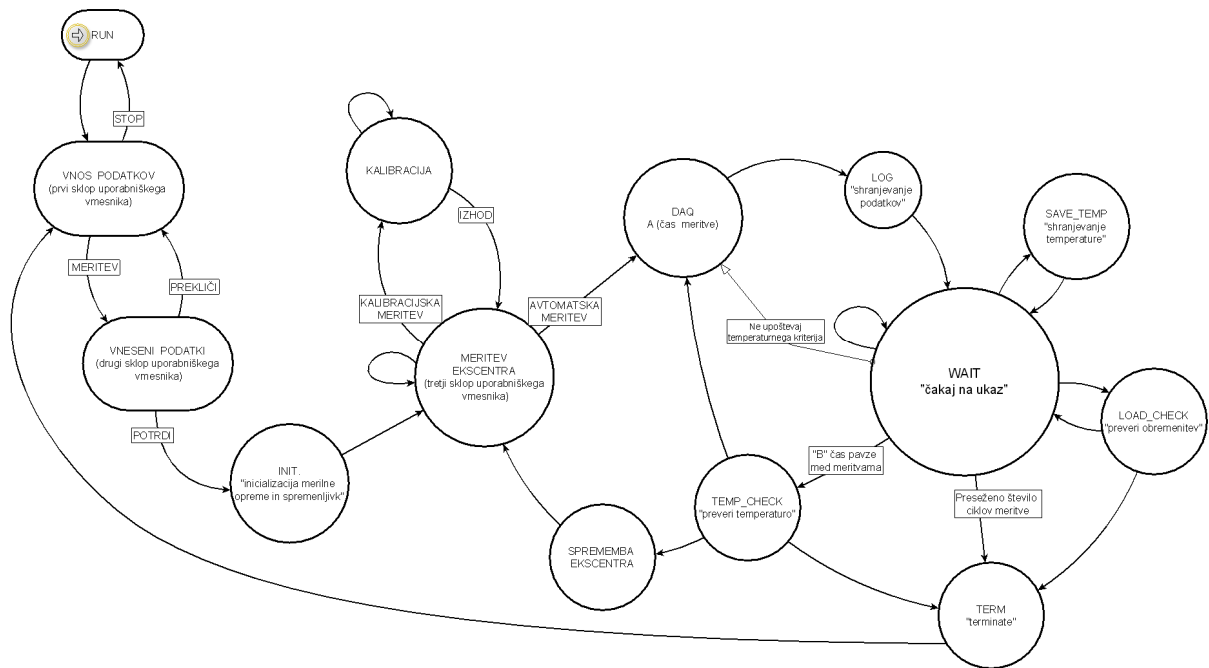
Kalibracija je del podprograma, kjer lahko prostoročno vrtimo elektromotor, s čimer obremenjujemo preizkušavec in iščemo nevtralno lego pritrditve le-tega. Vsaka izvedena kalibracija traja 30 s in istočasno se shrani dva tisoč zajetih podatkov.

Tipko za MERITEV OFFSET-a uporabimo samo na začetku merjenja vsakega preizkušanca. Funkcijo meritve offset-a lahko uporabimo le, ko je preizkušavec v nevtralni legi in je neobremenjen. S tem dejanjem programsko postavimo vse vrednosti uporovnih merilnih lističev na vrednost nič.

Za nadaljevanje izvajanja programa moramo pritisniti tipko MERITEV. S pritiskom na tipko STOP pa ustavimo proces.



Slika 4: Uporabniški vmesnik.



Slika 5: Avtomat stanj.

Program je realiziran s pomočjo avtomata stanj (Slika 5). Ob zagonu programa se avtomatsko izvede prehod v stanje »Vnos podatkov«, kjer se uporabniku prikaže okno za vnos parametrov programa (Slika 4).

Po izbiri tipke MERITEV se začne obremenjevanje vzorca, izvajanje meritev in shranjevanje zajetih podatkov. Obremenjevanje vzorca se zaustavi ob izpolniti enega od kriterijev zaustavitve (preseženo število ciklov meritve, temperaturni kriterij, itd.).

4 Ožičenje in testiranje sistema

Pred testiranjem je bilo dobro poskrbljeno za ožičenje uporavnih merilnih lističev, optičnega senzorja, termočlena in napetostnega krmiljenja frekvenčnega pretvornika. Preko napetostnih sponk VCI in GND lahko frekvenčnemu pretvorniku spreminjamo frekvenco v območju 0 Hz in 50 Hz, kar v napetostnem območju pomeni 0 V in 10 V [6].

Za izpolnitev varnostnih pogojev je varnostno stikalo povezano na sponke FWD in COM frekvenčnega pretvornika, kjer se v primeru vklopa varnostnega stikala prekine povezava za vrtenje elektromotorja.

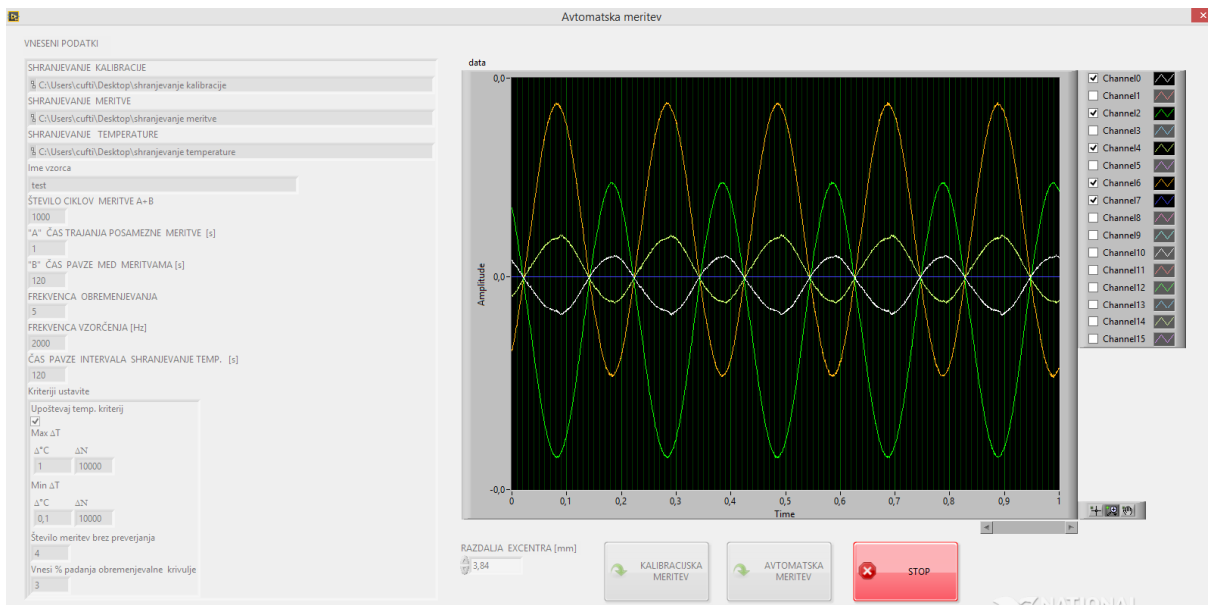


Slika 6: Priključne sponke frekvenčnega pretvornika.

Pri avtomatskem obremenjevanju preizkušanca ima optični senzor pomembno vlogo, saj se, če določen čas ne zazna vrtenja elektromotorja in neposrednega obremenjevanja, sistem ustavi, ker lahko pride do prekinitve povezave, okvare vpenjalnega dela, senzorja ali elektromotorja.



Slika 7: Optični senzor.



Slika 8: Nadzorna plošča avtomatskega obremenjevanja.

Prvo testiranje smo izvedli brez obremenjevanja preizkušanca, torej samo delovanje frekvenčnega pretvornika preko napetostnih sponk, štetje ciklov obremenjevanja in varnostni izklop. Sledilo je zajemanje in shranjevanje vrednosti merilnih lističev, temperature preizkušanca ter neposredno testiranje kriterijev ustavitve sistema.

Nadzorna plošča (Slika 8) med avtomatsko meritvijo omogoča pregled vnesenih parametrov, grafični prikaz vrednosti merilnih lističev in možnost zaustavitve sistema.

5 Sklep

Pri avtomatiziranem sistemu, ki je zasnovan za ciklično obremenjevanje preizkušancev lahko hitro in učinkovito pridemo do dinamičnih lastnosti materialov, saj je hitrost vrtenja elektromotorja premo sorazmerna z obremenjevalnimi cikli, kar pomeni da pri vrtenju elektromotorja s 30 Hz dosežemo v eni uri okrog sto tisoč obremenjevalnih ciklov in enako število v vsaki nadaljnji uri.

Glede na lastnosti preizkušanca je potrebno smiselno določiti časovni interval izvajanja meritve in količino zajetih podatkov, ki se shranijo v določene datoteke in so osnova za post analizo.

V nadaljnjem razvoju sistema je želja po nadgradnji programske kode, saj bi lahko v vanjo vnesli samodejni preračun, s čimer bi že dobili končni rezultat.

6 Literatura

- [1] Fargione G., Geraci A., La Rosa G., Risitano A.: Rapid determination of the fatigue curve by the thermographic method, Dipartimento di Ingegneria Industriale e Meccanica, Università di Catania, July 2001.
- [2] Harl Boštjan, Kegl Marko: Statika in trdnost, univerzitetni učbenik, FS Univerza v Mariboru, 2011.
- [3] <http://www.monarchinstrument.com/product.php?ID=38>.
- [4] National Instrument, LabVIEW Core II, 2014.
- [5] Hercog D. in Gergič B., Računalniško podprta merjenja in upravljanje merilnih instrumentov VAJE, Maj 2012, FERl, Univerza v Mariboru
- [6] http://www.sah.rs/Frekventni_I_%20Servo/ENCEDS1000.