

# MJERNI SUSTAV ZA PROGRAMIRANO MJERENJE I VREDNOVANJE MEHANIČKIH SVOJSTAVA FLEKSIBILNIH LINIJSKIH I PLOŠNIH MATERIJALA

Jelka Geršak, međunarodni član akademije, Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo  
Jelka.Gersak@um.si

**Sažetak:** Mjerni sustav sastoji se od mjerne strojne opreme s ugrađenom mjernom jedinicom s pripadajućim senzorskim sustavom za mjerenje vlačnih i/ili longitudinalnih kompresijskih opterećenja i njihovih mehaničkih deformacija te pripadajućeg softvera za slobodno programiranje i kontrolu procesa mjerenja, automatsko prikupljanje podataka, vrednovanje i prezentaciju tih.

## 1. Uvod

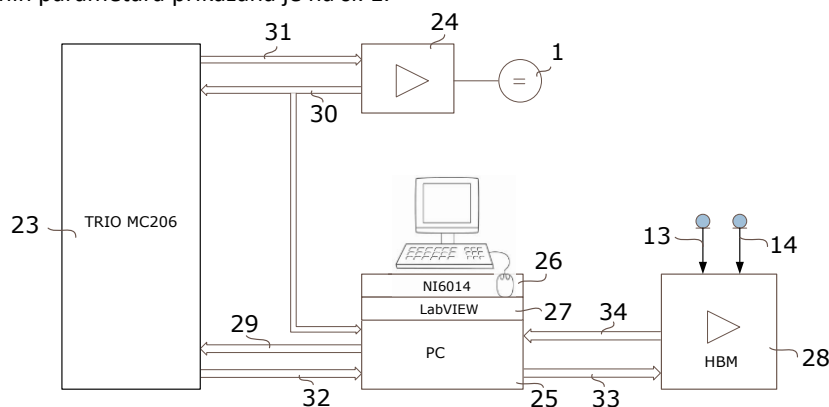
Vrednovanje vlačnih svojstva kao temeljnih mehaničkih svojstava fleksibilnih linijskih i plošnih materijala provodi se pomoću mjernih uređaja, takozvanih dinamometara. Dobiveni rezultati mjerenja dati su u obliku statistički obrađenih rezultata mjerenja (srednjih vrijednosti prekidne sile i prekidnog istezanja). Zajednička značajka poznatih rješenja je da mjerni uređaji za ispitivanje vlačnih svojstava ne omogućavaju prikupljanja numeričkih vrijednosti mjernih podataka u smislu vremenske ovisnosti odnosa između opterećenja i izazvane deformacije u ispitanom materijalu, kao i vrednovanje parametara njihovih viskoelastičnih svojstava. Opisani problem predstavlja neriješeni tehnički problem, koji se izražava prvenstveno kroz pasivni karakter poznatih mjernih uređaja i metoda.

## 2. Opis patenta

Prema izumu problem je riješen sa mjernim sustavom za programirano mjerenje i vrednovanje mehaničkih svojstava fleksibilnih linijskih i plošnih materijala na temelju odgovarajućeg konstrukcijskog rješenja pogonskog modula (zasnivan na mogućnosti vremenski promjenjive sile i promjene brzine opterećenja) te ugrađenog sustava za automatsko prikupljanje podataka u obliku numeričkog zapisa mnoštva parova tijekom ispitivanja, koji se sastoje od odgovarajućih senzora s mikrokontrolerom i pripadajućeg softvera, što omogućava numeričku obradu podataka.

Mjerni sustav sastoji se od mjerne strojne opreme i pripadajućeg softvera. Strojno opremo predstavlja mjerni uređaj, zasnovan na konstrukcijskom rješenju pogonskog modula s integriranim senzorskim sustavom, tj. mjernom jedinicom za mjerenje vlačne i/ili longitudinalne kompresijske sile i pripadajuće mehaničke deformacijom kod dva mjerna područja. Mjernu jedinicu tvore dva senzora sile s različitim mjernim rasponom: kod malih opterećenja (do 50 N) se koristi induktivni senzor sile, dok se za veća opterećenja (do 2000 N) koristi otporni senzor sile (strain gauge). Koncept senzorskog sustava konstruiran je tako da omogućuje brzu promjenu dviju mjernih zona i time štiti osjetljiviji induktivni mjerac sile od mehaničkih preopterećenja.

Programska oprema omogućava slobodno programiranje i kontrolu procesa mjerenja, automatsko prikupljanje podataka, vrednovanje i prezentaciju tih. Programska shema za upravljanje mjernog sustava, prikupljanje podataka i vrednovanje izmjerenih parametara prikazana je na sl. 1.



Slika 1 Programska shema, koja se odnosi na upravljanje mjernog sustava, prikupljanje podataka i vrednovanje izmjerenih parametara

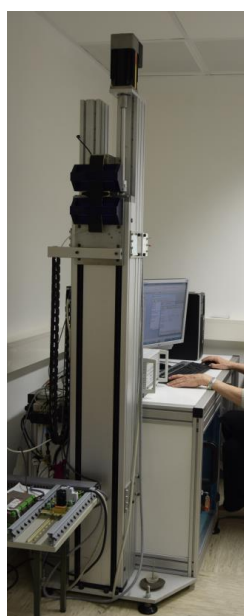
Legenda:	1 - servomotor	28 - HBM (pojačanje, AD konverzija)
	13 - induktivni senzor sile Q11 (za područje sile 0-50 N)	29 - naredba kontroleru
	14 - otporni senzor sile Z6 (za područje sile 0-2000 N)	30 - $\Phi$ , $\omega$ (pozicija kretanja, brzina, ubrzanje)
	23 - TRIO MC206 - kontroler kretanja	31 - zahtijevana (stvarna) pozicija
	24 - Servo pojačalo	32 - sustav komunikacije – prijenos podataka
	25 - osobno računalo	33 - komanda (zahtijevani parametri) za mjerenje
	26 - NI6014 kartica (mjerenje položaja)	34 - mjerenje sile
	27 - LabVIEW programski paket	

Grafičko programiranje mjernih aplikacija za prikupljanje podataka, obradu, analizu i grafički prikaz te pohranu podataka provodi se u LabVIEW programskom okruženju. Nakon pojačanja i AD konverzije mjernog signala, dobivena mjerena sile u obliku numeričkog zapisa mnoštva parova tijekom ispitnog perioda prenose se na osobno računalo, gdje se u LabVIEW programskom okruženju, na temelju prethodno izvršenog programiranja mjernih aplikacija za prikupljanje podataka, provede njihova obradu, analiza, pohrana podataka te kreira odgovarajući grafički prikaz rezultata.

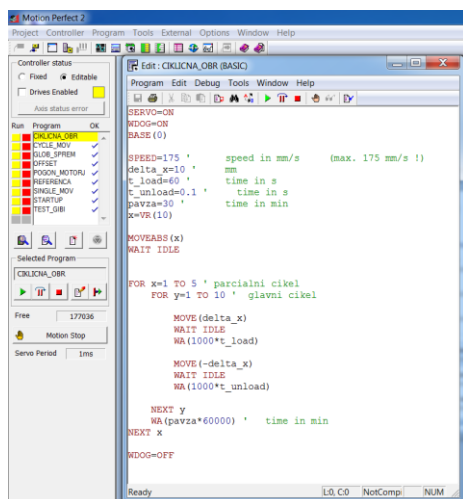
Numerički zapis množine parova  $(\epsilon_k, F_s(\epsilon))$  u vrijeme eksperimenta osnova je za konstrukciju aproksimacijske krivulje naprezanje - deformacije  $\sigma(\epsilon)$  i numeričko vrednovanje parametara viskoelastičnih svojstava fleksibilnih linijskih i plošnih materijala.

Mjerni sustav je namijenjen za ispitivanje i programirano mjerenje različitih mehaničkih deformacija fleksibilnih linijskih materijala (kao što su konac, pređe, vrpce) i plošnih materijala (kao što su tkanine, pletiva, netkani tekstil, koža, laminirani plošni proizvodi, kompoziti) kao posljedica vlačnih sila i/ili longitudinalnih kompresijskih sila, kao i deformacija kod cikličkog opterećenja, relaksacije naprezanja u materijalu i slično. Primjer procesa programiranja cikličkog opterećenja šava sa grafičkim prikazom cikličkog opterećenja u ovisnosti o vremenu cikličkog opterećenja uočljiv je iz sl. 2.

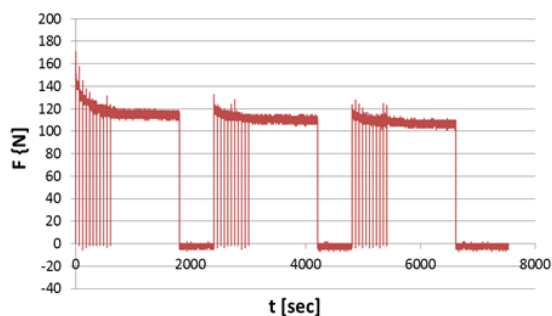
Mjerni sustav za programirano mjerenje i vrednovanje mehaničkih svojstava fleksibilnih linijskih i plošnih materijala patentno je zaštićen pri Uradu Republike Slovenije za intelektualno lastnino pod oznakom SI 23645 A te instaliran u Laboratoriju za oblačilno inženirstvo, fiziologiju in konstrukciju oblačil Raziskovalno-inovacijskega centra za design in oblačilno inženirstvo na Fakulteti za strojništvo Univerze v Mariboru.



a)



b)



c)

Sl. 2 Mjerni sustav za programirano mjerenje i vrednovanje mehaničkih svojstava fleksibilnih linijskih i plošnih materijala: (a) mjerni sustav, (b) programiranje procesa; (c) grafički prikaz cikličkog opterećenja u ovisnosti o vremenu

### 3. Zaključak

Primarni cilj izuma mjernog sustava za programirano mjerenje i vrednovanje mehaničkih svojstava fleksibilnih linijskih i plošnih materijala je da se pasivan karakter mjernog sustava transformira u aktivan tako, da se na temelju odgovarajućeg konstrukcijskog rješenja pogonskog modula s pripadajućim softverom omogućuje automatsko mjerenje i prikupljanje podataka u obliku numeričkog zapisa mnoštva parova  $(\epsilon_k, F_s(\epsilon))$  u vrijeme eksperimenta, potrebnog za izračun prosječne krivulje naprezanje-deformacije  $\sigma(\epsilon)$  i numeričko vrednovanje parametara različitih aplikacija, kao što su: numeričko vrednovanje parametara viskoelastičnih svojstava plošnih i linijskih materijala, cikličko opterećenje konca koje simulira opterećenje u procesu šivanja ili cikličko opterećenje šava, gdje je poznavanje promjene čvrstoće i deformacije uzrokovane u šavu značajno za inženjersko projektiranje željene čvrstoće šava.

Ovim sustavom povećava se mogućnost objektivnog vrednovanja ponašanja fleksibilnih linijskih i plošnih materijala kod cikličkog opterećenja, kao i relaksacije naprezanja u materijalu te simulacija vremensko uvjetovanih opterećenja.

### 4. Literatura

Geršak, J. *Merilni sistem za programirano merjenje in vrednotenje mehanskih lastnosti fleksibilnih linijskih in ploskih materialov: patent št. SI 23645 A, datum objave 31.8.2012; patentna prijava št. P-201200162, datum vložitve*

*prijave 24.5.2012.* Ljubljana: Ministrstvo za gospodarski razvoj in tehnologijo, Urad RS za intelektualno lastnino, 2012.

Kovalova, N., Geršak, J., Havelka, A. Effect of cyclic loading on the car seat's seams. IOP conference series. Materials science and engineering, Bristol: IOP Publishing Ltd. 2017, vol. 254, 1-6., doi: [10.1088/1757-899X/254/14/142013](https://doi.org/10.1088/1757-899X/254/14/142013)