

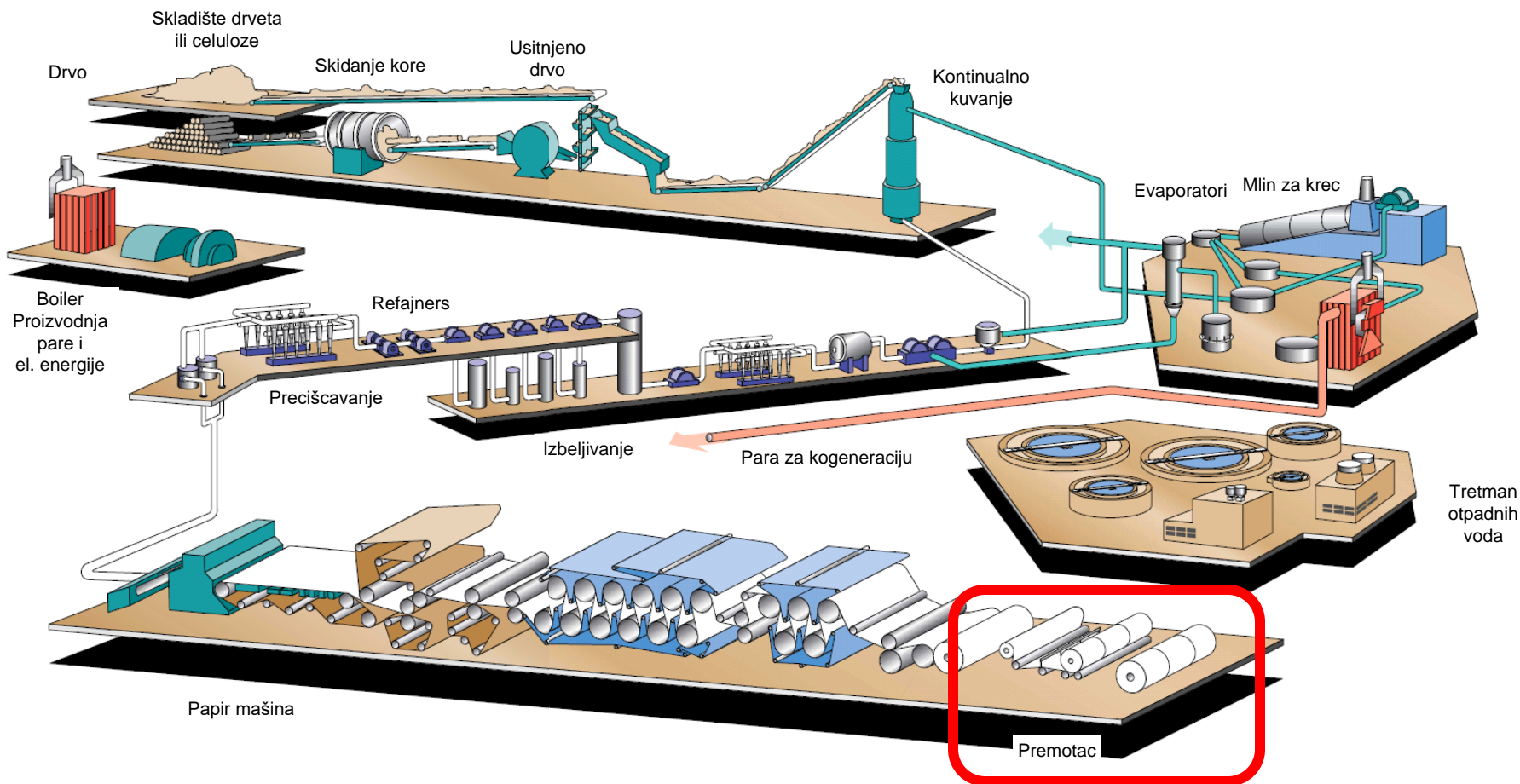
Algoritam za upravljanje sistemom elektromotornih pogona premotača sa smanjenim brojem davača na bazi estimacije procesnih veličina

Odabrana poglavlja
iz
elektromotornih pogona

Sadržaj

- Prikaz postrojenja premotača
- Prikaz algoritma upravljanja premotačem
- Mogućnosti za rad sa smanjenim brojem davača
- Prikaz rezultata snimljenih na realnom postrojenju
- Zaključak
- Diskusija

Tehnološki proces proizvodnje papira ili kartona



Premotač

Osnovni delovi premotača

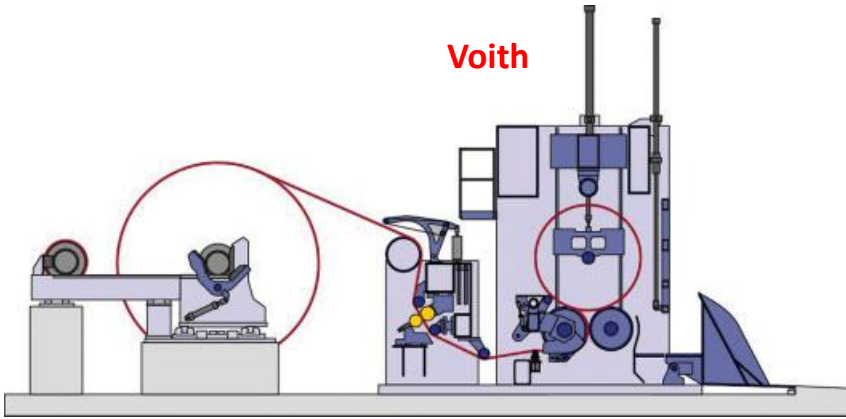
- Odmotač
 - Ima ulogu da zateže papir za pravilno sečenje
- Sekcija uzdužnog sečenja
 - Formiraju se rolne potrebne širine i odsecaju se krajevi rolne
- Namotač
 - Formiraju se rolne potrebnog prečnika i čvrstoće
 - Slojevi moraju biti pravilno složeni

Tipovi premotača

- Odmotač, najčešće centralnog tipa
 - sa mehaničkom kočnicom (pneumatskom, hidrauličkom ...)
 - sa električnim kočenjem
- Sekcija noževa
 - Horizontalno ili vertikalno postavljena
- Namotač može biti centralnog ili tangentnog tipa
 - Sa dva bubnja: sa dva čelična bubnja, sa vazdušnom potporom, potpora sa trakom, sa obloženim bubnjem...
 - Sa jednim bubnjem, rolne na dve strane...

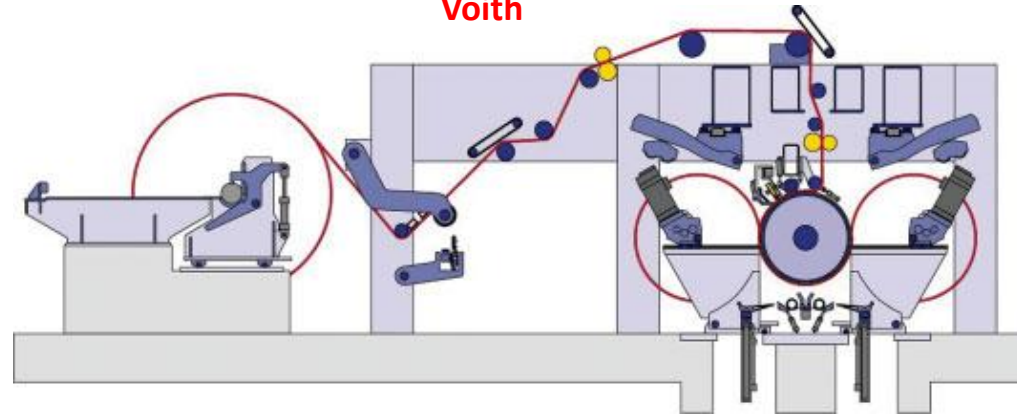
Tipovi premotača

Voith



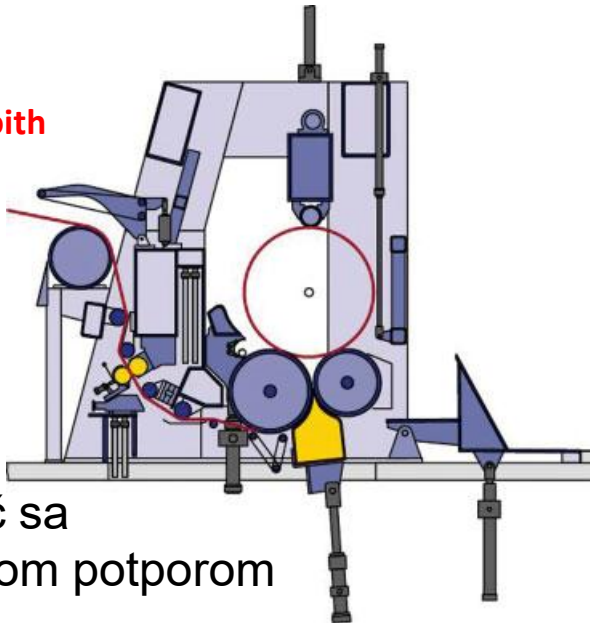
Premotač sa dva čelična bubnja

Voith



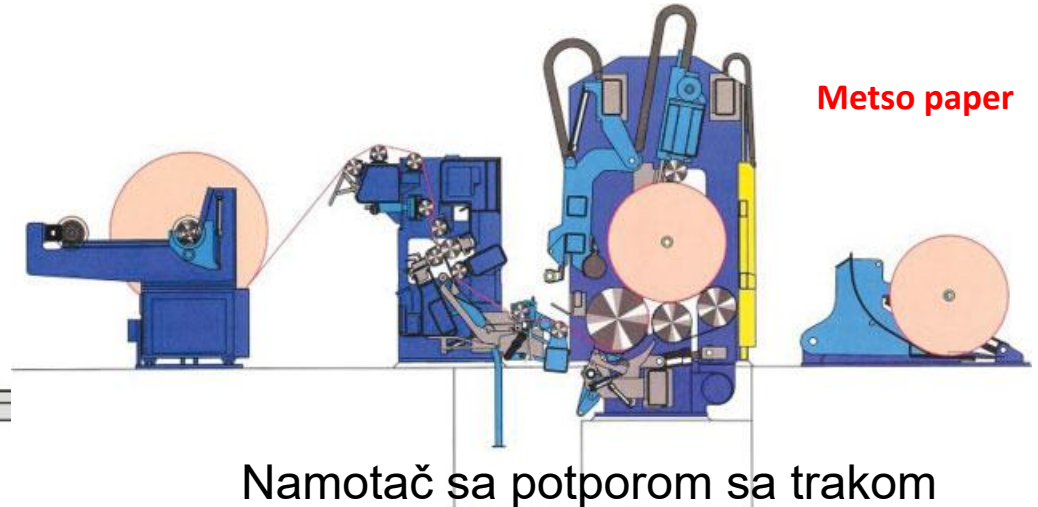
Namotač sa jednim bubnjem - Dve rolne

Voith



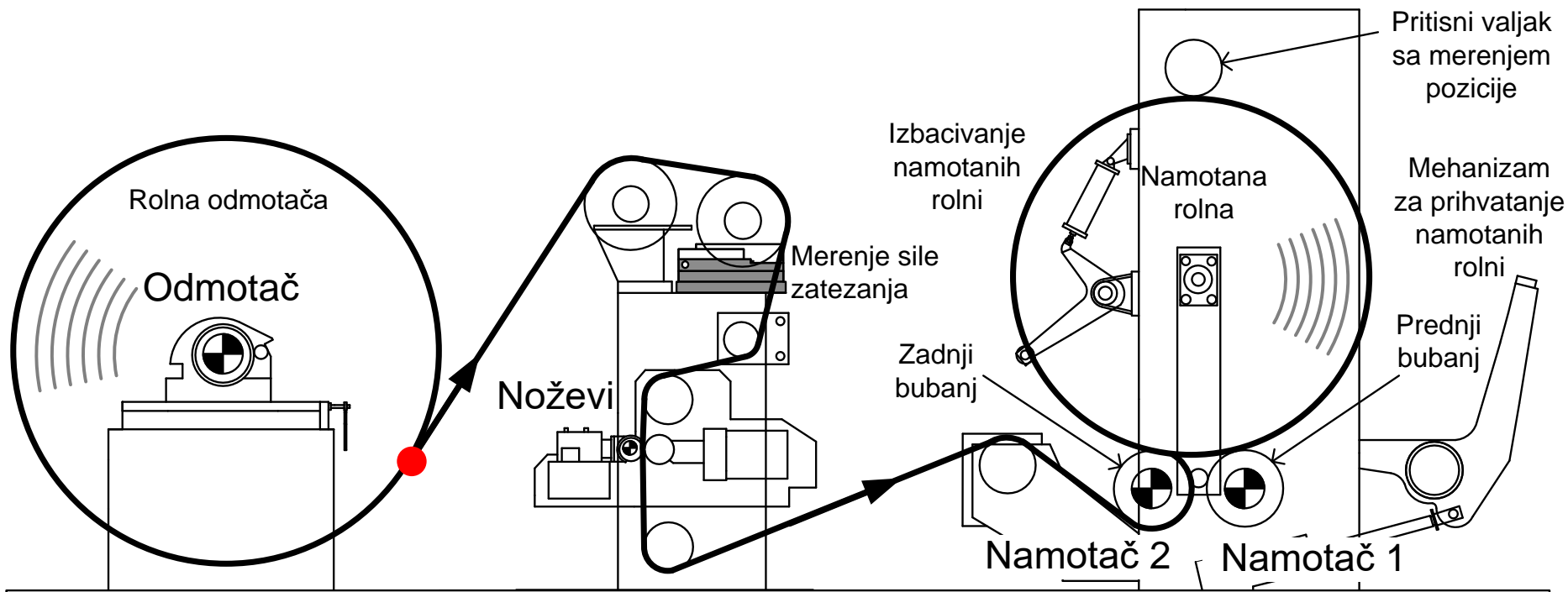
Namotač sa vazдушnom potporom

Metso paper



Namotač sa potporom sa trakom

Struktura razmatranog premotača

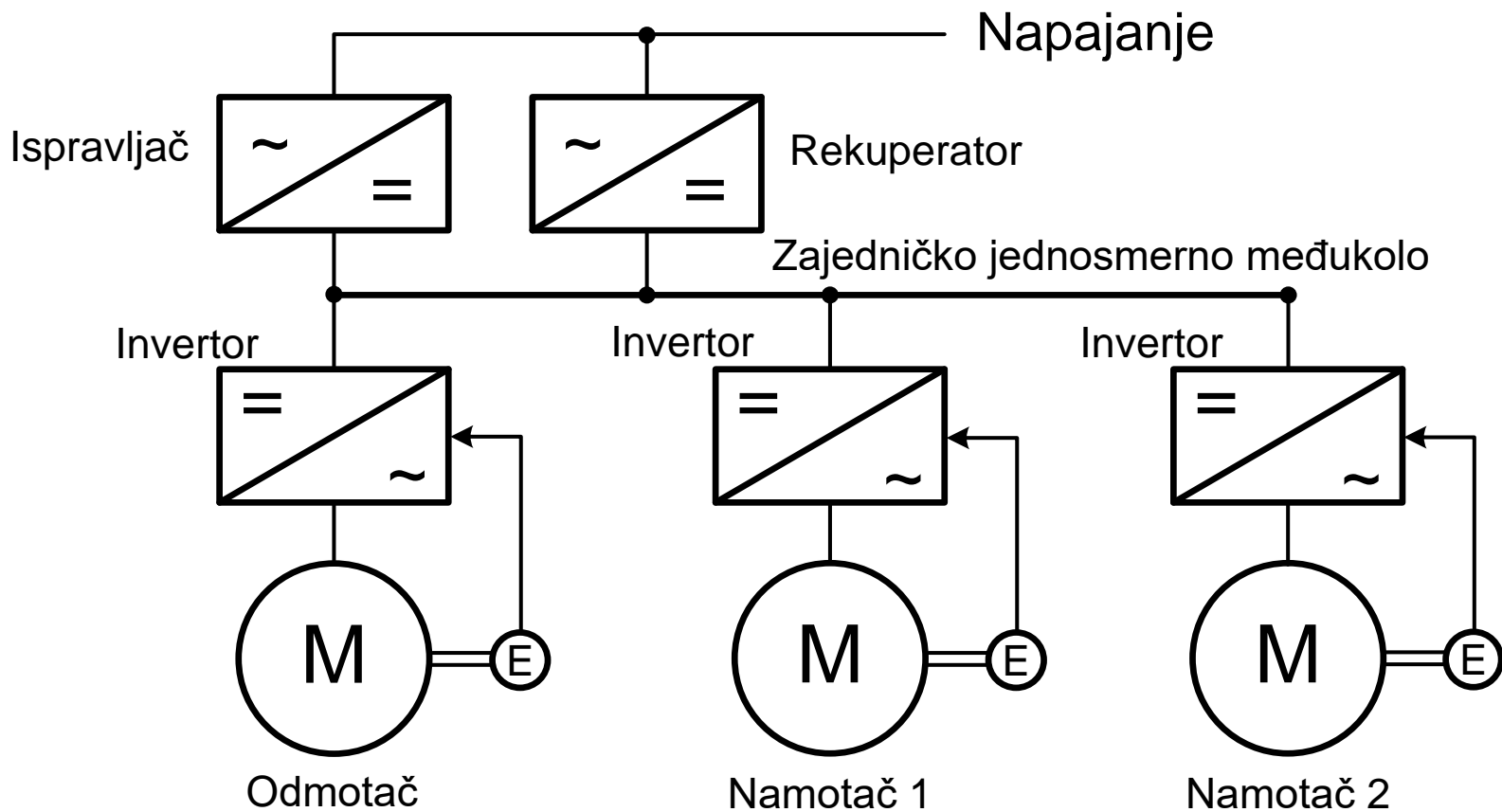


Voith

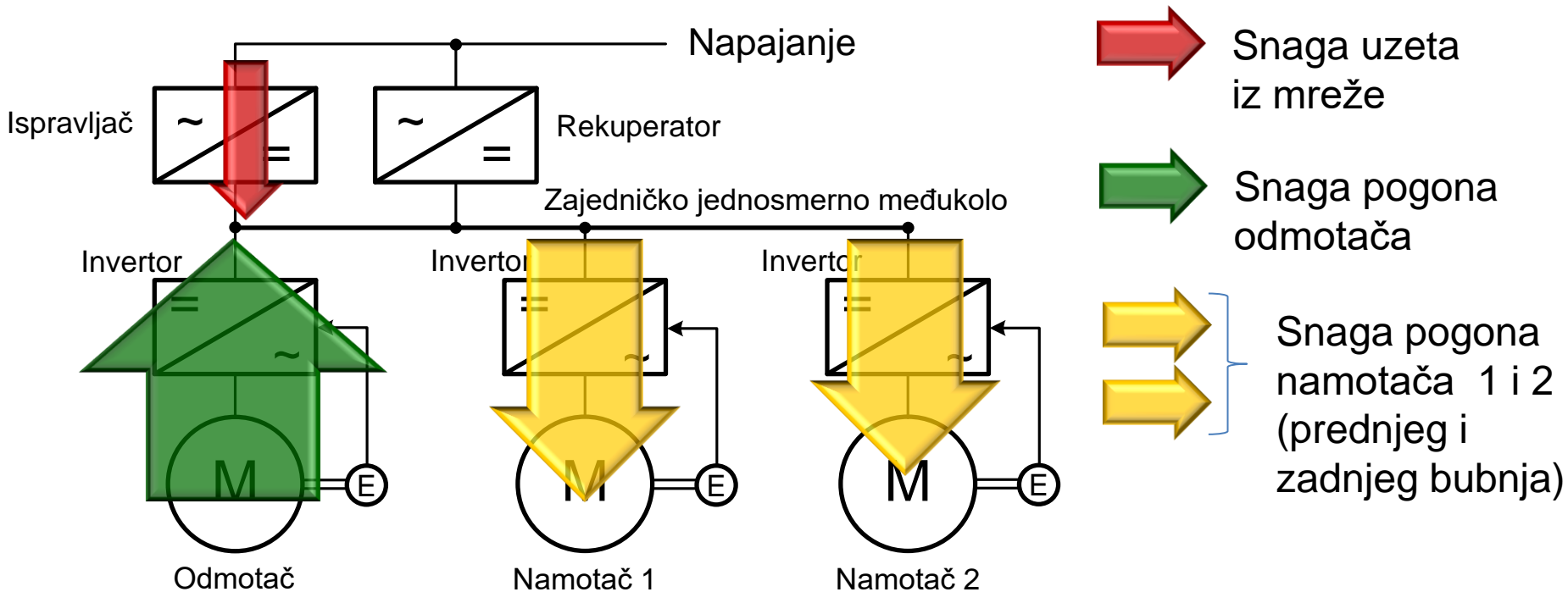
Opšti tehnički podaci

<u>Parametar</u>	<u>Jedinice</u>	<u>Vrednost</u>
Širina	[mm]	3200
Maks radna brzina	[m/min]	1200
Maks. prečnik nam. rolne	[mm]	1800
Maks. prečnik rolne odm.	[mm]	2800
Gramatura, min–max	[g/m ²]	230 – 500
Debljina kartona, min–max	[μm]	280 – 576
Maks. sila zatezanja	N	15000
Snaga motora namotača	[kW]	200
Snaga motora odmotača	[kW]	315

Jednopolna šema glavnih pogona



Tokovi snage u normalnom radu



$$\downarrow + \downarrow = \downarrow + \uparrow$$

Deo opreme regulisanih pogona



Rastavljači sa osiguračima

Frekventni pretvarači

Oprema

Davač sile zatezanja
(presduktor)



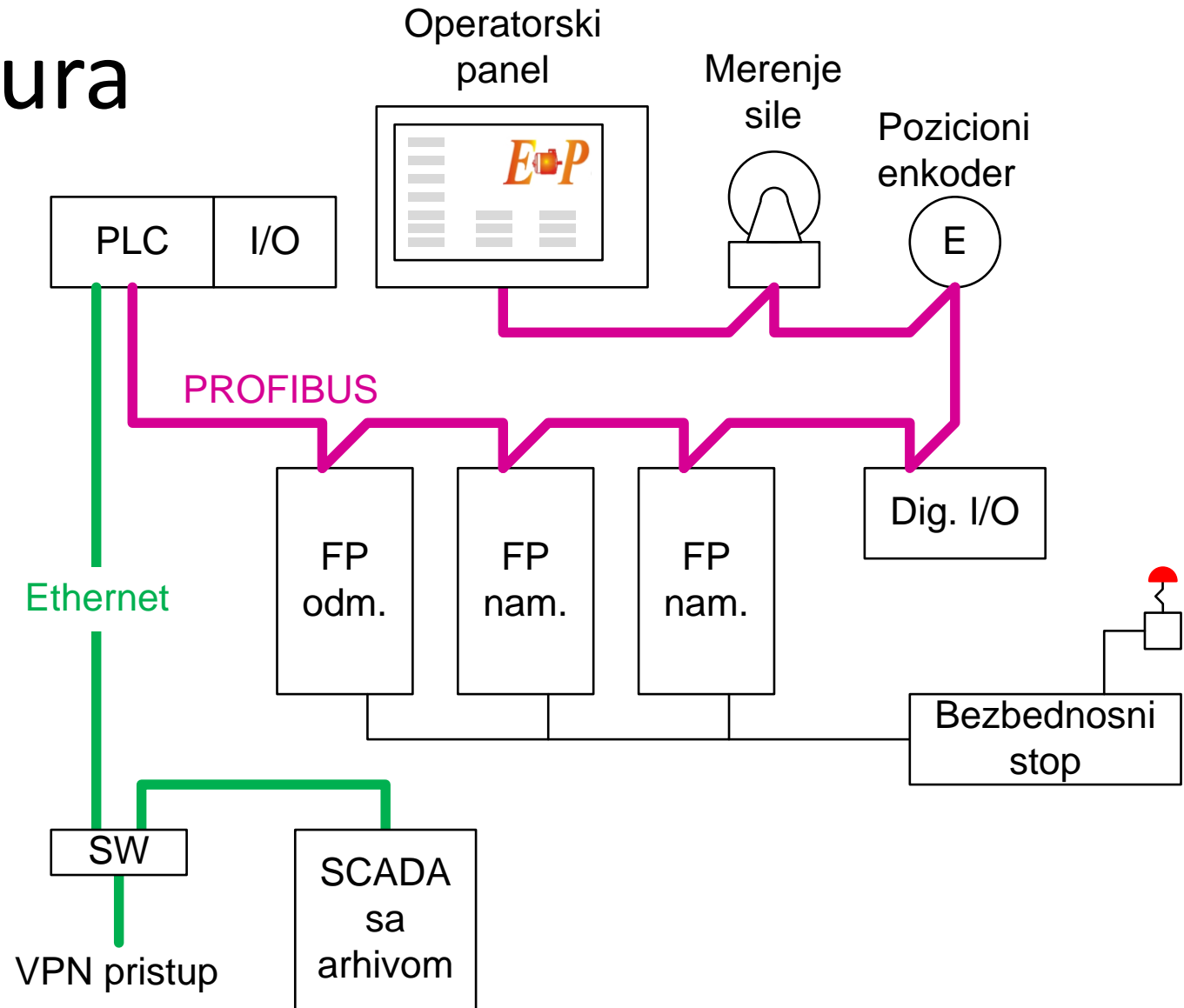
Motori, enkoderi,
reduktori, meh. kočnice

Grafički upravljački
panel

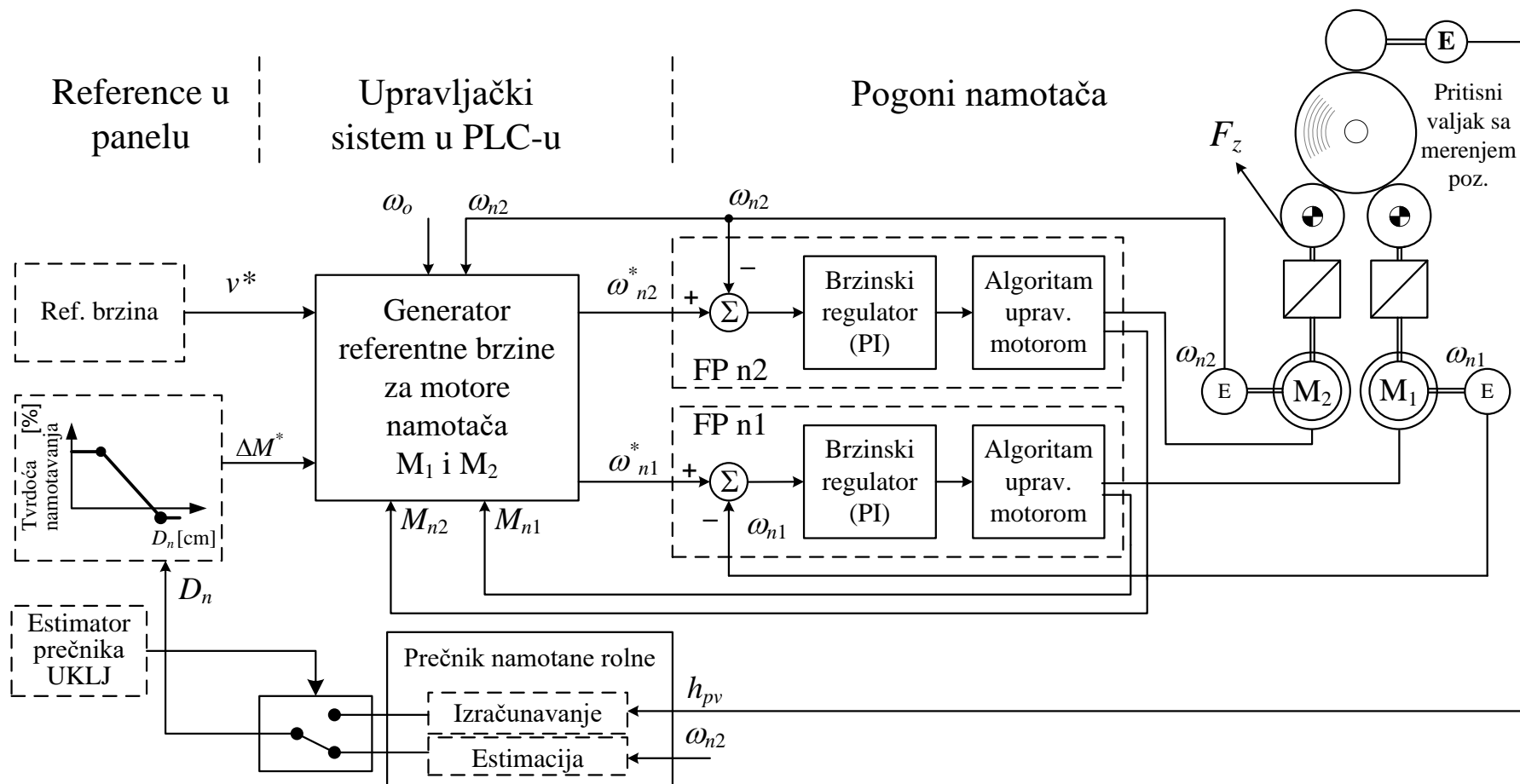


Pult upravljanja

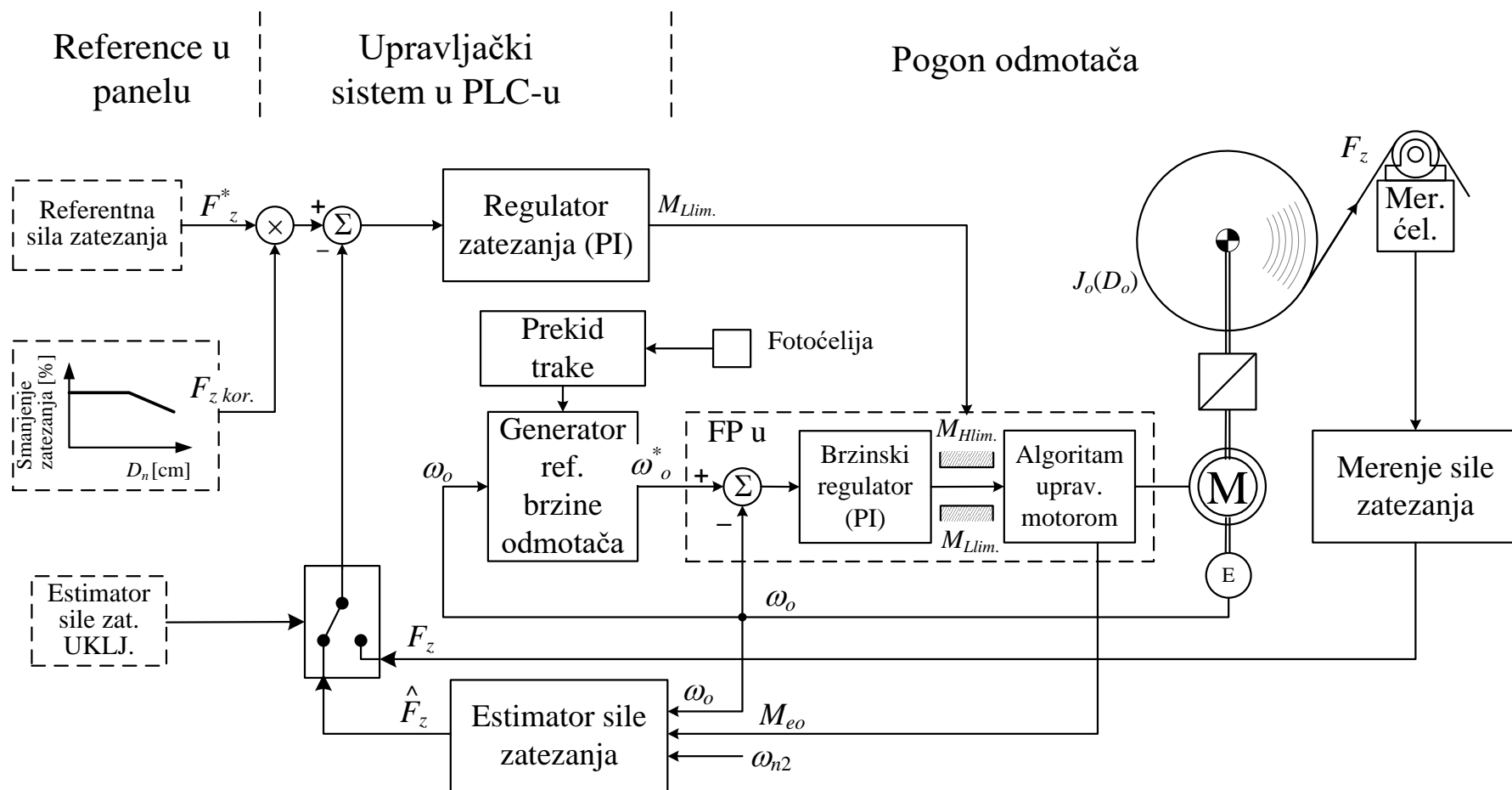
Upravljačka struktura



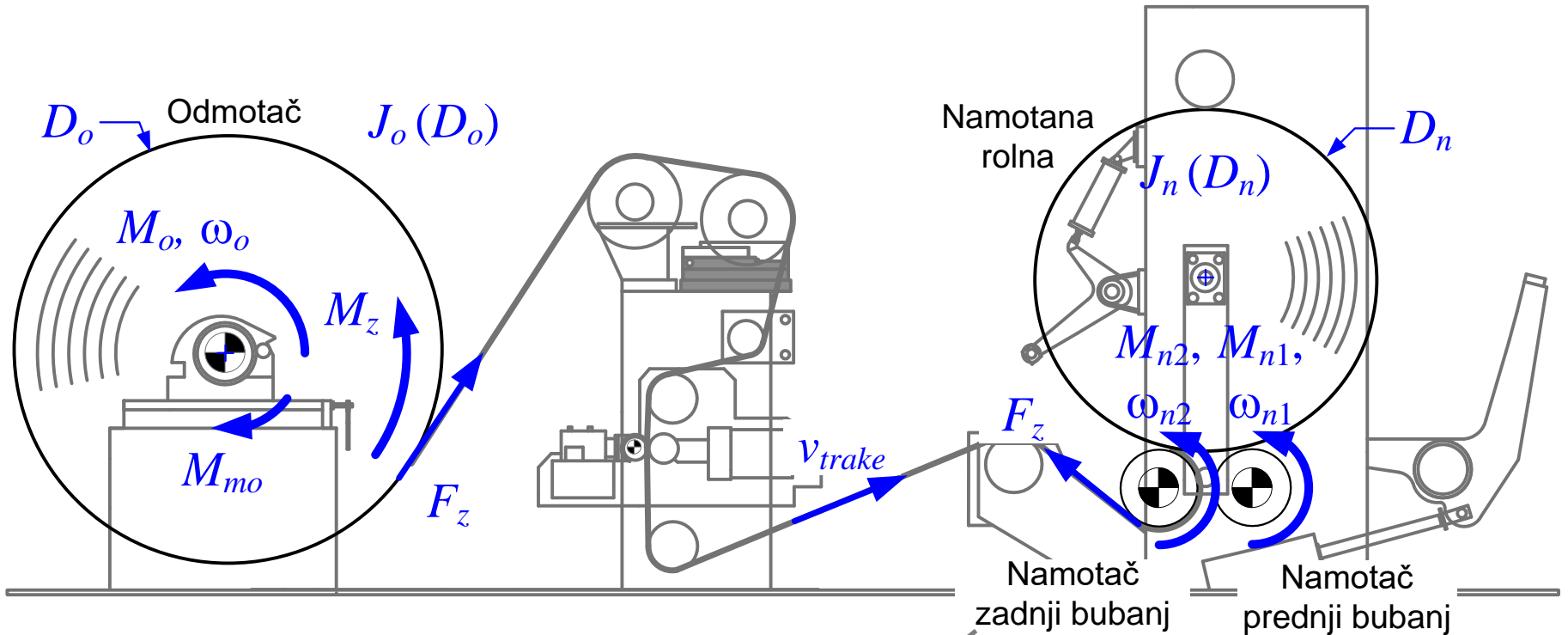
Namotač – blok dijagram



Odmotač – blok dijagram



Opšti model premotača



$$J_{\Sigma o}(D_o) = J_{mo} + J_{go} + \frac{1}{i_o^2} \cdot (J_j + J_o(D_o))$$

$$J_{n1} = J_{m1} + J_{g1} + \frac{1}{i_{n1}^2} \cdot J_{b1}$$

$$J_{n2}(D_n) = J_{m2} + J_{g2} + \frac{1}{i_{n2}^2} \cdot J_{b2} + \frac{1}{i_{n2}^2} \cdot \left(\frac{D_{bn2}}{D_n} \right)^2 \cdot J_n(D_n)$$

Njutnove (mehaničke) jednačine

Odmotač

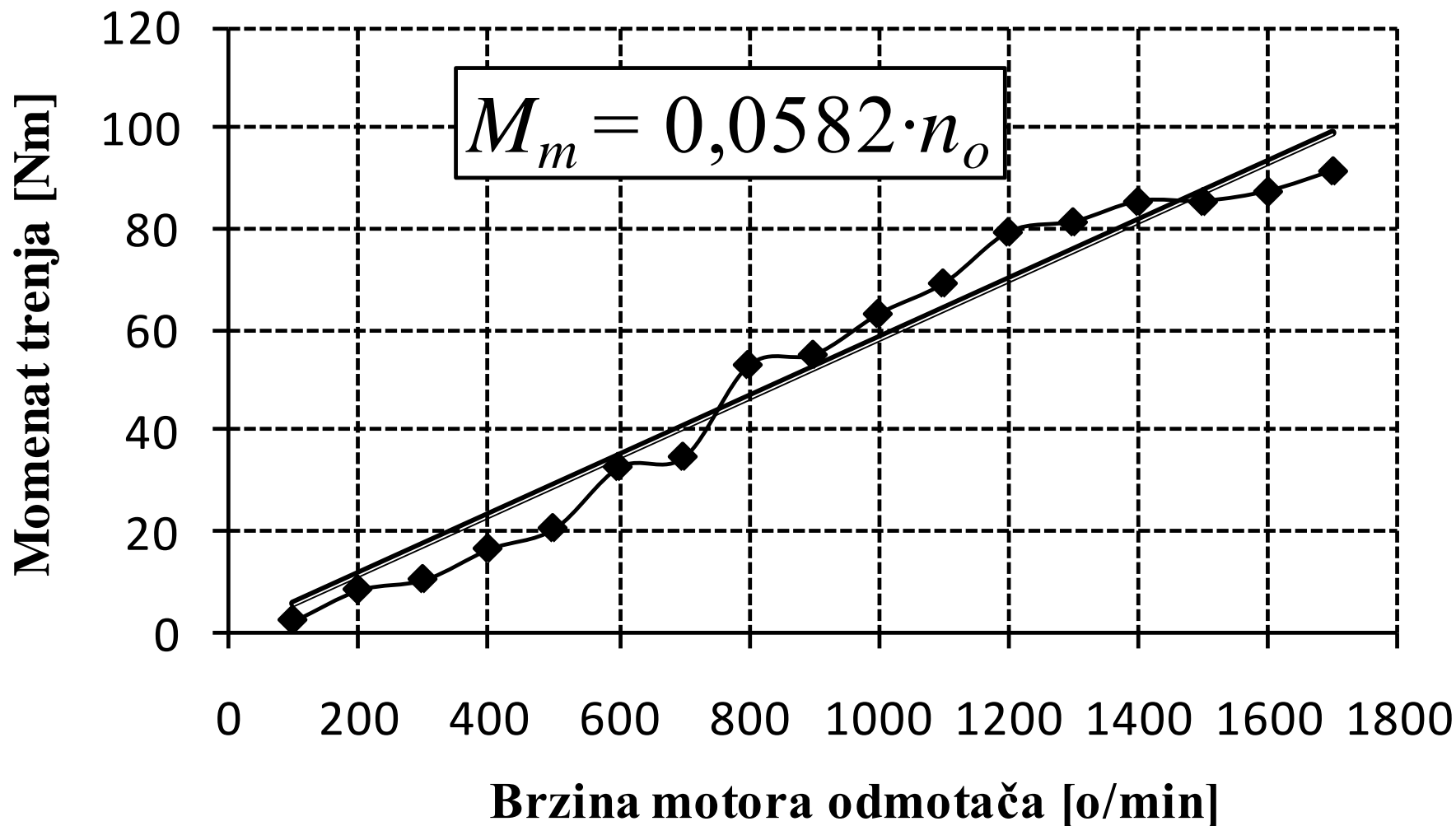
$$\frac{d}{dt} \left(J_{\Sigma_o} (D_o) \cdot \omega_o \right) = M_o - M_{mo} + \frac{F_z}{i_o} \cdot \frac{D_o(t)}{2}$$

Namotač sa dva bubnja

$$J_{n1} \cdot \frac{d}{dt} \omega_{n1} = M_{n1} - M_{m1} - \frac{D_{b1}}{2 \cdot i_{n1}} \cdot F_{in}$$

$$\frac{d}{dt} \left(J_{n2} (D_n) \cdot \omega_{n2} \right) = M_{n2} - M_{m2} - \frac{D_{b2}}{2 \cdot i_{n2}} \cdot (F_z - F_{in})$$

Moment opterećenja odmotača



Smanjenje broja davača

- U regulisanom pogonu postoji merenje struja, napona i brzine, na osnovu toga pogon (frekventni pretvarač) izračunava moment motora.
- Ukoliko poznajemo prenosne odnose reduktora i prečnike valjaka, možemo da izračunamo **silu zatezanja trake** (kartona).
- Integracijom merene brzine motora namotača možemo da izračunamo dužinu premotane trake.
- Iz tog podatka možemo da izračunamo **prečnik namotane rolne**.

Estimacija sile zatezanja

Iz Njutnove jednačine odmotača

$$\frac{d}{dt} (J_{\Sigma o} (D_o) \cdot \omega_o) = M_o - M_{mo} - M_z$$
$$M_z = \frac{F_z}{i_o} \frac{D_o(t)}{2}$$

$$M_z = J_{\Sigma o} (D_o) \cdot \frac{d}{dt} \omega_o + \omega_o \cdot \frac{d}{dt} J_{\Sigma o} (D_o) - M_o + M_{mo}$$

Diferenciranje brzine

Promena momenta inercije odmotača

Moment motora iz pretvarača preko PROFIBUS-a

Moment opterećenja pogona odmotača

Estimacija prečnika odmotača

$$\hat{D}_o = D_{bn} \cdot \frac{i_o}{i_n} \cdot \frac{\omega_{n2}}{\omega_o}$$

Diferenciranje brzine primenom
“praktičnog diferencijatora”

$$\frac{d}{dt} \omega_o = \frac{1}{T_{filt}} \cdot (1 - z^{-1}) \cdot \omega_o + \left(1 - \frac{T_s}{T_{filt}}\right) \cdot z^{-1} \cdot \left(\frac{d}{dt} \omega_o\right)$$

Promena momenta inercije odmotača

$$\frac{d}{dt} J_{\Sigma o}(\hat{D}_o) = -\frac{1}{i_o^2} \cdot \frac{1}{4} \cdot \rho_{tr} \cdot W \cdot d_{tr} \cdot \hat{D}_o^2 \cdot v_o$$

Estimacija momenta opterećenja

$$\hat{M}_m = M_{m0} + k_{tr} \cdot \omega_o$$

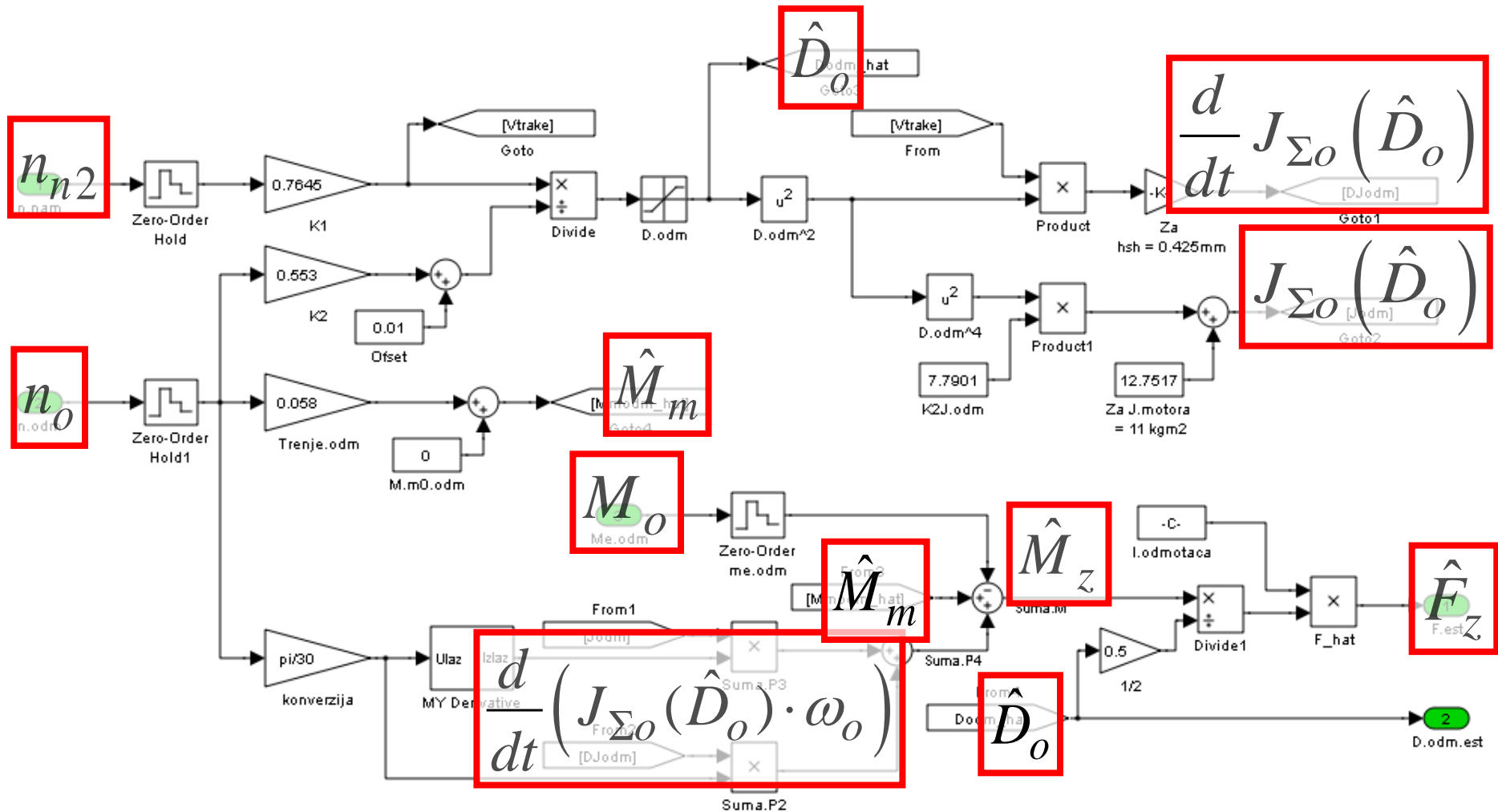
Sada su svi članovi izraza poznati, možemo da izračunamo moment od sile zatezanja

$$\hat{M}_z = \hat{M}_m - M_o + \frac{d}{dt} \left(J_{\Sigma_o} (\hat{D}_o) \cdot \omega_o \right)$$

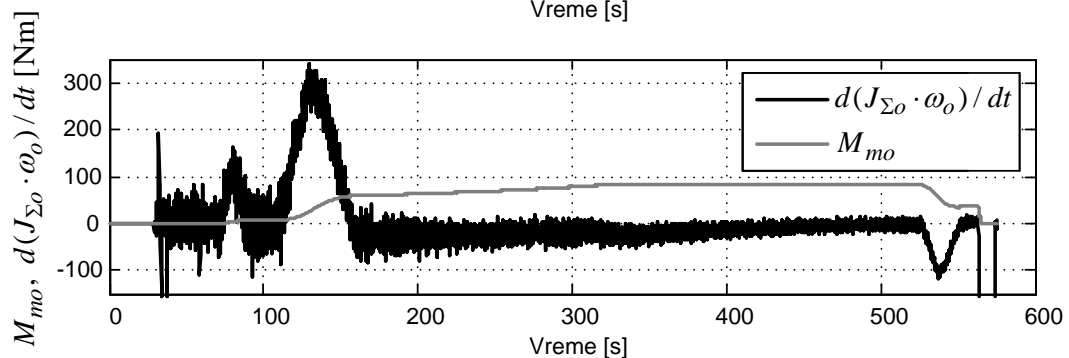
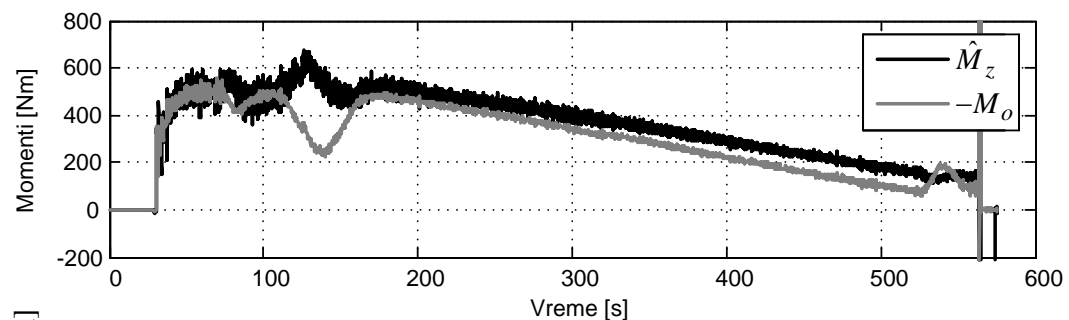
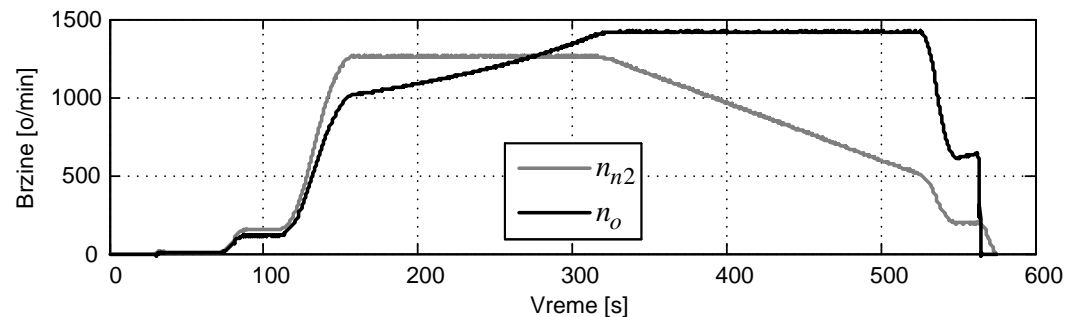
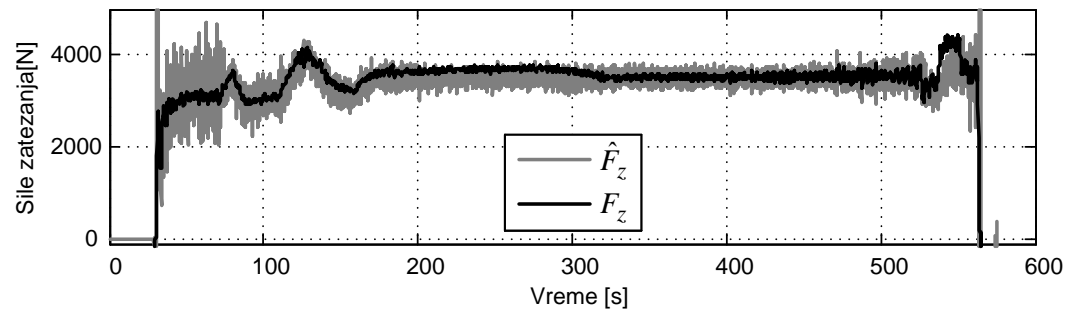
Silu zatezanja u traci dobijamo deljenjem sa prečnikom rolne odmotača

$$\hat{F}_z = \frac{2 \cdot i_o}{\hat{D}_o} \cdot \hat{M}_z$$

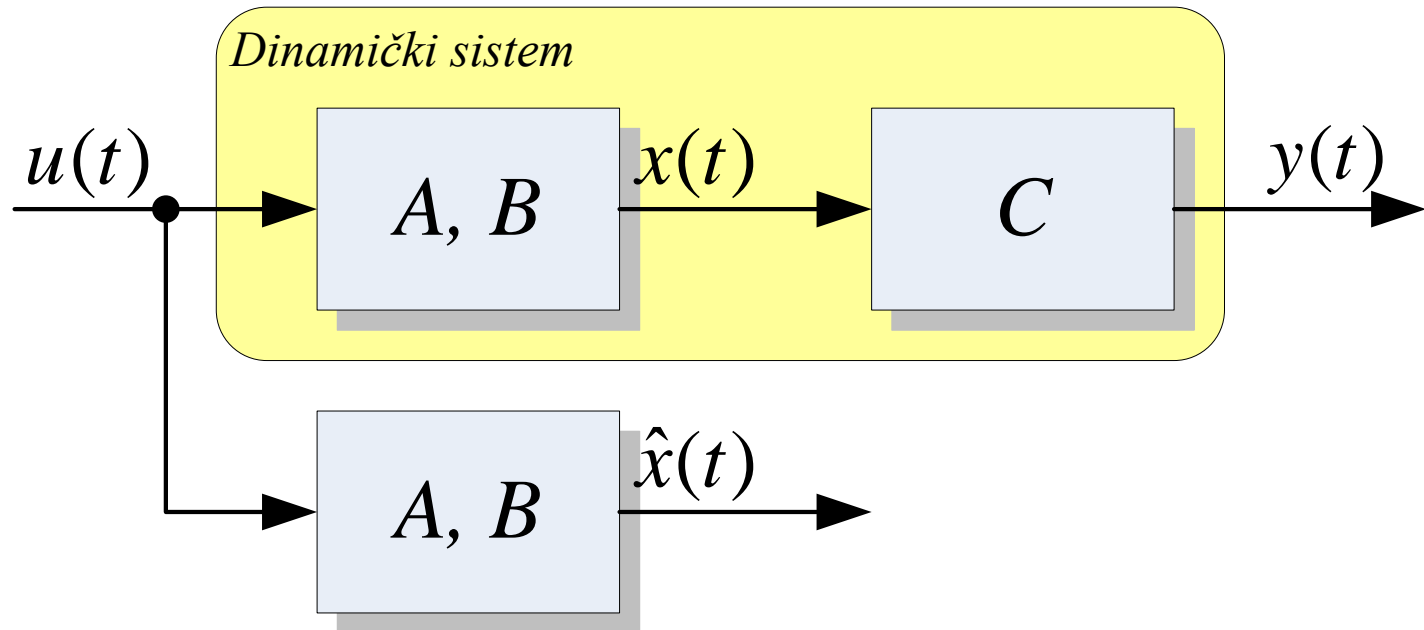
Estimator sile zatezanja



Rezultati merenja: Povratna veza po **estimiranoj** sili zatezanja



Estimator bez povratne sprege

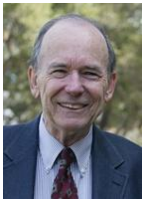
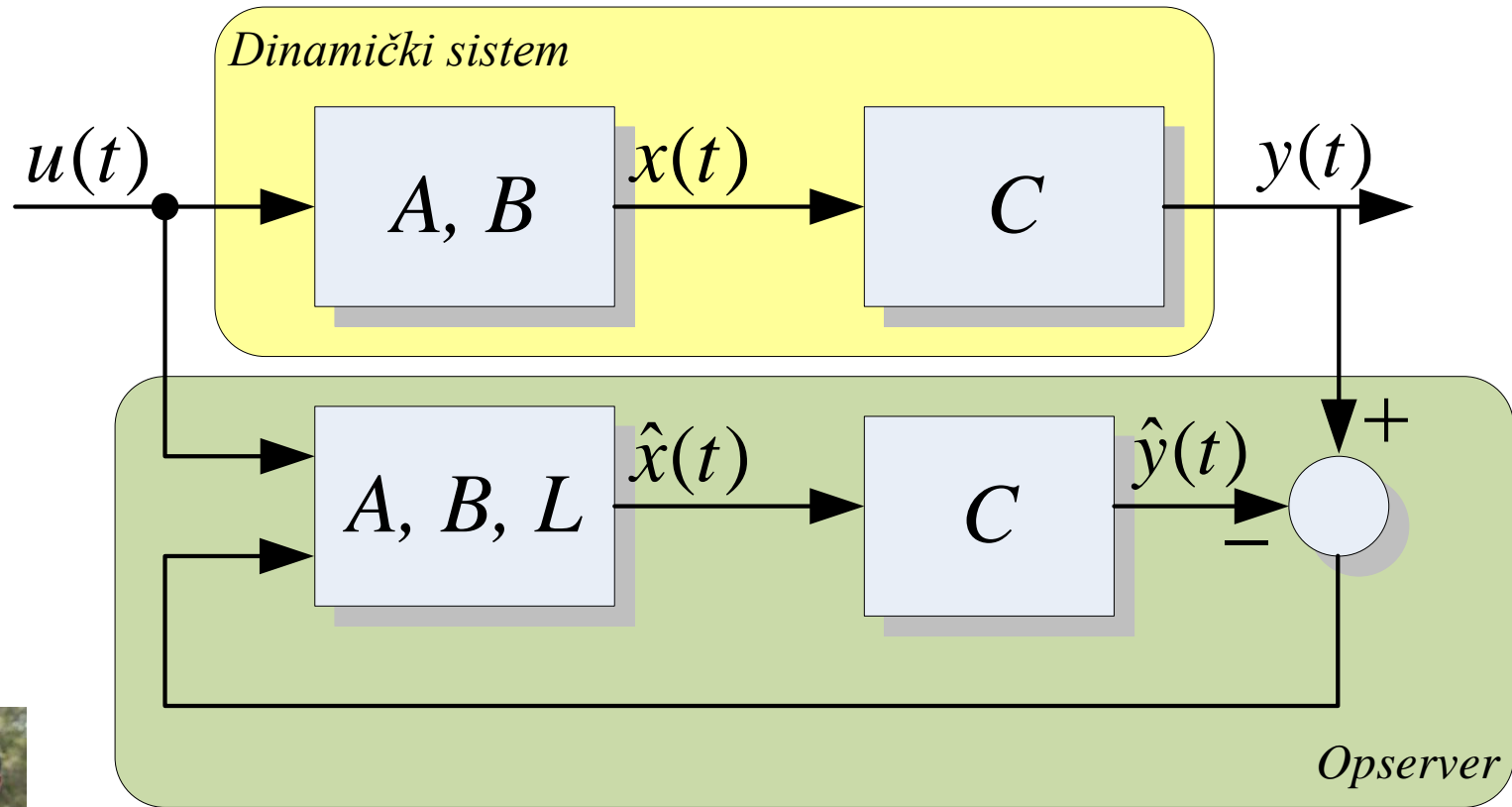


Greška estimacije je definisana kao

$$\tilde{x}(t) = x(t) - \hat{x}(t)$$

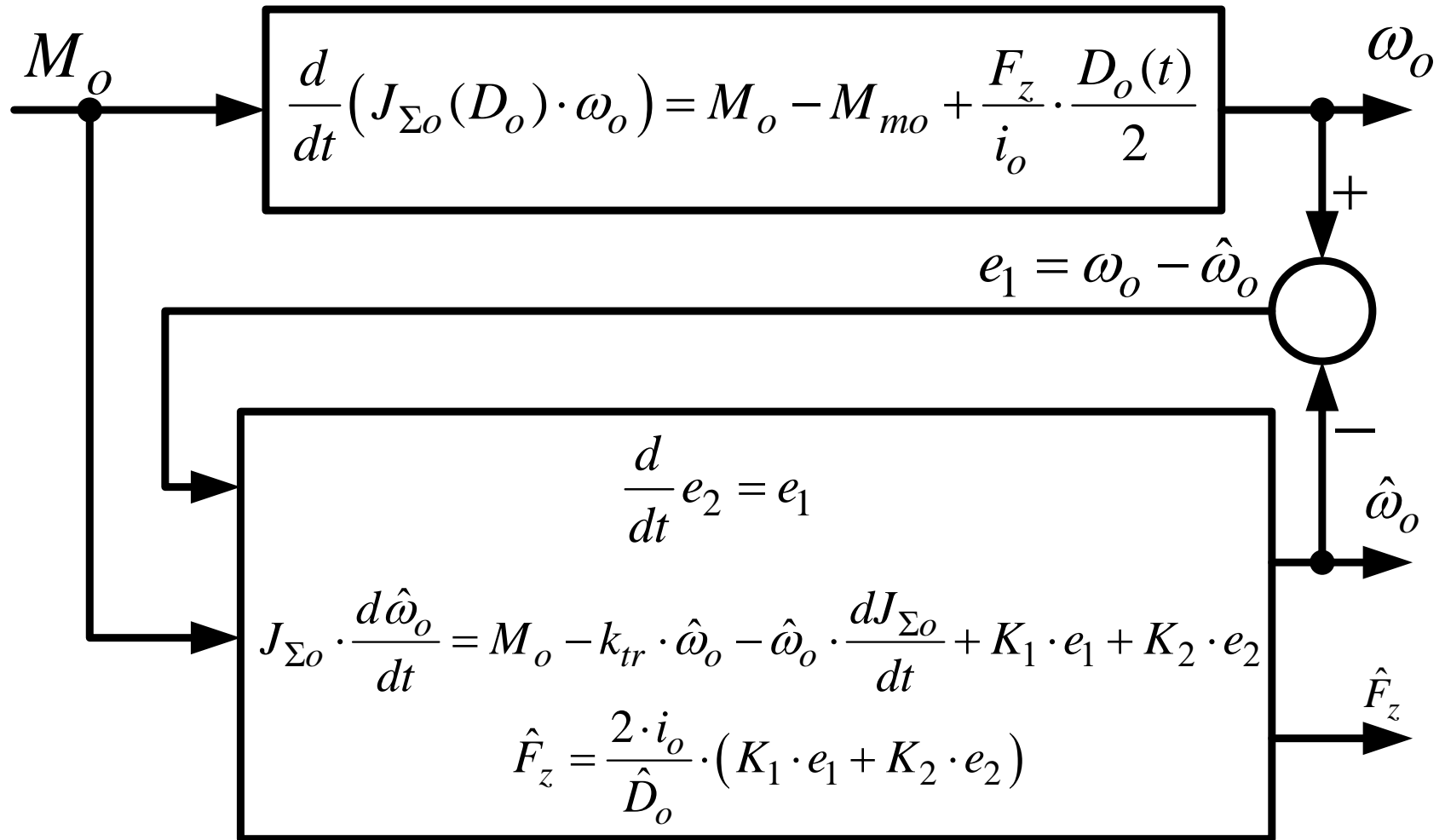
Opserver

Estimator sa povratnom spregom



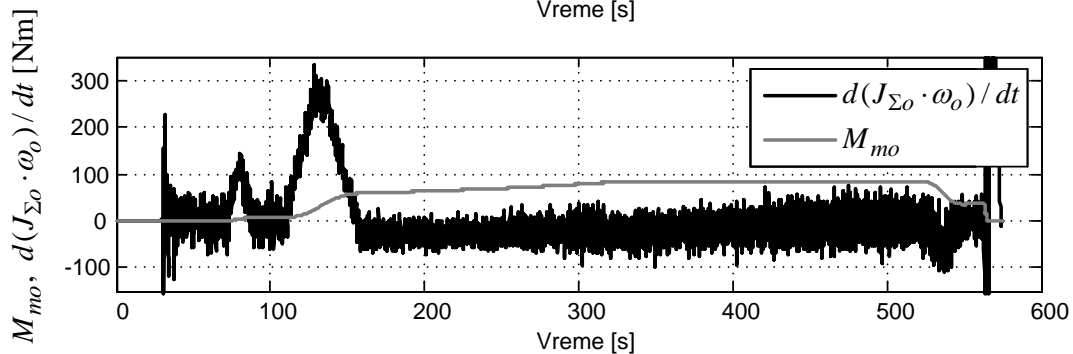
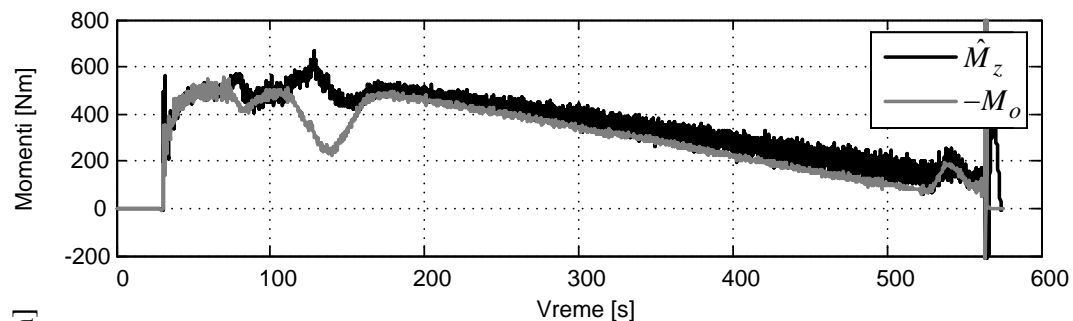
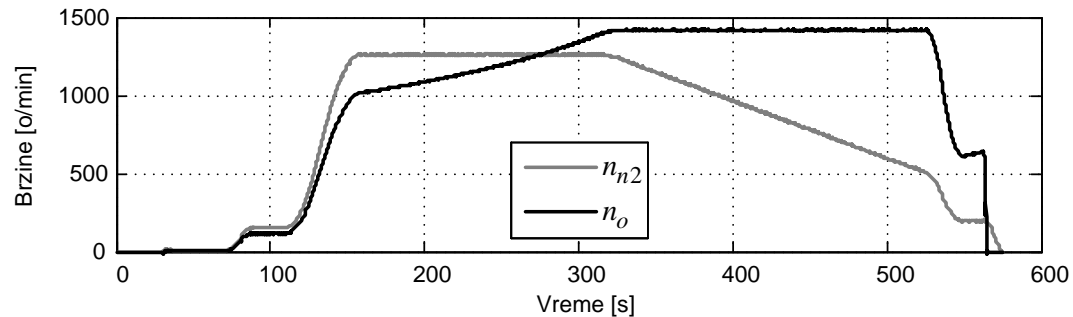
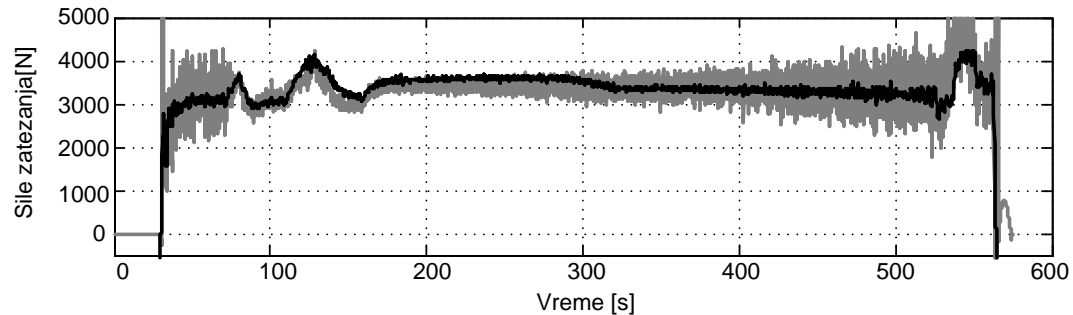
David G.
Luenberger

Dinamički sistem

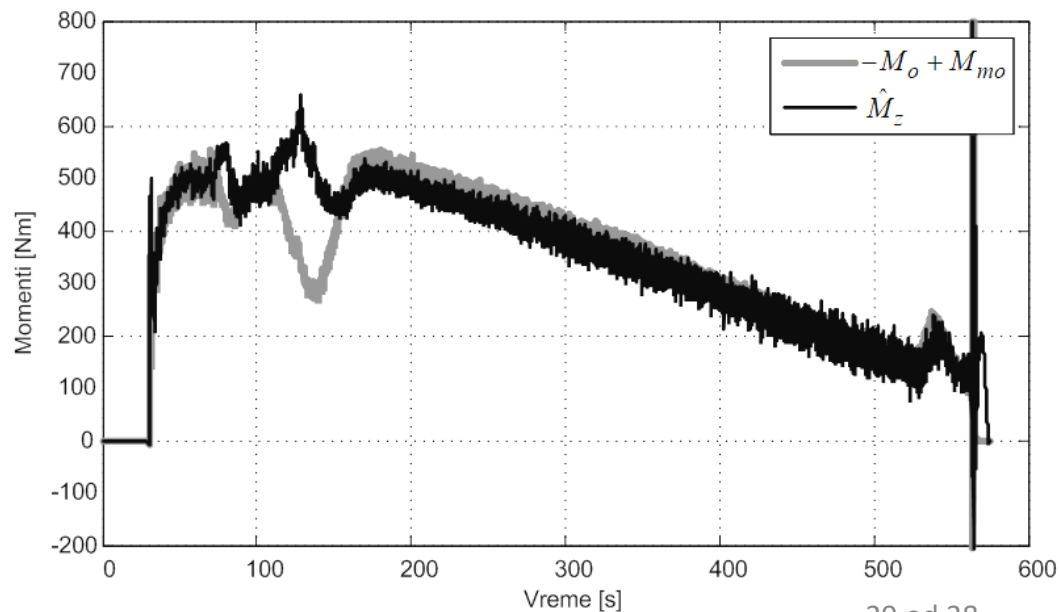
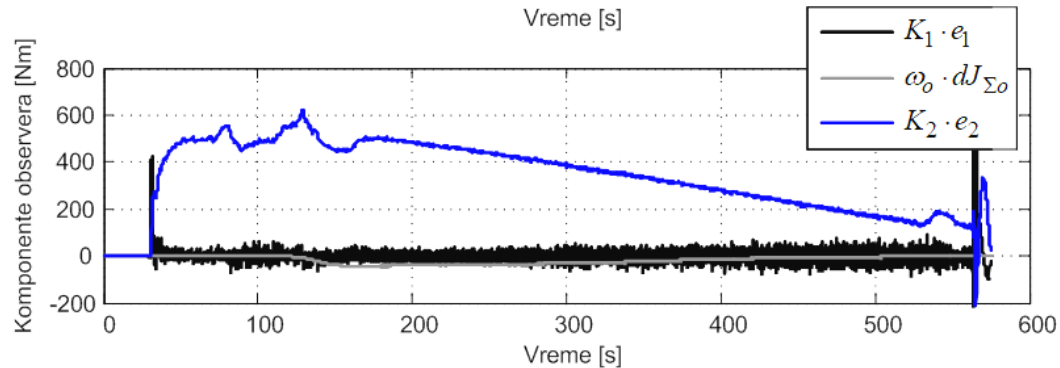
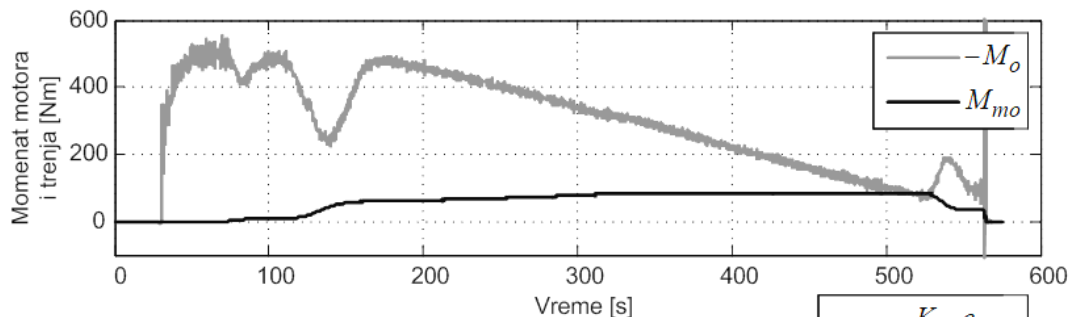


Opserver

Rezultati merenja: Povratna veza po **opserviranoj** sili zatezanja



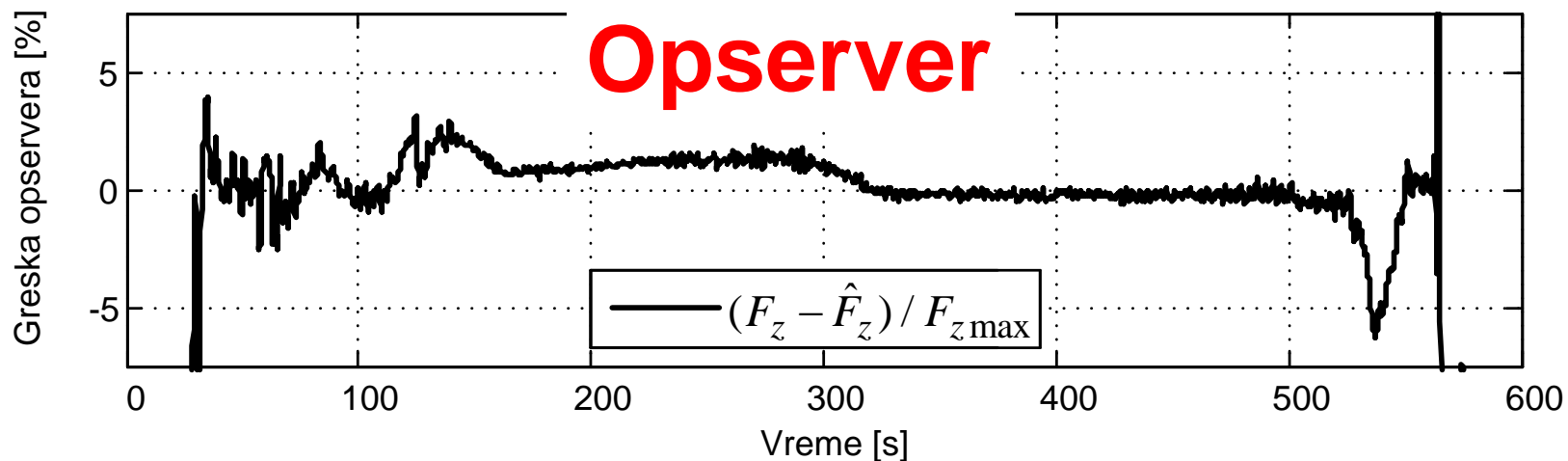
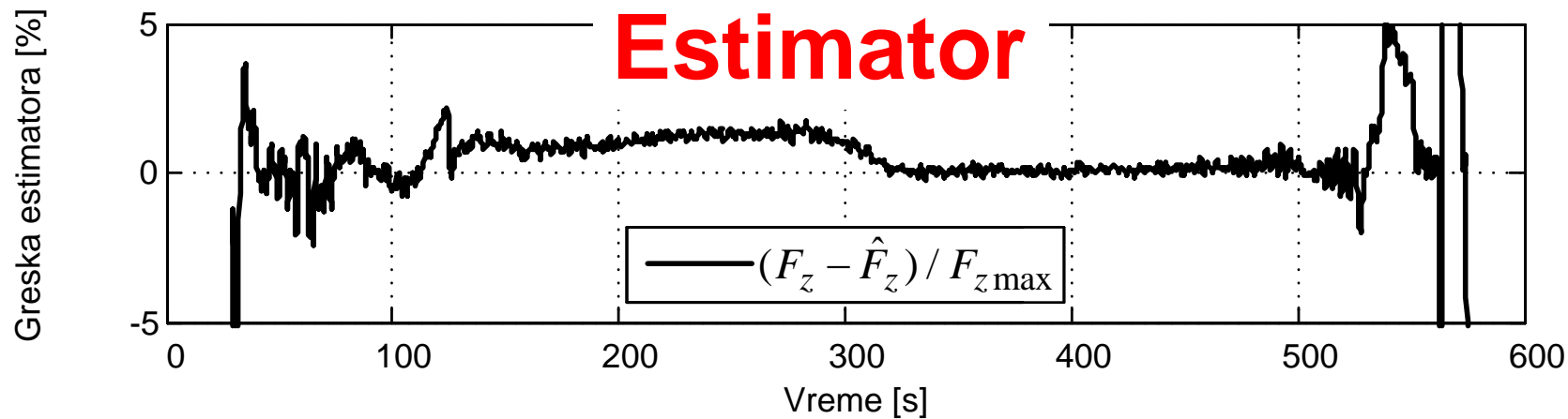
Rezultati merenja: Povratna veza po **opserviranoj** sili zatezanja



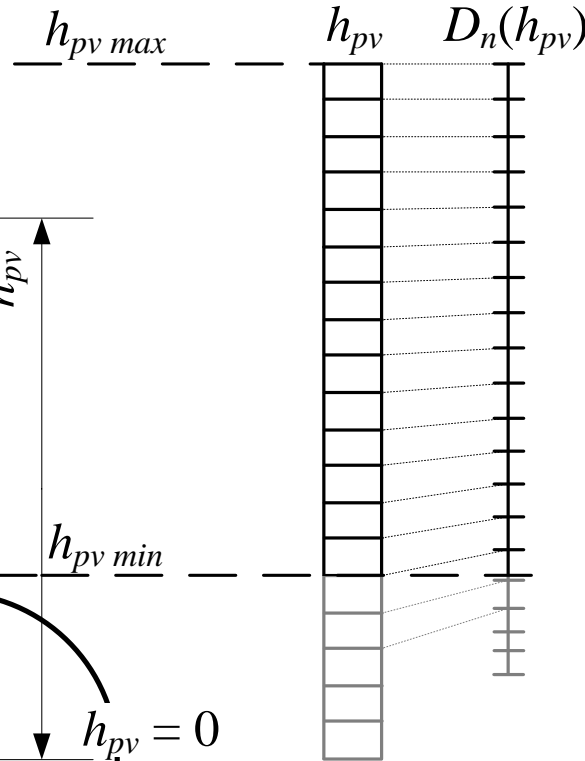
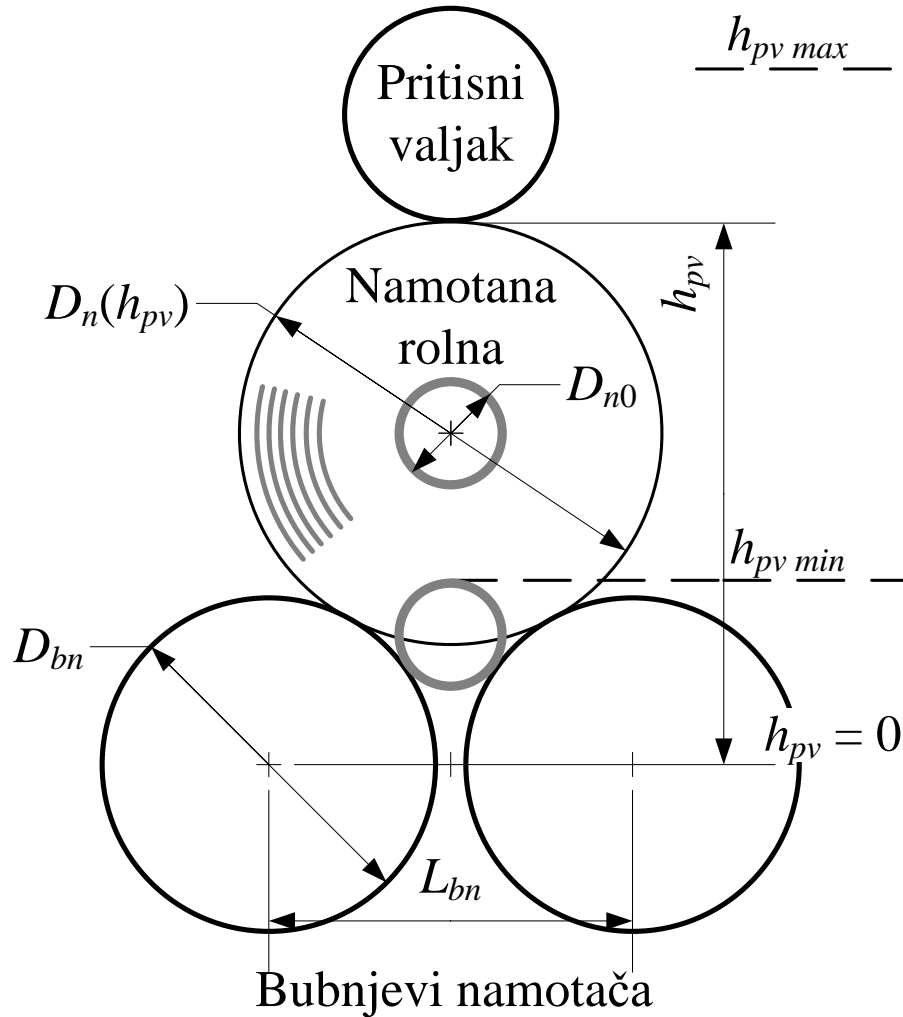
Komentar rezultata merenja

- Postoji izražen šum u estimiranom i u opserviranom signalu sile zatezanja.
- Šum potiče od nesavršenosti mehaničkog sistema - davača brzine (enkodera na pogonima). Pravilna montaža enkodera umanjuje šum.
- Rad bez enkodera nije moguć.
- **Visoka učestanost šuma ne dovodi do problema u regulaciji sile zatezanja.**

Poređenje algoritama estimacije sile zatezanja



Visina pritisknog valjka



$$D_n(h_{pv}) = \frac{\frac{L_{bn}^2}{4} - \frac{D_{bn}^2}{4} + h_{pv}^2}{\frac{D_{bn}}{2} + h_{pv}}$$

Estimacija prečnika namotane rolne

Dužina trake u rolni:

$$L_n(t) = L_n(t=0) + \frac{D_{bn} \cdot \pi}{60} \cdot \frac{1}{i_{n2}} \cdot \int_0^t n_{n2} \cdot dt$$

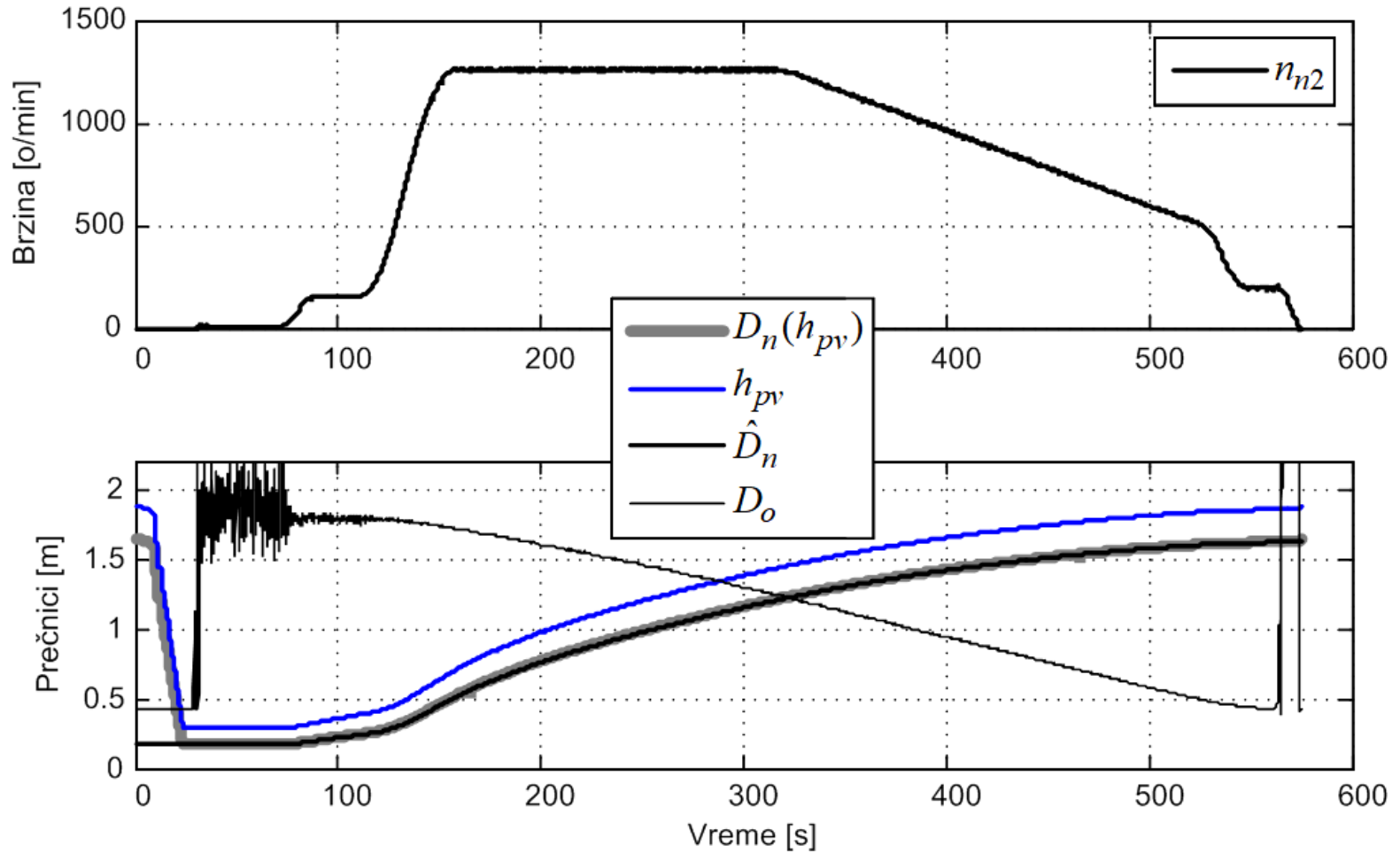
Jednakost površina:

$$\pi \cdot \left(\frac{D_n(t)}{2} \right)^2 - \pi \cdot \left(\frac{D_n(t=0)}{2} \right)^2 = d_{tr} \cdot L_n(t)$$

Estimirani prečnik:

$$\hat{D}_n(t) = \sqrt{\frac{4}{\pi} \cdot d_{tr} \cdot L_n(t) + D_n(t=0)^2}$$

Rezultati estimacije prečnika



Zaključak

- Pravilnim održavanjem, životni vek premotača se može značajno produžiti.
- Periodične rekonstrukcije su neophodne da bi se elektro oprema usaglasila sa trenutnim tehničkim mogućnostima.
- Performanse postrojenja se mogu značajno popraviti uvođenjem savremene opreme.
- Dijagnostika kvarova je lakša, čime se skraćuju zastoji u radu.
- Mogu se ostvariti značajne uštede energije primenom električnog kočenja sa rekuperacijom.

Zaključak

- Primenom algoritama estimacije mogu se zameniti signali sa osetljivih ili skupih davača, bez degradacije performansi ili smanjenja tačnosti.
- Pouzdanost postrojenja se tako povećava.

Predlog daljega rada

- Implementacija upravljanja sa smanjenim brojem davača na drugim postrojenjima kod nas, a nadam se i u svetu.
- Određivanje mehaničkih gubitaka na bazi merenja električne snage uzete iz mreže.

Hvala na pažnji.

