

Predstavljanje projekta

# Napredni elektromotorni pogoni za primjene u vuči

## Advanced Electric Drives for Traction Applications



Voditelj: Izv. prof. dr. sc. Damir Žarko

# O projektu

<b>Naziv:</b>	Napredni elektromotorni pogoni za primjene u vuči
<b>Engleski naziv:</b>	Advanced Electric Drives for Traction Applications (ELTRAC)
<b>Voditelj:</b>	Izv. prof. dr. sc. Damir Žarko
<b>Korisnik:</b>	Sveučilište u Zagrebu Fakultet elektrotehnike i računarstva
<b>Vrijednost:</b>	971.500,00 kn
<b>Izvor financiranja:</b>	Hrvatska zaklada za znanost
<b>Trajanje:</b>	od 01.10.2014 do 30.9.2018

# Motivacija

---

## Energetska politika Europske unije u području transporta

- razvoj energetski djelotvornijih prijevoznih sredstava i smanjenje njihova utjecaja na okoliš s obzirom na emisiju stakleničkih plinova
- elektrifikacija i preusmjeravanje cestovnog prometa na željeznicu

# Opis problema

---

- tradicionalni pristup projektiranju elektromotornih pogona stavlja naglasak na komponente sustava ne uzimajući u obzir u dovoljnoj mjeri spregu među pojedinim komponentama i ne osigurava optimalno vladanje cjelokupnog sustava vuče
- nedovoljno su razvijeni postupci koji na sustavan način uzimaju u obzir ukupne troškove pogona u životnom vijeku vozila prilikom projektiranja njegovih komponenata i sustava upravljanja

# Ciljevi projekta

---

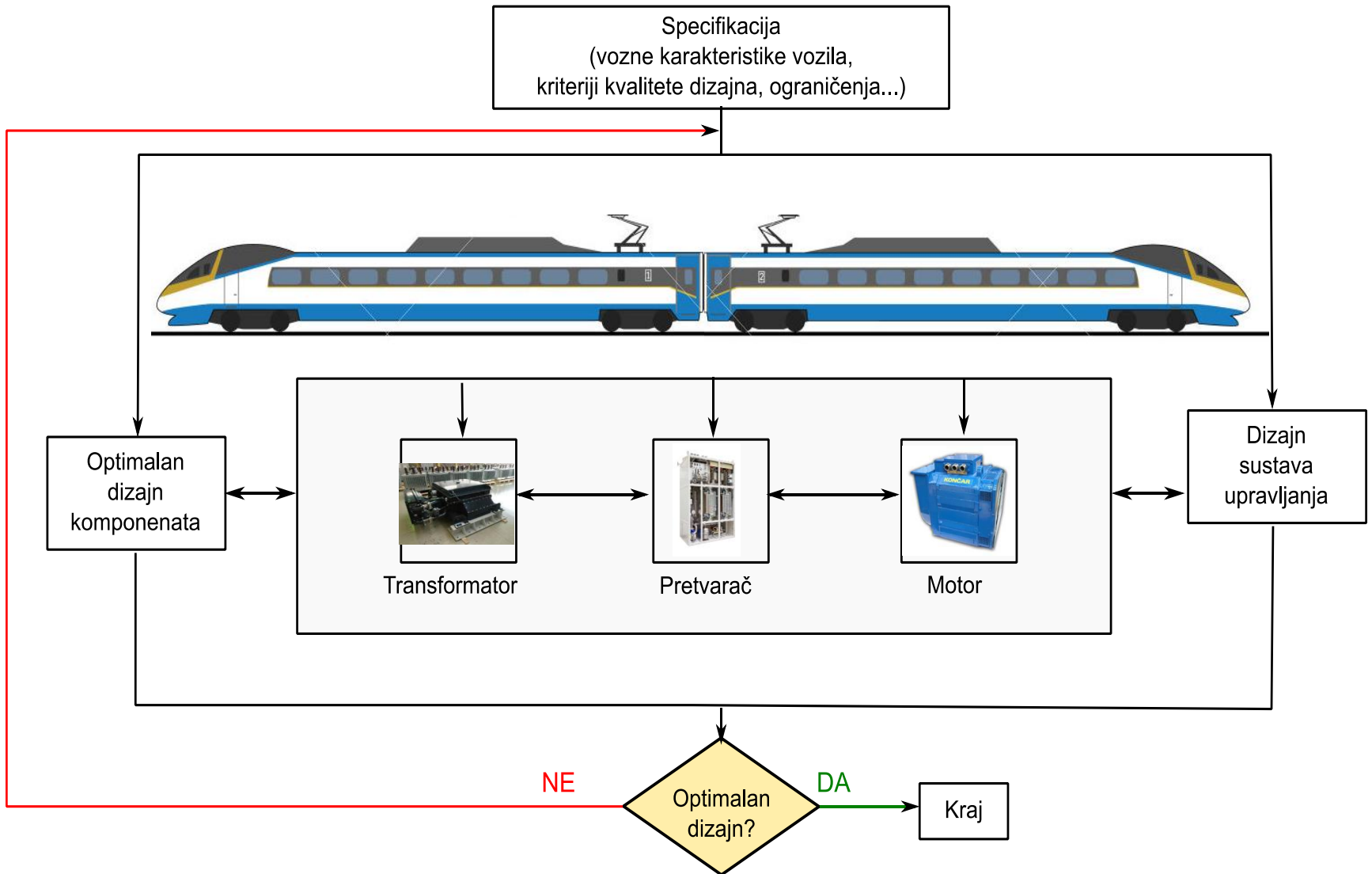
## Glavni cilj

Unapređenje metoda projektiranja i razvoja elektromotornih pogona za vučna vozila

## Specifični ciljevi

- razvoj programskih alata za računalom podržano projektiranje komponenata elektromotornih pogona za primjenu u vuči
- razvoj programskog okruženja za dinamičko simuliranje vučnog sustava i njegovih performansi
- razvoj metode određivanja temperature silicija učinkovitih poluvodičkih komponenata u stvarnim pogonskim uvjetima
- razvoj skaliranih modela učinkovitih pretvarača za eksperimentalno ispitivanje modulacijskih tehnika i upravljačkih algoritama te utvrđivanje djelotvornosti pretvarača
- razvoj i eksperimentalno ispitivanje upravljačkih sustava za elektromotorne pogone baziranih na modelskom prediktivnom upravljanju

# Metodologija



# Projektni tim

---

Izv. prof. dr. sc. Damir Žarko - voditelj projekta

Prof. dr. sc. Ivan Gašparac

Prof. dr. sc. Željko Jakopović

Prof. dr. sc. Fetah Kolonić

Prof. dr. sc. Zlatko Maljković

Prof. dr. sc. Viktor Šunde

Izv. prof. dr. sc. Mario Vražić

Izv. prof. dr. sc. Jadranko Matuško

Dr. sc. Stjepan Stipetić

Dr. sc. Neven Čobanov

Zlatko Hanić, dipl. ing.

Šandor Ileš, dipl. ing.

Marinko Kovačić, dipl. ing.

Dr. sc. Ivan Mrčela

Tanja Poljugan, dipl. ing.

Goran Rovišan, dipl. ing.

Tino Jerčić, mag. ing.

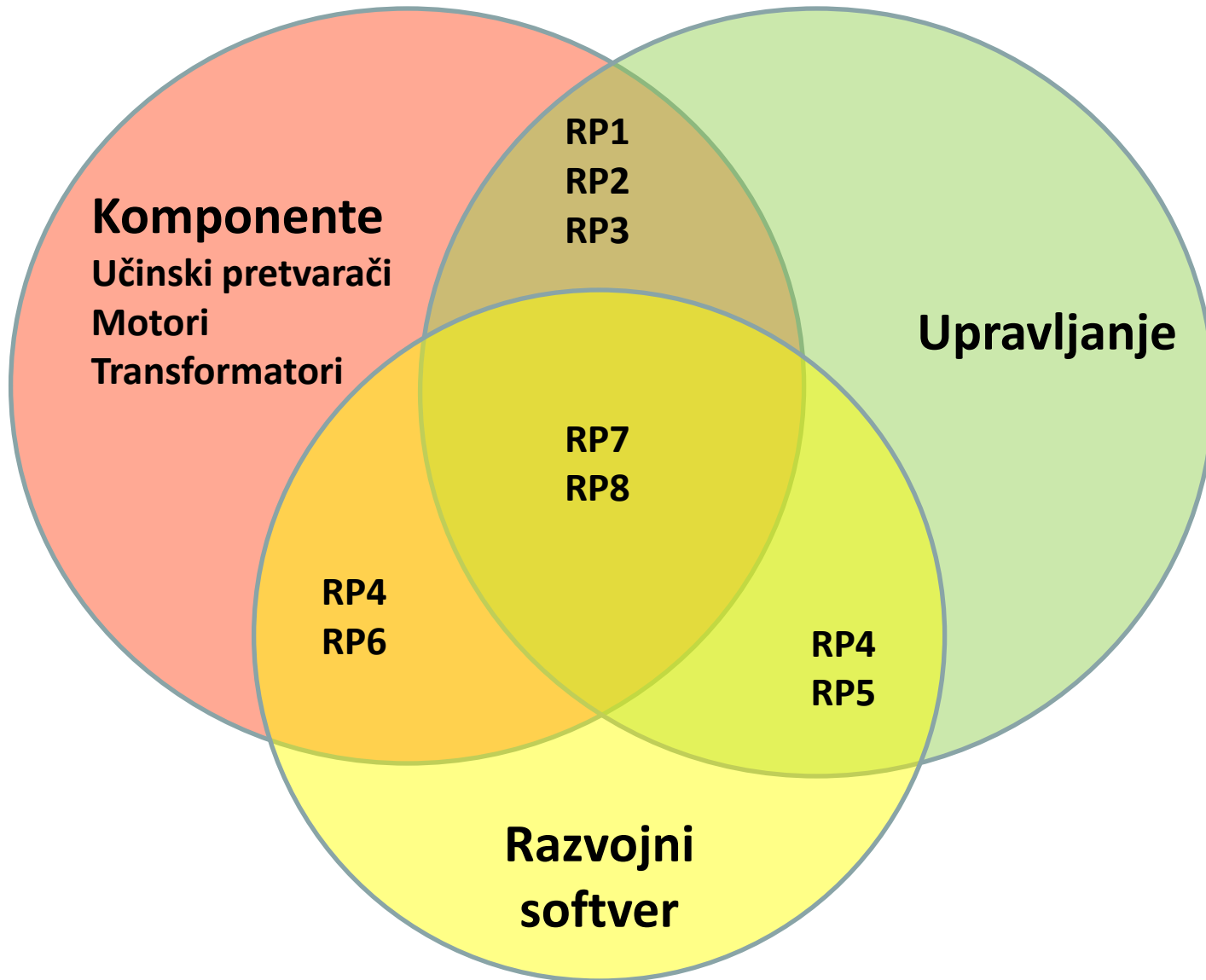
# Organizacija projekta (radni paketi)

---

- RP1:** Estimacija temperature učinkih poluvodičkih sklopki u radnim uvjetima, u cilju zaštite i veće djelotvornosti iskoristivosti učinkih pretvarača (mjesec 1 do 48)
- RP2:** Razvoj skaliranog modela diodno pritegnutog trirazinskog pretvarača (mjesec 12 do 48)
- RP3:** Razvoj skaliranog modela dvorazinskog trofaznog pretvarača s četiri grane (mjesec 1 do 36)
- RP4:** Razvoj računalnih alata za simulaciju dinamičkog vladanja sustava vuče (mjesec 1 do 36)
- RP5:** Razvoj modelskog prediktivnog upravljanja sinkronog motora s trajnim magnetima za primjene u električnoj vuči (mjesec 1 do 36)
- RP6:** Razvoj programskih alata za računalom podržano projektiranje komponenata elektromotornog pogona za primjenu u vuči (mjesec 1 do 48)
- RP7:** Integracija fizičkih i softverskih komponenti u eksperimentalni model sustava vučnog pogona, testiranje i verifikacija (mjesec 36 do 48)
- RP8:** Diseminacija rezultata (mjesec 1 do 48)



# Struktura projekta



# Dinamičko modeliranje sustava vuče

---

## CILJEVI

- razvoj reduciranih modela komponenata sustava vuče pogodnih za integraciju u jedinstveni programski alat
- izrada programskog alata za brzu simulaciju dinamičkog vladanja sustava električne vuče
- upotreba alata unutar optimizacijskog algoritma u svrhu poboljšanja karakteristika pogona

# Dinamičko modeliranje sustava vuče

---

## OSTVARENJE CILJEVA

- primjena usrednjenih modela učinskih pretvarača
- izrada kvazianalitičkih nelinearnih modela motora, pretvarača, transformatora i mehanike vozila
- korištenje unificiranog i strogo definiranog sučelja među modelima

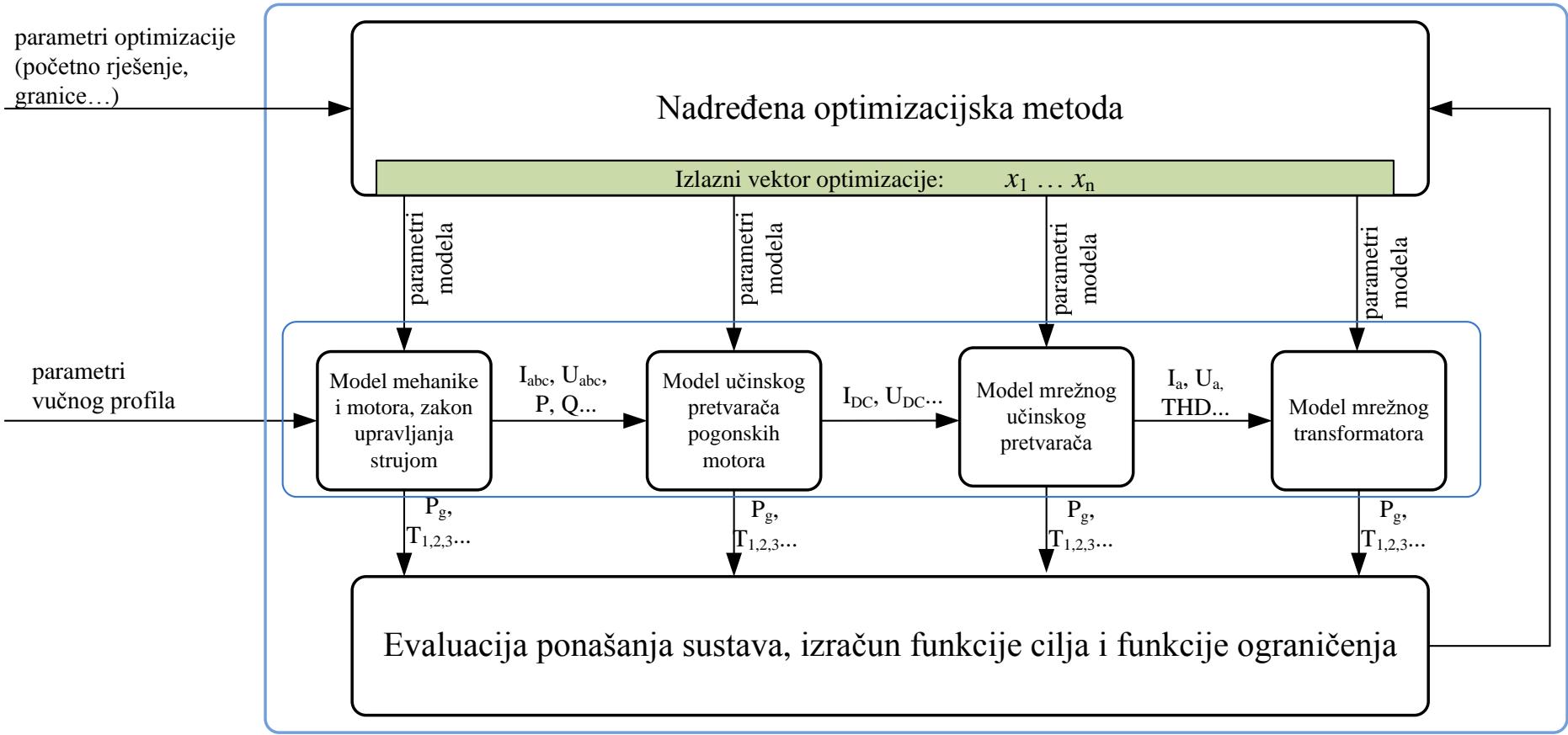
# Dinamičko modeliranje sustava vuče

---

- **Zahtjevi na alat za dinamičko modeliranje sustava vuče**
  - alat mora obuhvatiti sve komponente u lancu prijenosa energije na pogonske motore (motore, pogonske pretvarače, mrežne pretvarače, transformator, filtre...)
  - brzo izvođenje svih modela u lancu izračuna zbog upotrebe optimizacijskog algoritma
  - reduciranost modela bez značajnog smanjenja točnosti izračuna potrebnih podataka (električkih, mehaničkih i toplinskih veličina)

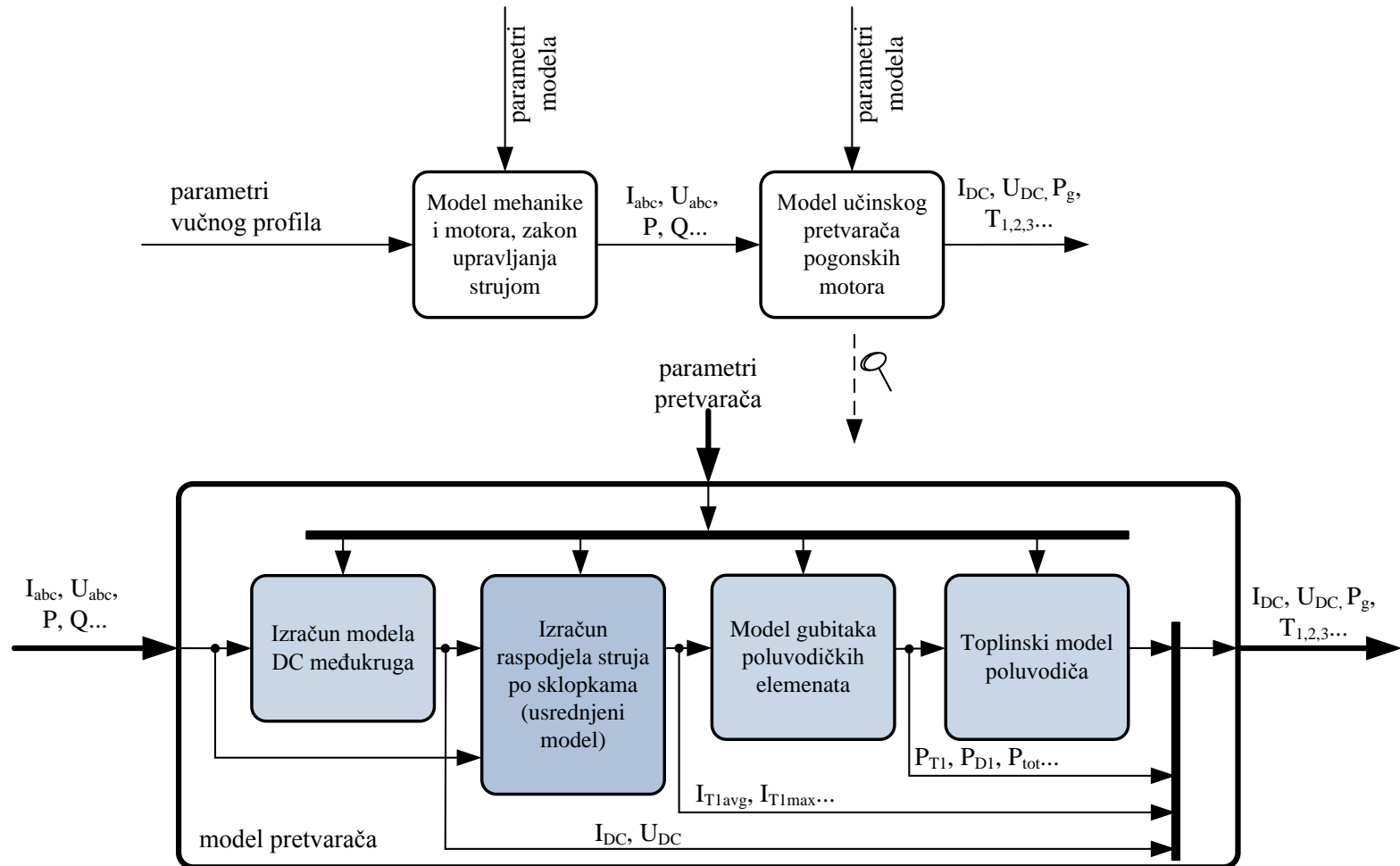
# Dinamičko modeliranje sustava vuče

Idejna blok shema nadređenog računalnog alata za dinamičku simulaciju sustava vuče s naglaskom na poveznicu s optimizacijskim algoritmom



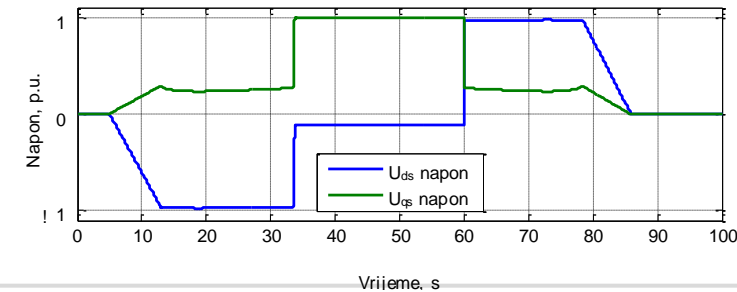
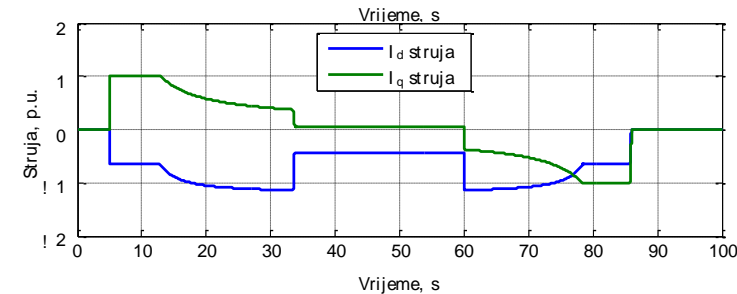
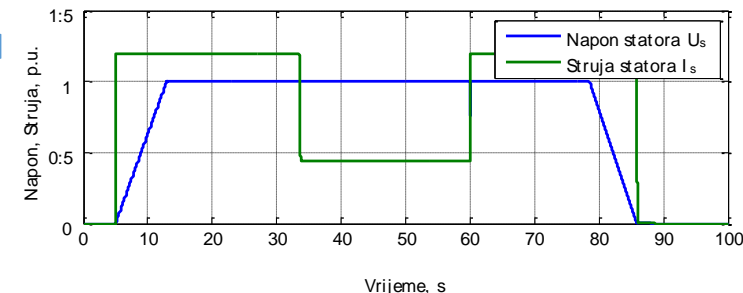
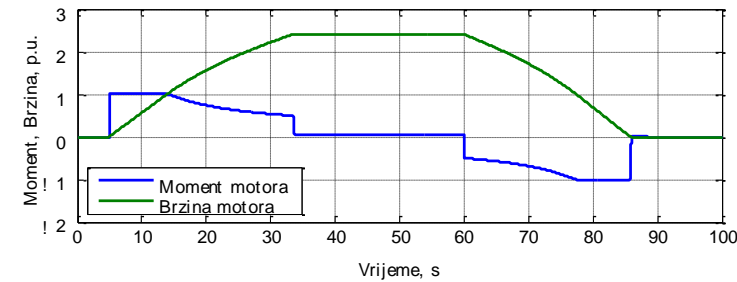
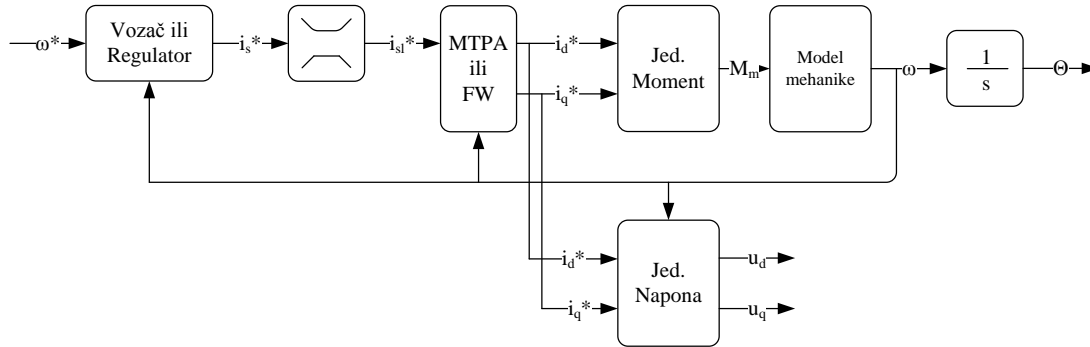
# Dinamičko modeliranje sustava vuče

Primjer jednostavnog alata za slijednu simulaciju ponašanja pogonskog sustava tramvaja



# Dinamičko modeliranje sustava vuče

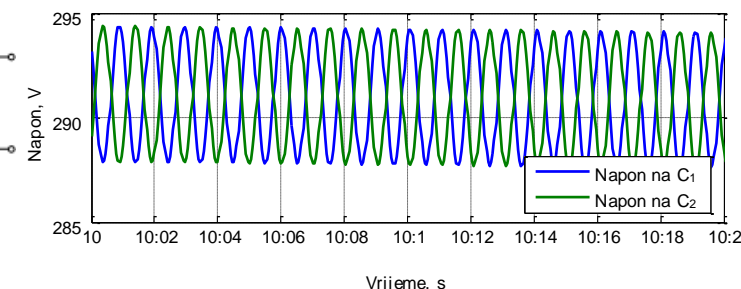
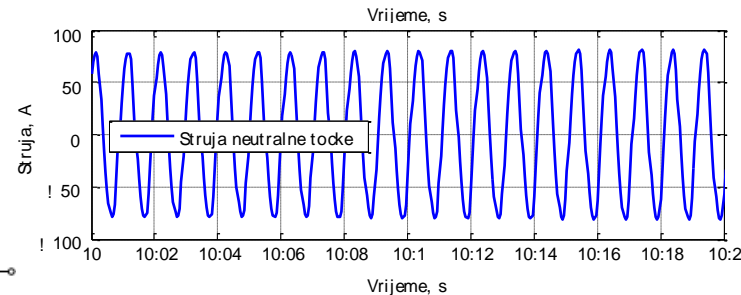
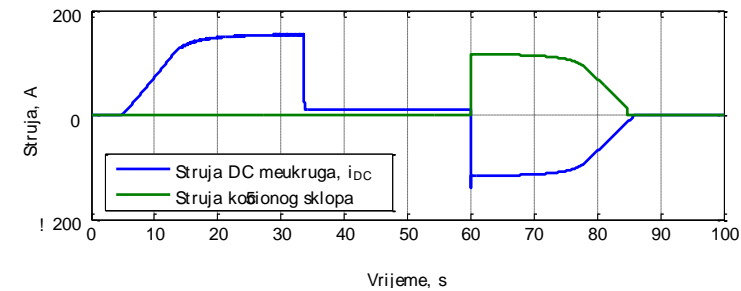
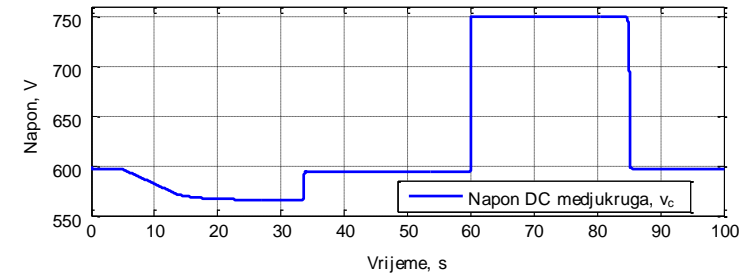
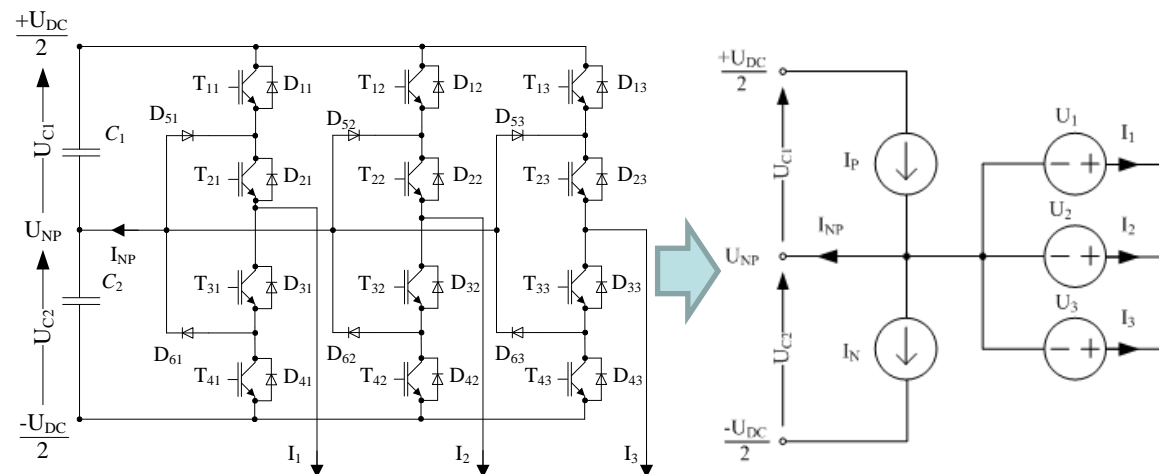
- model pogonskog motora i upravljačkog sustava reduciran je na razinu upravljanja strujom
- na temelju podataka o zadanom vučnom profilu (brzina, moment) računaju se referentne struje u dq sustavu kako bi se zadovoljili zahtjevi vuče.
- iz naponskih jednadžbi motora dobivaju se statorski naponi koje pretvarač mora narinuti na motor



Vrijeme, s

# Dinamičko modeliranje sustava vuče

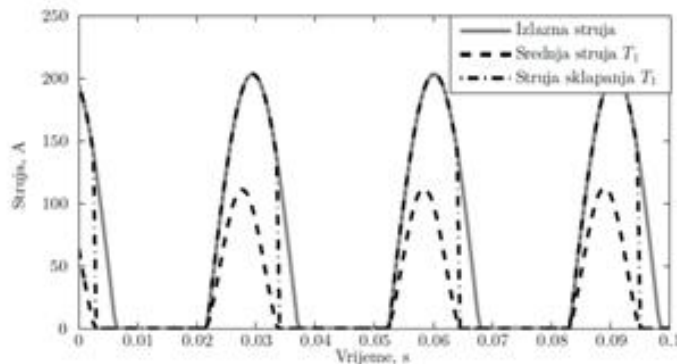
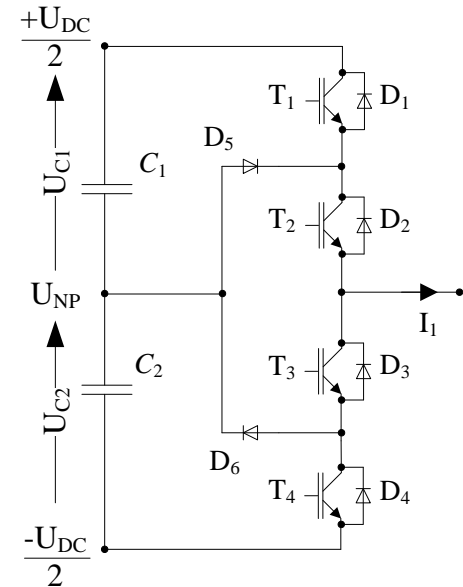
- ulazni podaci za model pretvarača su struje i naponi izračunati modelom motora
- model pretvarača reducira se na model usrednjen na sklopnoj periodi
- faktori vođenja računaju se iz podataka napona motora i napona DC međukruga
- strujno-naponski odnosi na svim komponentama pretvarača računaju se usrednjenim modelom





# Usrednjeni model pretvarača

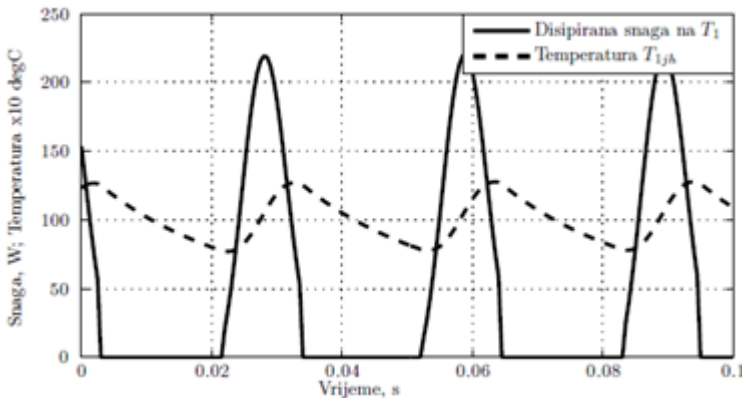
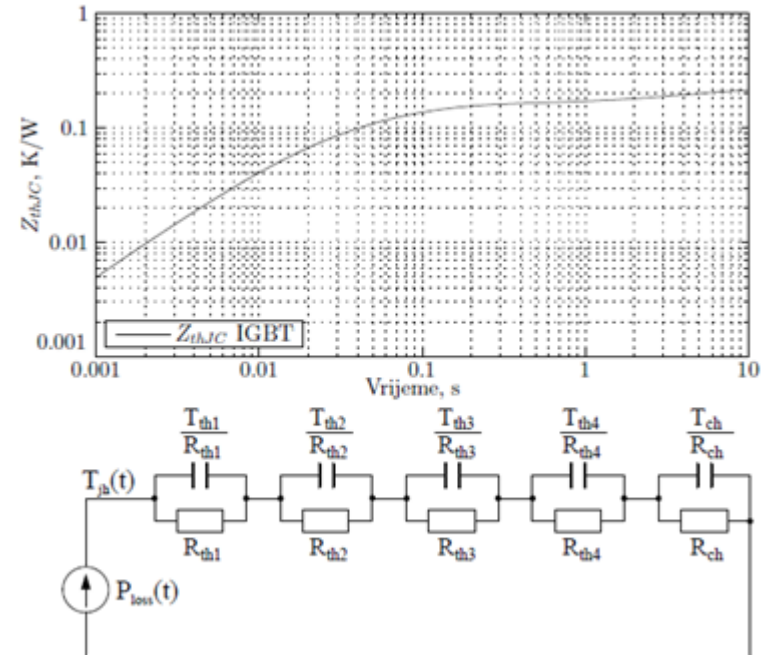
- usrednjeni model pretvarača može se proširiti i upotrijebiti u izračunu gubitaka na pojedinim elementima
- za izračun gubitaka relevantna je srednja struja kroz ventil, vršna vrijednost struje i informacija da li ventil sklapa
- razradom topologije moguće je definirati tablicu raspodjele struje na ventilima u ovisnosti o izlaznoj struji i faktoru vođenja



	$I_{avg}$	$I_{peak}$	$I_{sw}$
$T_1$	$I_P \cdot D_{1P}$	$I_P$	$I_P \cdot (D_{1P} \in (0, 1))$
$T_2$	$I_P \cdot (1 - D_{1N})$	$I_P$	$I_P \cdot (D_{1N} \in (0, 1))$
$D_3$	$I_P \cdot D_{1N}$	$I_P$	0, meko
$D_4$	$I_P \cdot D_{1N}$	$I_P$	$I_P \cdot (D_{1N} \in (0, 1))$
$D_5$	$I_P \cdot (1 - D_{1N} - D_{1P})$	$I_P$	$I_P \cdot (D_{1P} \in (0, 1))$
$T_4$	$I_N \cdot D_{1N}$	$I_N$	$I_N \cdot (D_{1N} \in (0, 1))$
$T_3$	$I_N \cdot (1 - D_{1P})$	$I_N$	$I_N \cdot (D_{1P} \in (0, 1))$
$D_2$	$I_N \cdot D_{1P}$	$I_N$	0, meko
$D_1$	$I_N \cdot D_{1P}$	$I_N$	$I_N \cdot (D_{1P} \in (0, 1))$
$D_6$	$I_N \cdot (1 - D_{1N} - D_{1P})$	$I_N$	$I_N \cdot (D_{1N} \in (0, 1))$

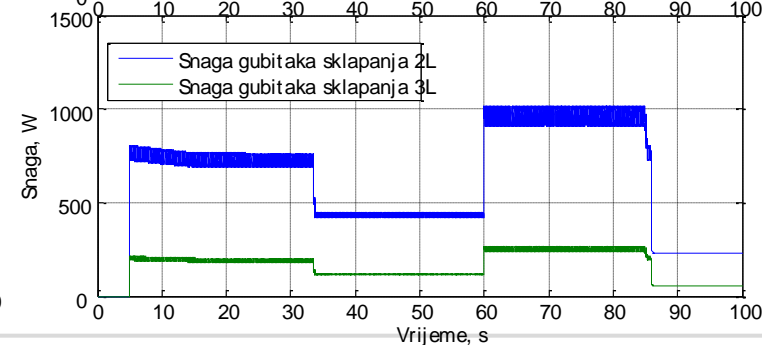
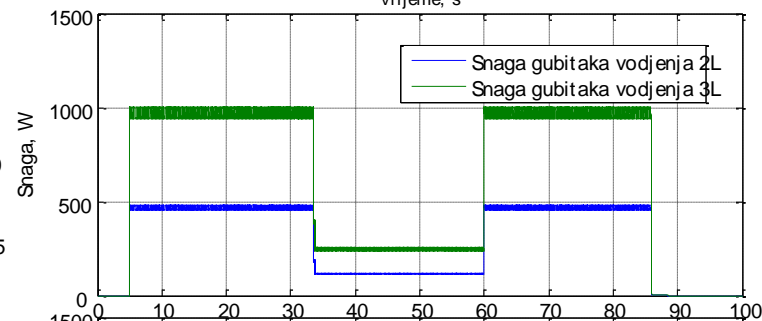
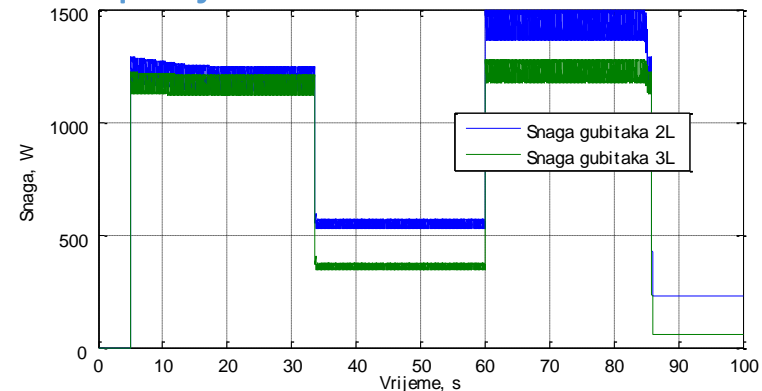
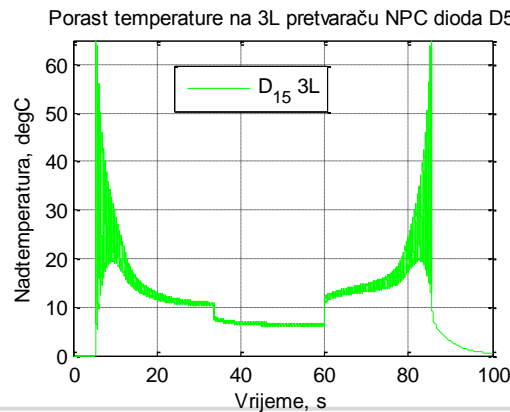
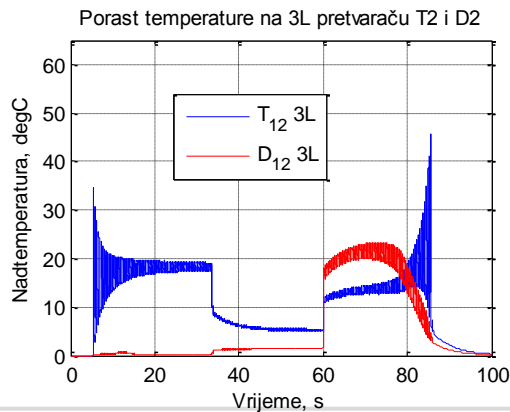
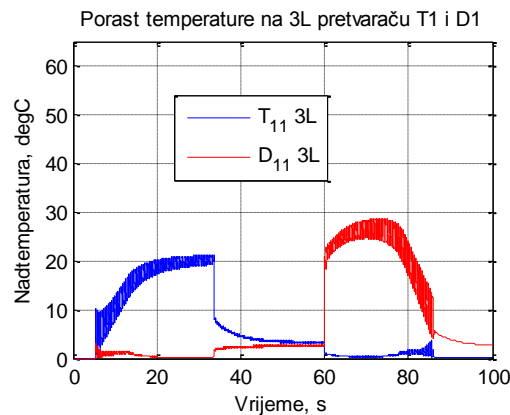
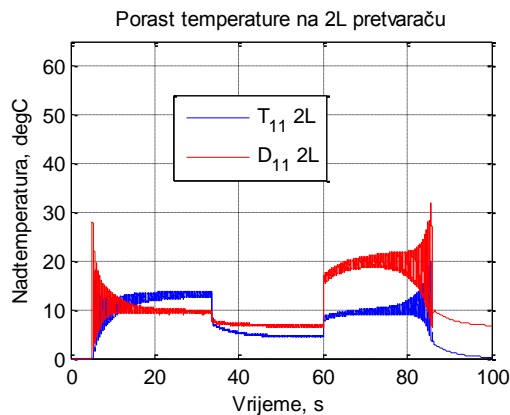
# Toplinski model pretvarača

- toplinski model poluvodiča kao ulaz koristi izračunatu snagu gubitaka na svakom od poluvodiča
- parametri modela iščitavaju se iz kataloških podataka proizvođača (prijelazna toplinska impedancija)
- ukoliko parametri nisu dostupni, identifikacija parametara toplinskog modela se dobiva na temelju kataloške krivulje toplinske impedancije



# Rezultati modela pretvarača - primjer

- izlaz modela pretvarača su gubitci i temperature na cijelom profilu vožnje
- gubitci se raščlanjuju na gubitke vođenja i gubitke sklapanja
- temperature se određuju na svim poluvodičkim ventilima unutar topologije



# Učinski pretvarači

---

## RADNI PAKETI

- Određivanje radne temperature učinskih poluvodičkih sklopki pretvarača u stvarnim radnim uvjetima (RP1)
- Razvoj skaliranog modela diodno pritegnutog trofazinskog pretvarača (3L-NPC) (RP2)
- Razvoj skaliranog modela dvorazinskog trofaznog pretvarača s četiri grane (RP3)

# Učinski pretvarači

---

## CILJEVI

- povećanje djelotvornosti pretvarača
- smanjenje izmjera i mase pretvarača
- povećanje pouzdanosti i životnog vijeka

# Učinski pretvarači

---

## OSTVARENJE CILJEVA

- primjenom višerazinskih i višegranskih topologija
- primjenom odgovarajućih modulacija i metoda upravljanja
- optimalnim korištenjem poluvodičkih komponenata (praćenje i nadzor temperature poluvodiča)

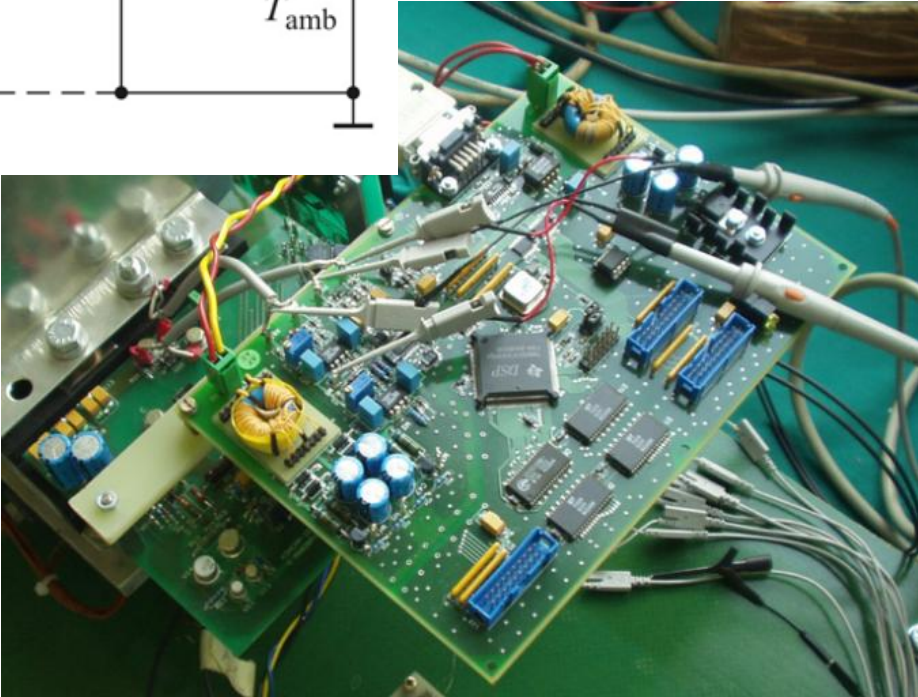
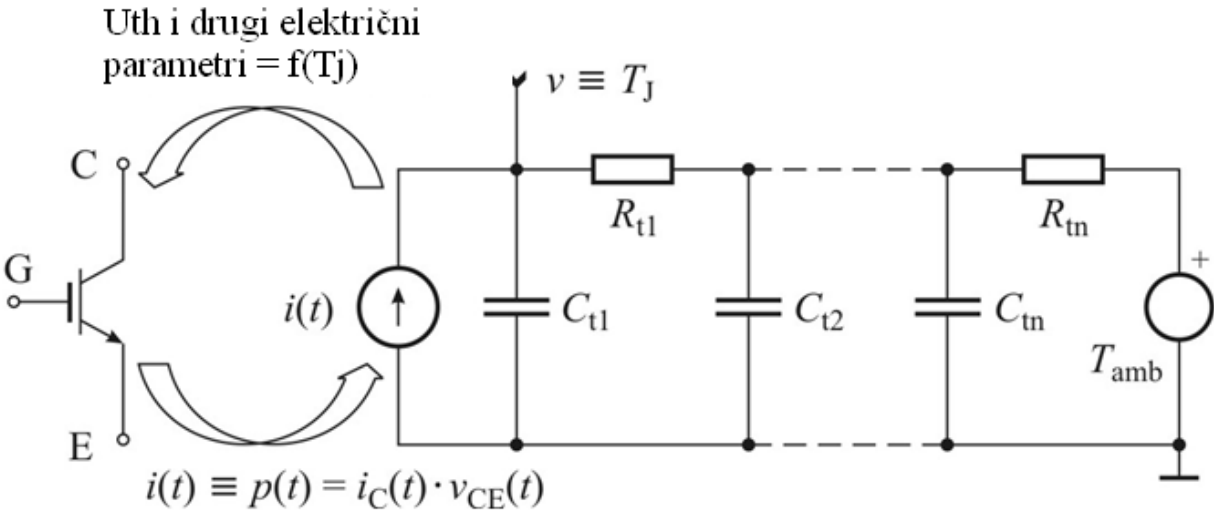
# Učinski pretvarači

---

## RP1 - ODREĐIVANJE RADNE TEMPERATURE UČINSKIH POLUVODIČKIH SKLOPKI U RADNIM UVJETIMA

- razvoj elektrotoplinskog modela učinske poluvodičke sklopke za simulacijsko ispitivanje karakteristika predloženog uređaja za određivanje temperature
- odabir tehnologije ostvarenja uređaja za određivanje temperature (unutar pobudnog stupnja ili izdvojeno)
- izrada i ispitivanje uređaja za određivanje temperature u radnim uvjetima

# Učinski pretvarači

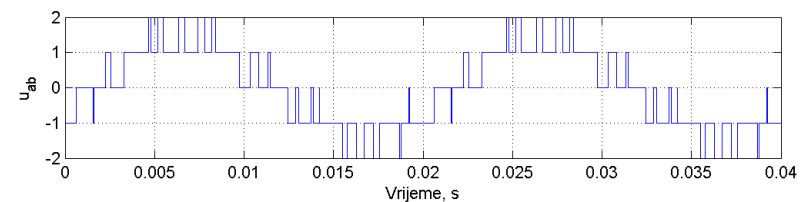
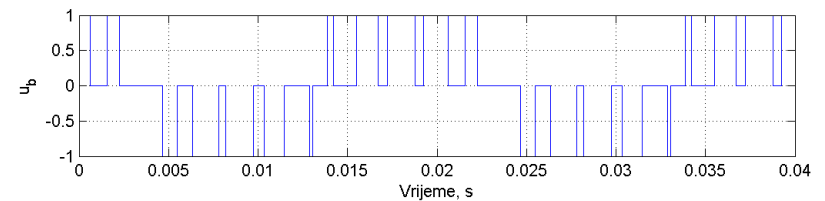
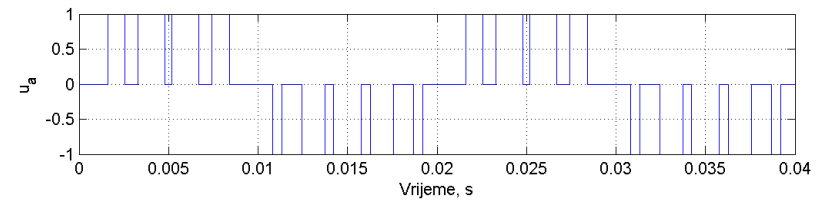
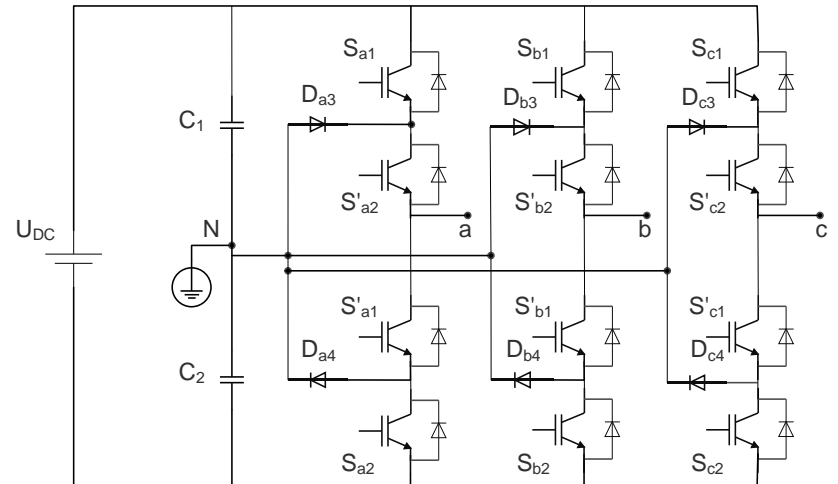
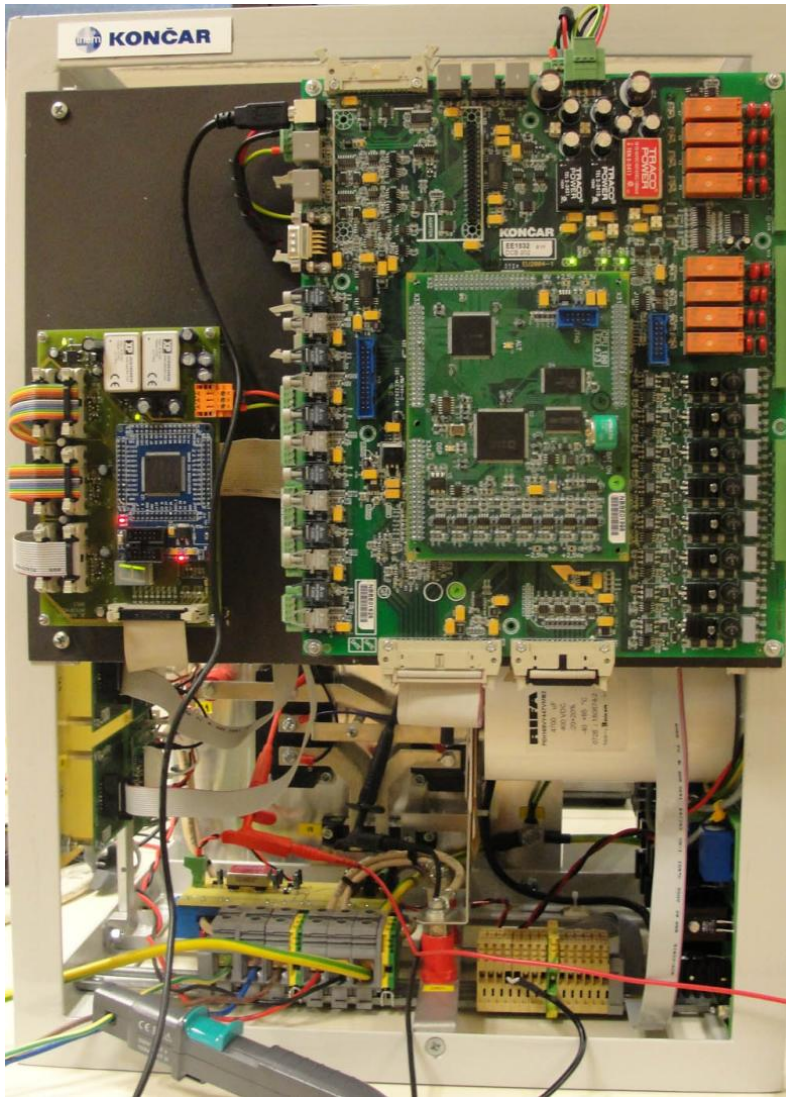




## RP2 - RAZVOJ SKALIRANOG MODELA 3L- NPC PRETVARAČA

- razvoj simulacijskog modela 3L-NPC pretvarača
- izrada skaliranog fizičkog modela pretvarača
- ispitivanje različitih modulacijskih postupaka i algoritama upravljanja, te usporedba s dvorazinskim pretvaračima
- optimiranje odabrane modulacije
- ispitivanje pretvarača s optimiranom modulacijom i upravljačkim algoritmom

# Učinski pretvarači



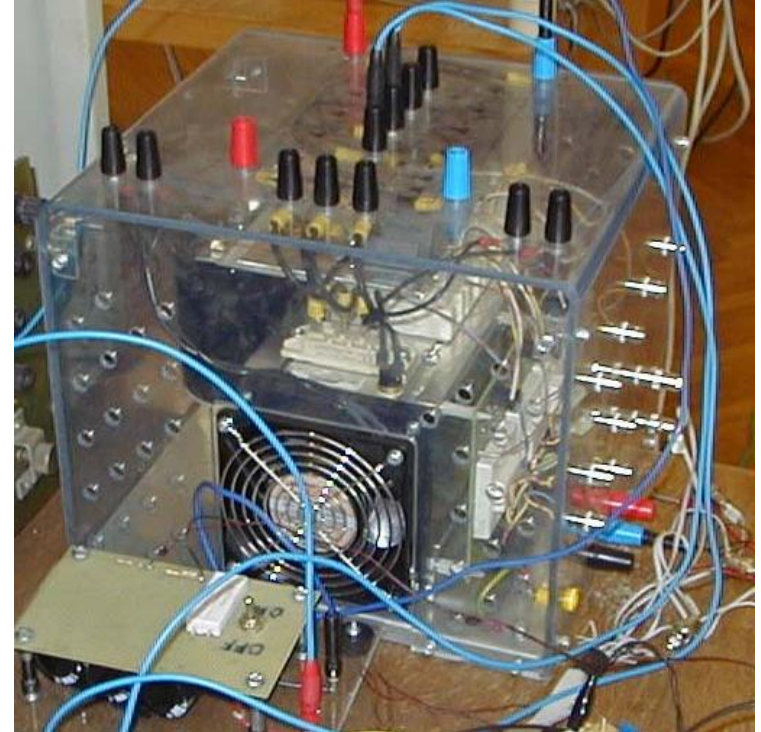
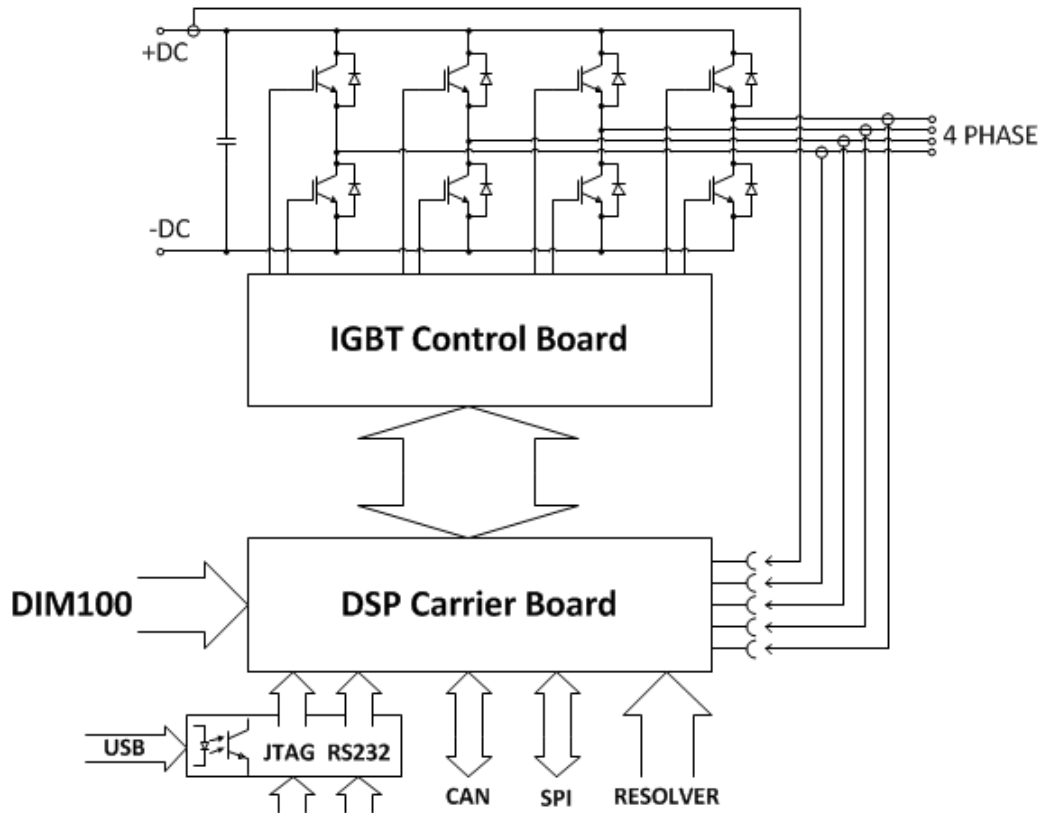
# Učinski pretvarači

---

## RP3 - RAZVOJ SKALIRANOG MODELA 4-GRANSKOG PRETVARAČA

- razvoj skaliranog fizičkog modela pretvarača
- ispitivanje sklopovlja pretvarača
- ispitivanje različitih modulacijskih postupaka i algoritama upravljanja
- ispitivanje pretvarača s optimiranom modulacijom i upravljačkim algoritmom
- razvoj i ispitivanje visokonaponskog para IGBT sklopki

# Učinski pretvarači



# Motori i transformatori

---

## RADNI PAKETI

- razvoj programskih alata za računalom podržano projektiranje komponenata elektromotornog pogona za primjenu u vuči (RP6)

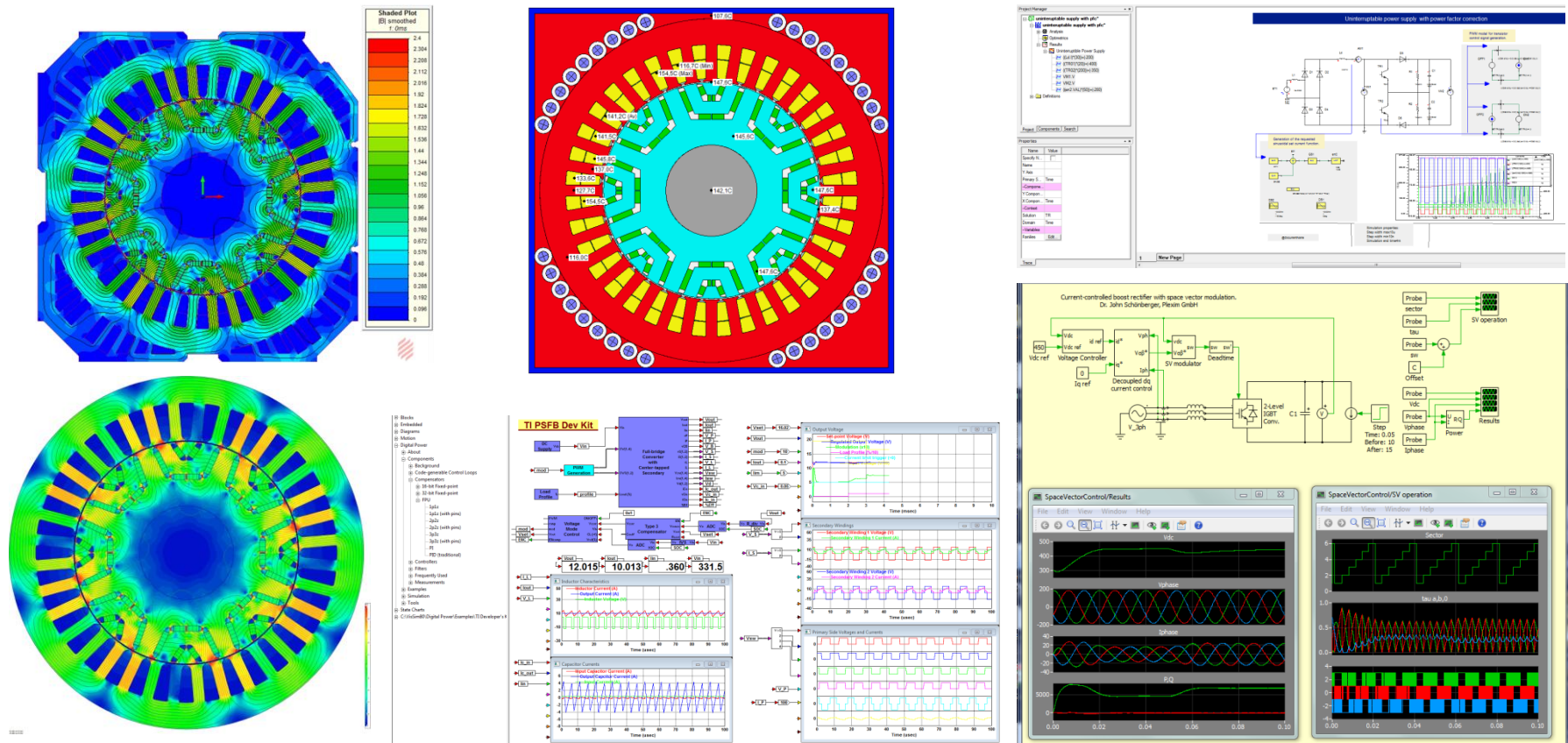
# Motori i transformatori

---

## CILJEVI

- razvoj metoda za vremenski učinkovito projektiranje komponenata pogona uzimajući u obzir rad pogonskog sustava u cjelini
- izrada programskih alata za modeliranje komponenata
- dimenzioniranje komponenata primjenom matematičkog optimiranja

# Programski alati



- komercijalni: **SPEED**, **MotorCAD**, **Infolytica MagNet**, **Consol**, **VISSIM**, **PLECS**, **Code Composer Studio IDE** , **Ansoft SIMPLORER**
- vlastiti: **Matlab+SPEED**, **Matlab+MotorCAD**, **Matlab+Consol**, **Matlab/Simulink**

# Motori i transformatori

---

## OSNOVNI PRISTUP PROJEKTIRANJU

- inicijalna optimizacija pojedinačnih komponenata pogona → *referentni dizajn*
- modeliranje utjecaja parametara komponenata pogona na njegove performanse u cjelini
- parametarska optimizacija komponenata pogona uz minimizaciju funkcije cilja (npr. ukupna cijena pogona) i zadovoljenje funkcija ograničenja (npr. dozvoljene temperature namota)



# Motori i transformatori

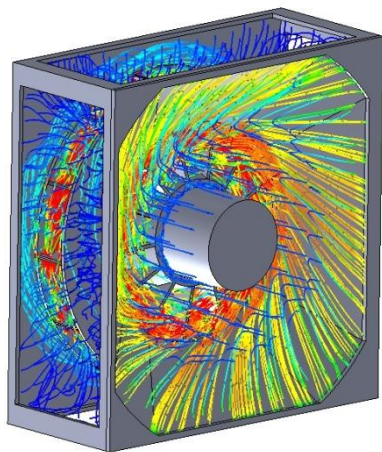
---

## PRIMJENA ZAKONA SLIČNOSTI U MODELIRANJU POGONSKIH MOTORA I TRANSFORMATORA

- motor (referentni dizajn) → aksijalno i radijalno skaliranje, prematanje → nove dimenzije, novi parametri i karakteristike
- transformator (referentni dizajn) → skaliranje linijskih dimenzija i prematanje → nove dimenzije, novi parametri i karakteristike
- skaliranjem se ne mijenja optimalnost referentnog dizajna
- proračun parametara skaliranog modela je vrlo brz i jednostavan

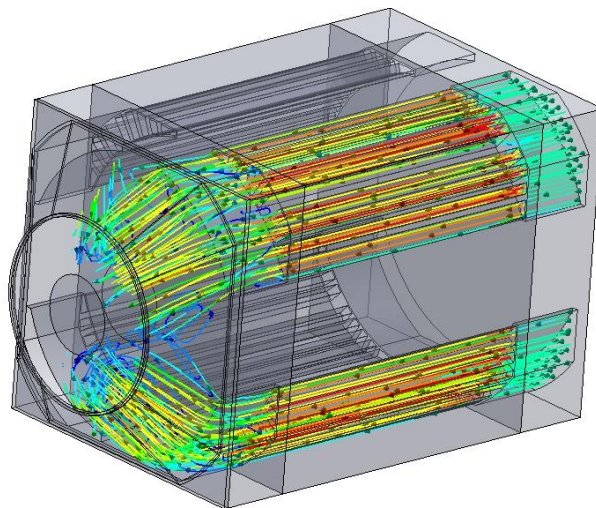
# Modeliranje ventilacije i zagrijavanja vučnih motora

Proširenje osnovnih zakona sličnosti uzimanjem u obzir utjecaja geometrijskog skaliranja na ventilaciju i zagrijavanje motora



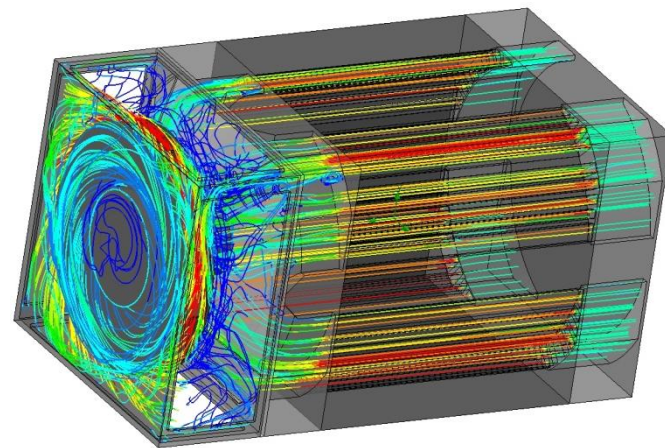
Model ventilatora

+



Model za određivanje sistemskog otpora

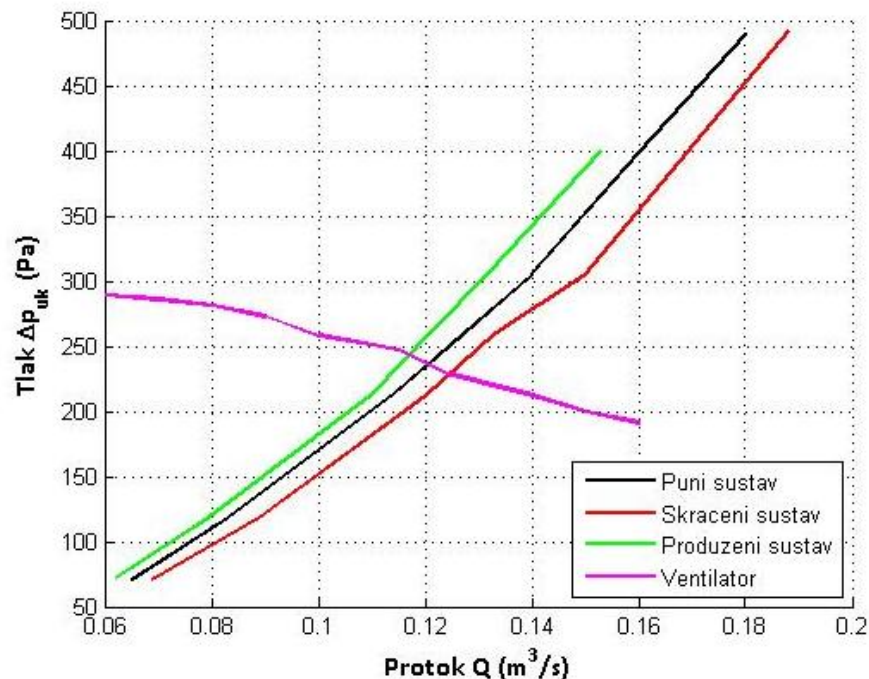
=



Cjelovit model rashladnog sustava

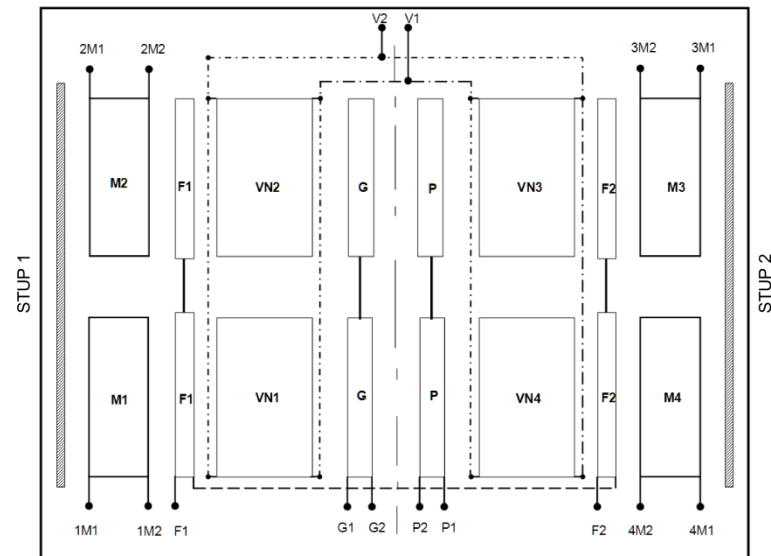
# Modeliranje ventilacije i zagrijavanja vučnih motora

- analitičko modeliranje sistemskog otpora i karakteristike ventilatora aksijalno i radijalno skaliranog motora
- brzo i pouzdano određivanje protoka zraka u skaliranom motoru
- korekcija performansi motora izračunatih na temelju osnovnih zakona sličnosti uzimanjem u obzir promijenjene ventilacije i zagrijavanja skaliranog motora



# Modeliranje vučnih transformatora

- inicijalni proračun parametara referentnog dizajna vučnog transformatora (naponi kratkog spoja, elementi nadomjesne sheme)
- proračun dinamičkog profila struje transformatora tijekom ciklusa vožnje
- proračun gubitaka u željezu i bakru
- primjena zakona sličnosti na transformator promijenjenih dimenzija i promijenjenog broja zavoja (preračunavanje napona kratkog spoja, otpora i induktiviteta namota, gubitaka u bakru i željezu, dodatnih gubitaka i zagrijavanja)



VN1 do VN4 : visokonaponski namot  
M1 do M4: vučni motorski namoti  
F1-F2: Filterski namot  
G: Namot za grijanje  
P: Namot za napajanje pomoćnih pogona



Primjer vučnog transformatora za Končar EMV

# Prediktivno upravljanje u sustavima vuče

---

## RADNI PAKETI

- razvoj modelskog prediktivnog upravljanja sinkronog motora s trajnim magnetima za primjene u električnoj vuči (RP5)

# Prediktivno upravljanje u sustavima vuče

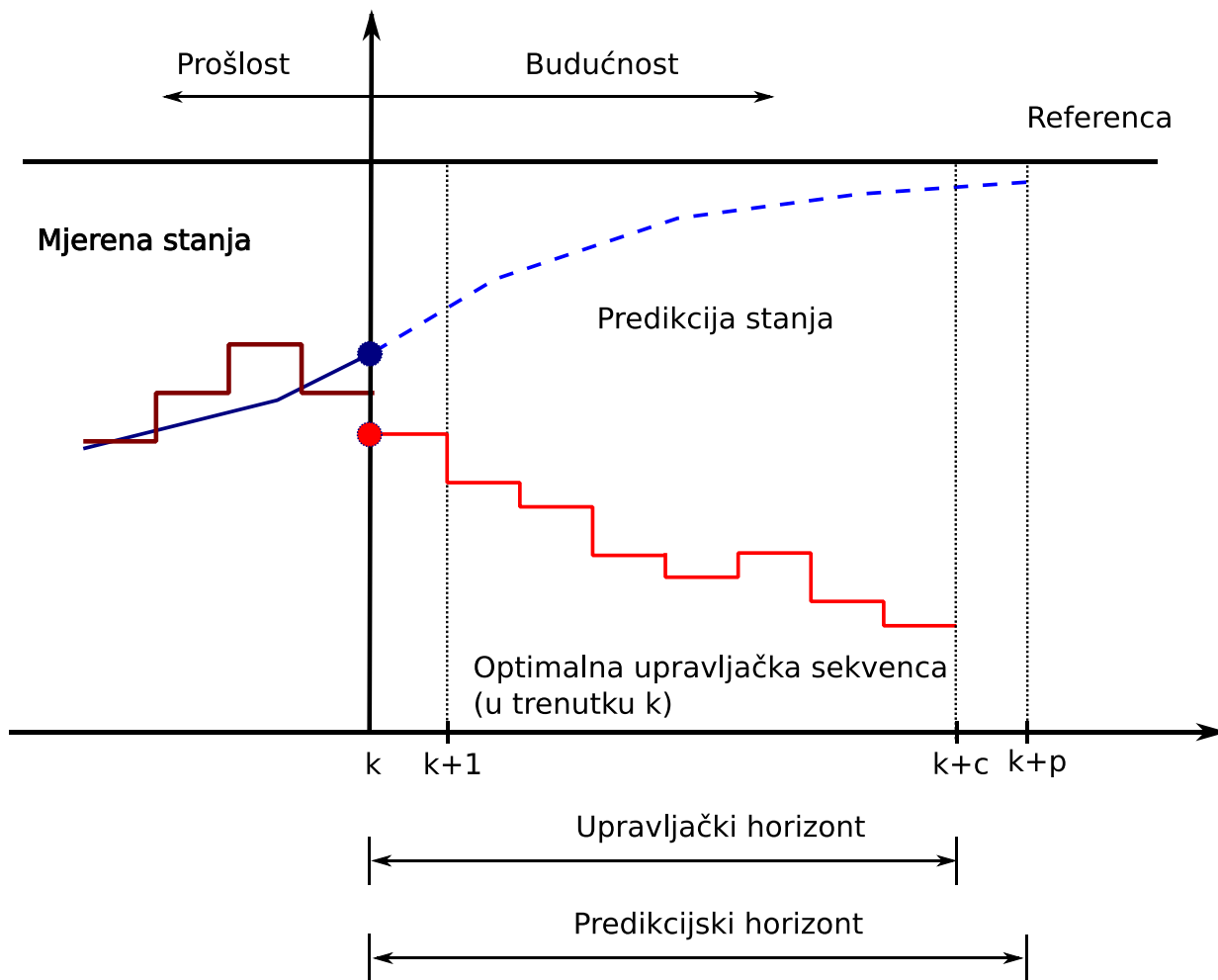
---

## CILJEVI

- razvoj prediktivnog algoritma upravljanja za elektromotorne pogone primjenom simulacijskih modela pogona vuče
- razvoj računalno učinkovitih algoritama prediktivnog upravljanja za pogone električne vuče zasnovanih na brzim gradijentnim postupcima

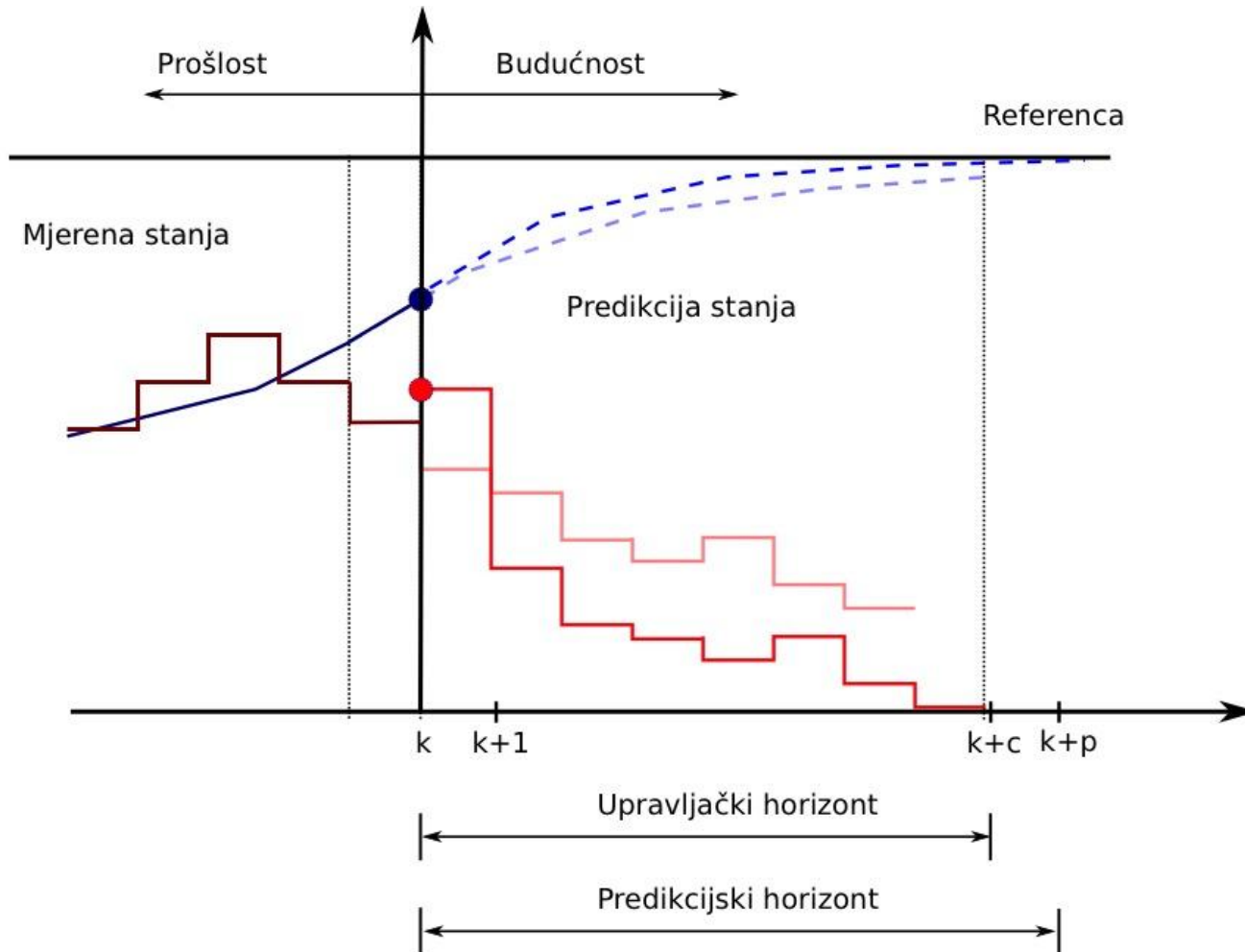
# Prediktivno upravljanje u sustavima vuče

## MODELSKO PREDIKTIVNO UPRAVLJANJE



# Prediktivno upravljanje u sustavima vuče

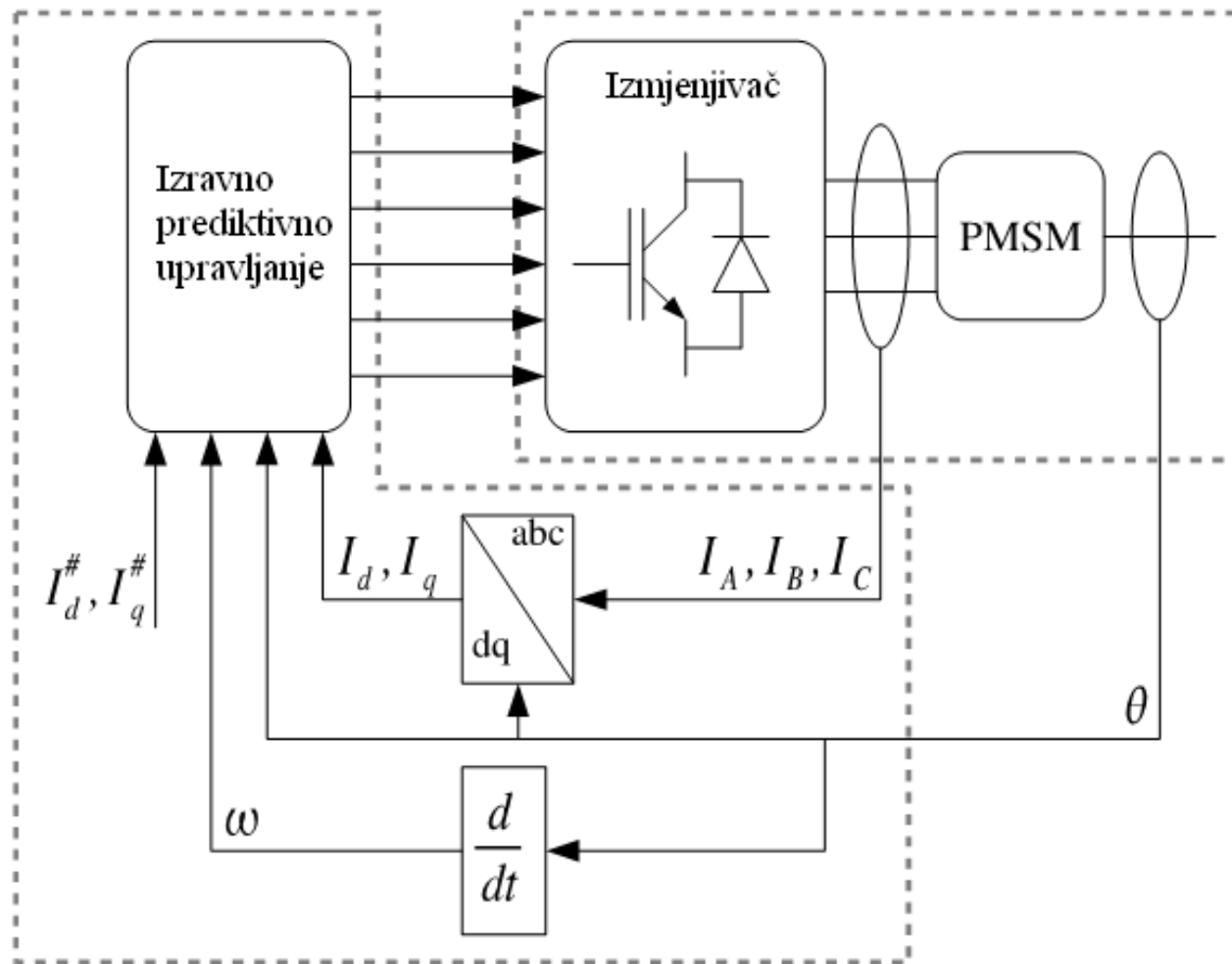
## MODELSKO PREDIKTIVNO UPRAVLJANJE





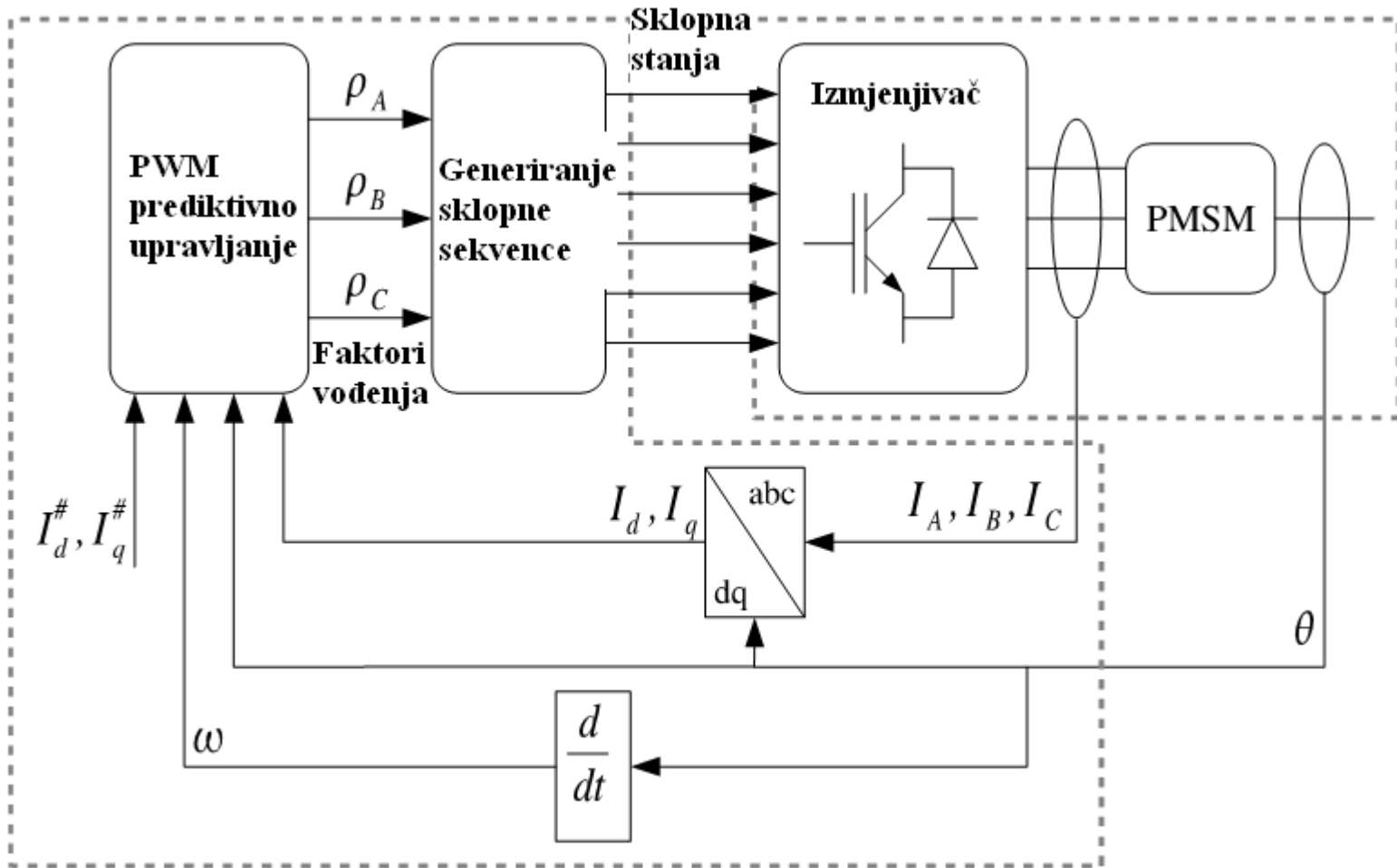
# Prediktivno upravljanje u sustavima vuče

## IZRAVNO PREDIKTIVNO UPRAVLJANJE



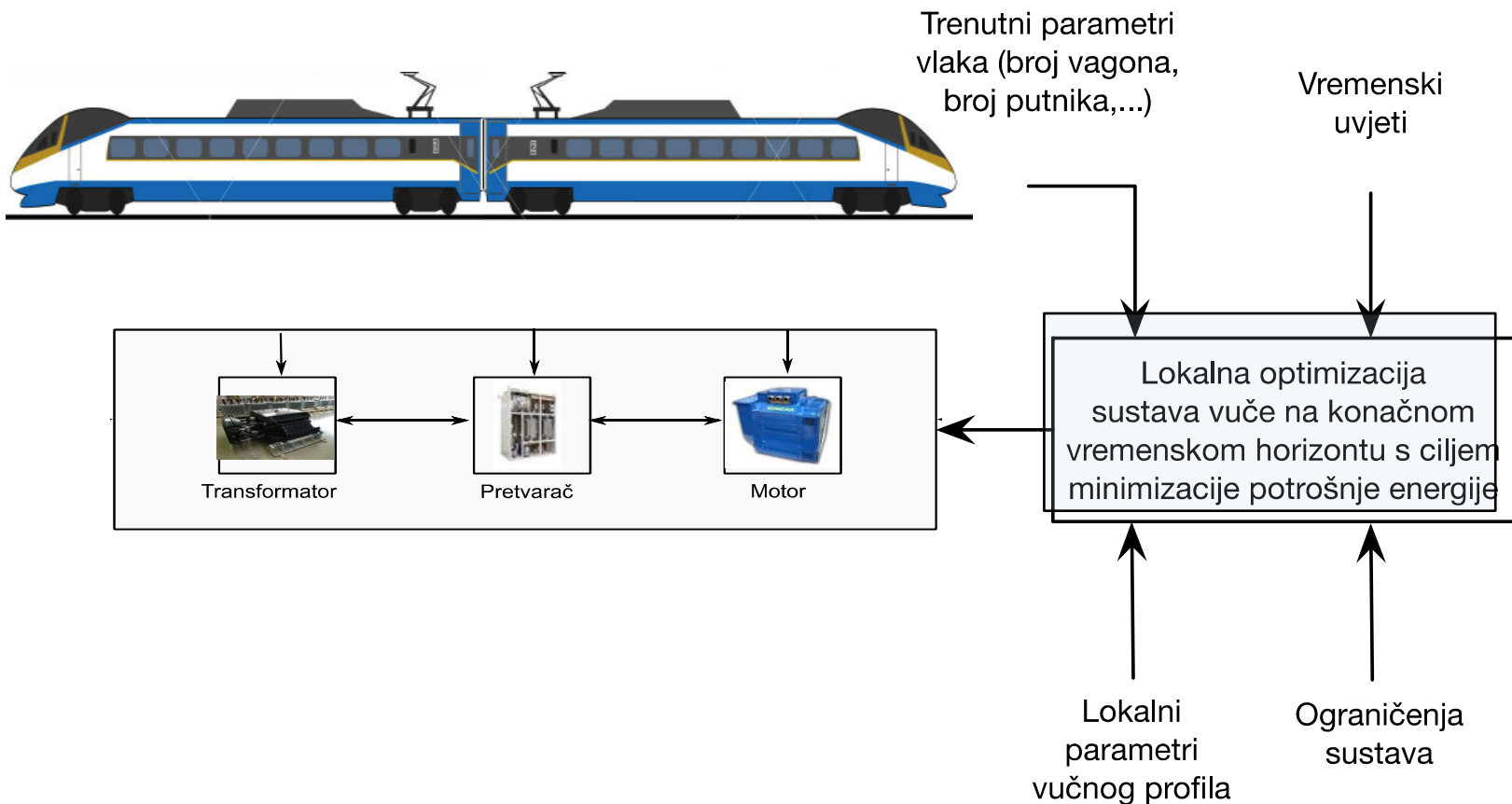
# Prediktivno upravljanje u sustavima vuče

## PWM PREDIKTIVNO UPRAVLJANJE



# Prediktivno upravljanje u sustavima vuče

## OPTIMALNO UPRAVLJANJE SUSTAVOM VUČE



# Eksperimentalni model

---

## RADNI PAKETI

- integracija fizičkih i softverskih komponenti u eksperimentalni model sustava vučnog pogona, testiranje i verifikacija (RP7)

# Eksperimentalni model

---

## CILJEVI

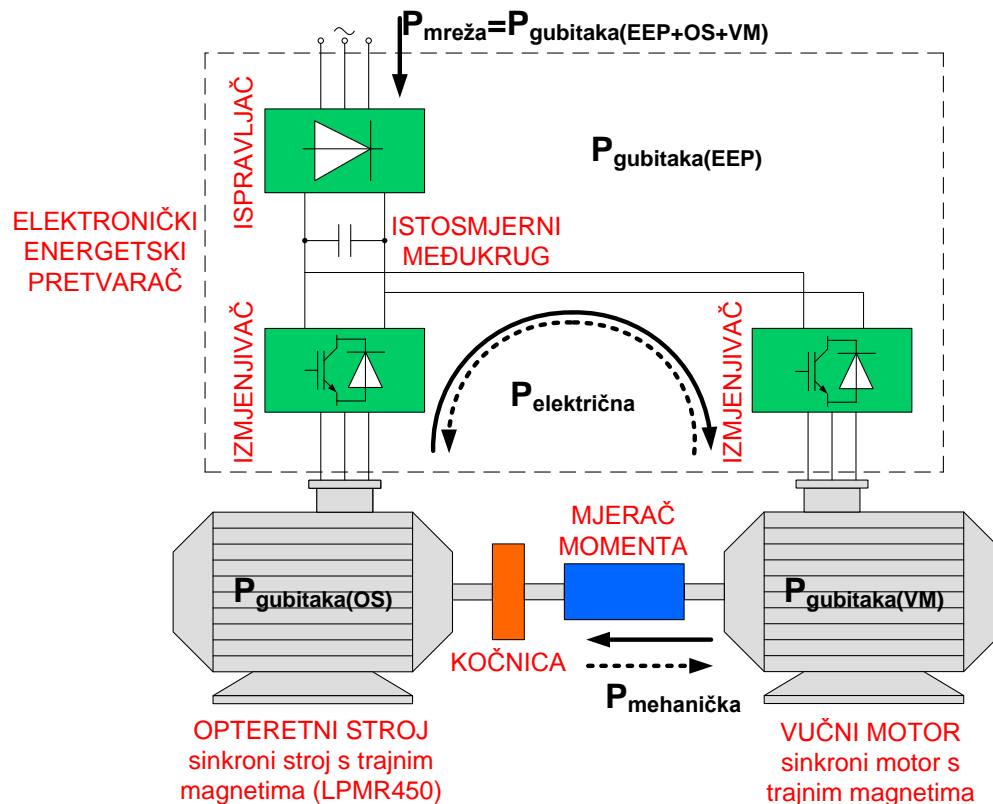
- eksperimentalna verifikacija upravljanja elektromotornim pogonom vučnog vozila temeljena na modelskom prediktivnom upravljanju
- primjena skaliranog laboratorijskog modela vučnog vozila koji se sastoji od:
  - dva mehanički povezana električna stroja s trajnim magnetima od kojih će jedan simulirati opterećenje, a drugi će simulirati pogonski motor vozila,
  - dva učinska pretvarača sa zajedničkim istosmjernim međukrugom,
  - mjernog sustava za prikupljanje podataka za mjerenje električnih (napon, struja), mehaničkih (brzina, moment) i toplinskih (temperature namota) veličina kako bi se utvrdile performanse sustava (potrošnja energije, dinamika,...).

# Laboratorijska infrastruktura



# Ispitno postolje – koncept terećenja

- svi pokusi obavljaju se s minimalnim utroškom energije koji pokriva gubitke u strojevima i energetskim pretvaračima
- omogućen motorski i generatorski režim rada vučnog motora
- mogućnost simulacije opterećenja vučnog motora tijekom ciklusa vožnje vučnog vozila (zalet, vožnja konstantnom brzinom, kočenje, mirovanje)



# Ispitno postolje – osnovne komponente

- **Otpretni stroj TEMA LPMR450**

Snaga:	450 kW
Napon:	400 V
Struja:	596 A
Brzina:	1800 min <sup>-1</sup>
Maks. brzina:	4000 min <sup>-1</sup>
Moment:	2389 Nm
Korisnost:	96,3 %
Hlađenje:	vodom

- **Frekvencijski pretvarač ABB ACS800**

Tip:	ACS800-07-1540-5
Ulazni napon:	500 V
Ulazna struja:	1596 A
Izlazna struja:	3x 700 A
Izlazna frek.:	0 – 300 Hz
Sklopna frek.:	2-3 kHz

- **Davač momenta HBM T40**

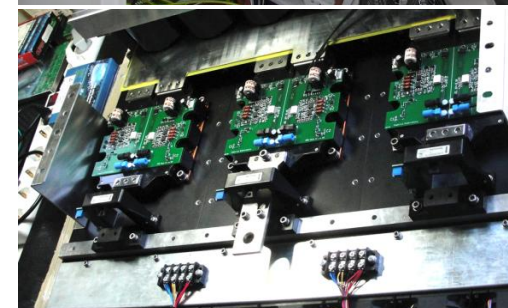
Maks. moment:	3000 Nm
Maks. brzina:	15000 min <sup>-1</sup>
Klasa:	0,05 %
Veza:	Ethernet UDP





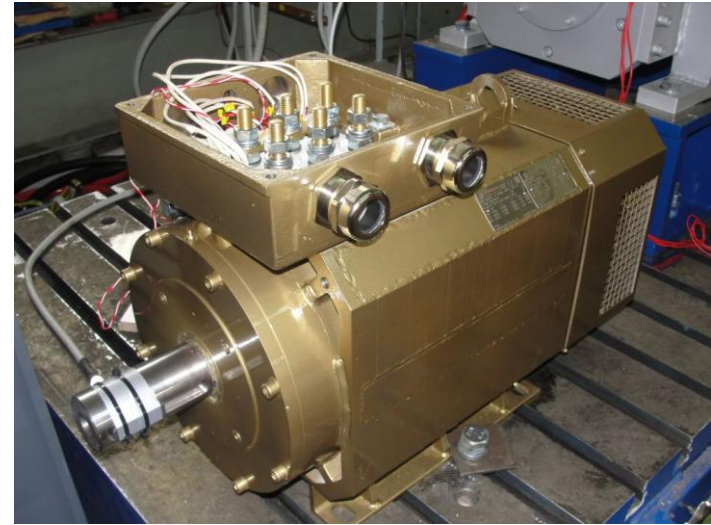
# Frekvencijski pretvarač

- **Proizvođač: Cognitio elektronika d.o.o.**
- **Tip: O4L-500**
- **Osnovne karakteristike**
  - izlazna struja: min. 500 Arms
  - napon DC međukruga 50 – 800 V
  - frekvencija sklapanja: min 5 kHz @ 500 Arms
  - tip hlađenja: Prisilno zrakom
  - zaštite od prenapona, prekostruje i nadtemperature
  - potpuno otvoren digitalni upravljački sustav pogodan za korištenje programskog jezika C
  - mogućnost rada s aritmetikom s pomičnim zarezom
- **Proizvođač je implementirao osnovnu regulacijsku strukturu strujnog upravljanja motorom**



# Vučni motor s trajnim magnetima

**Proizvođač:** Končar-MES  
**Tip:** IPM225  
**Napon:** 400 V  
**Maksimalna brzina:** 5000 min<sup>-1</sup>  
**Klasa izolacije:** H  
**Temperature okoline:** 40 °C  
**Hlađenje:** zrakom  
**Mehanička zaštita:** IP54



Pogon	MOT	GEN	n, min <sup>-1</sup>	f, Hz	P, kW	U, V	I, A	cosφ
Inst.	*		1700	113,33	126,5	280	320	0,84
Inst.	*		2700	180	126,5	400	211	0,90
Inst.	*		4200	280	126,5	400	192	0,99
Inst.		*	2670	178	-284,5	444	450	0.79
Inst.		*	3240	216	-284,5	520	368	0.83
Inst.		*	4200	280	-284,5	520	321	0,94
S1	*		2380	158,67	118,5	356	222,7	0,89
S1	*		2680	178,67	133,6	400	222,7	0,89
S1	*		4200	280	147,7	400	222,7	1

# Mjerna oprema

## • Električne veličine

### • mjerenje napona

- Dewesoft Sirius HS, do 1000 V rms, 1 MSPS, istovremeno uzorkovanje, tri kanala, fazni napon

### • mjerenje struja

- mjerni pretvornici: LEM LF-1005S, 1000 A rms, 0,4 %
- Dewesoft Sirius HS, 10 V, 1 MSPS, tri kanala

## • Temperature

- mjerenje struja: SIMEX CMC-99, 8xPT100, 8xTC, LAN komunikacija s Dewesoft sustavom

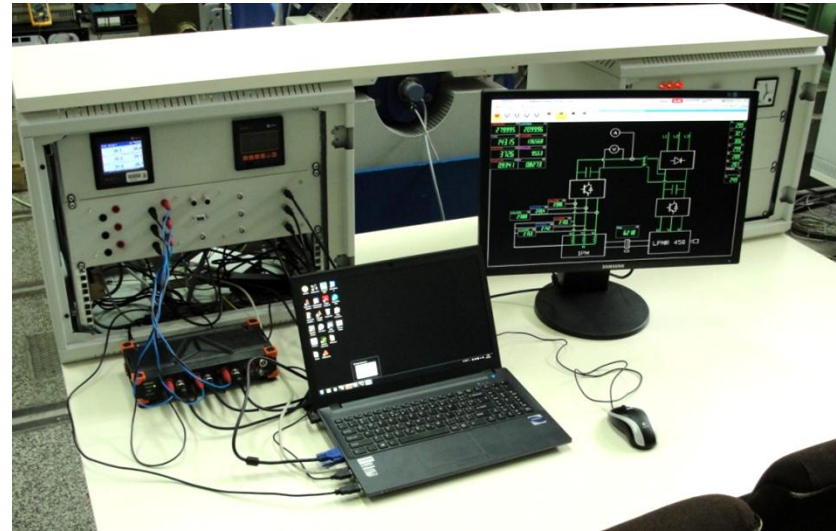
## • Mehaničke veličine

- mjerenje momenta na osovini: HBM T40, 3000 Nm, 0,05 %, + HBM TIM40 modul s LAN komunikacijom prema Dewesoft sustavu
- mjerenje kuta rotora i mehaničke brzine: Wachendorff inkrementalni enkoder, 2048 ppr, direktni spoj s Dewesoft Sirius HS sustava preko ulaza za brojač



# Ispitni pult

- ispitni pult je osmišljen na način da osigura sigurno vođenje ispitivanja stroja
- velika radna površina osigurava dovoljno mjesta za smještaj mjerne i pomoćne opreme
- svi signali s ispitivanog stroja dovedeni su na konektore na pultu i omogućuju brzo spajanje različitih akvizicijskih sustava
- na prednjoj ploči pulta ugrađeni su instrumenti za kontrolu temperature ispitivanog i opteretnog stroja
- ispitni pult je opremljen izolacijskim transformatorom koji se koristi za napajanje računala i mjerne opreme
- na bočnim stranama izveden je veći broj jednofaznih i trofaznih utičnica
- tipkalo za isklapanje u nuždi omogućuje brzi isklop ispitnog postolja



# Diseminacija

---

## RADNI PAKETI

- diseminacija rezultata (RP8)

# Internetska stranica projekta

<http://eltrac.fer.hr/eltrac>



**Eltrac** *Advanced Electric Drives for Traction Applications*

korisnik:  lozinka:

» eltrac Naslovnica Pretraživanje AAA 

**Naslovnica** »

Projekt ELTRAC

Ciljevi projekta

Projektni tim

Radni paketi

Kontakt

## NAPREDNI ELEKTROMOTORNI POGONI ZA PRIMJENE U VUČI (ELTRAC)

Projekt ELTRAC stavlja naglasak na razvoj naprednih elektromotornih pogona za primjenu u vuči za prijevoz putnika i tereta. Glavni cilj projekta je poboljšati pristup projektiranju elektromotornih pogona za primjene u vuči na način da se projektiranju komponenta pristupi sinergijski uz primjenu naprednih algoritama upravljanja.

### OBAVIJESTI

#### ELTRAC projekt je prezentiran na Danu Fakulteta elektrotehnike i računarstva

21.11.2014. u 20:03  
Uređeno: 10.12.2014. u 09:26



U petak, 21. studenog 2014. svečanom proslavom na FER-u obilježen je Dan Fakulteta elektrotehnike i računarstva Sveučilišta u Zagrebu. U sklopu svečanih aktivnosti bila je organizirana i poster sekcija na kojoj su bili prezentirani novi HRZZ i IPA projekti na FER-u, među kojima je i projekt ELTRAC.

Zlatko Hanić

[ Arhiva ]

Ovaj rad je financirala Hrvatska zaklada za znanost projektom broj IP-11-2013-7801



TRAŽILICA

REPOZITORIJI

-  Fakultet elektrotehnike i računarstva
-  Hrvatska zaklada za znanost
-  Sveučilište u Zagrebu

# Ostali oblici diseminacije

---

- znanstveni članci u časopisima i na međunarodnim i domaćim konferencijama
- predstavljanje rezultata projekta na javnim predavanjima i laboratorijskim demonstracijama
- nastupi u medijima (specijalizirani časopisi, televizija,...)

# Suradnja s gospodarstvom

---

Kroz rad na projektu s ciljem postizanja što boljih rezultata želimo surađivati s tvrtkama:

- KONČAR Distributivni i specijalni transformatori d.d.
- KONČAR Električna vozila d.d.
- KONČAR Elektronika i informatika d.d.
- KONČAR Generatori i motori d.d.
- KONČAR Institut za elektrotehniku d.d.
- KONČAR Mali električni strojevi d.d.
- Tvornica željezničkih vozila Gredelj d.o.o.
- Cognitio elektronika d.o.o.