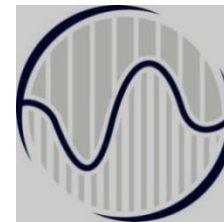
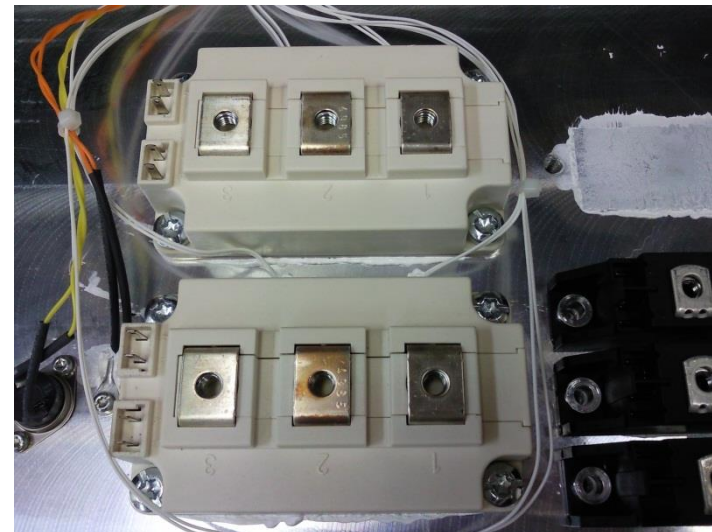
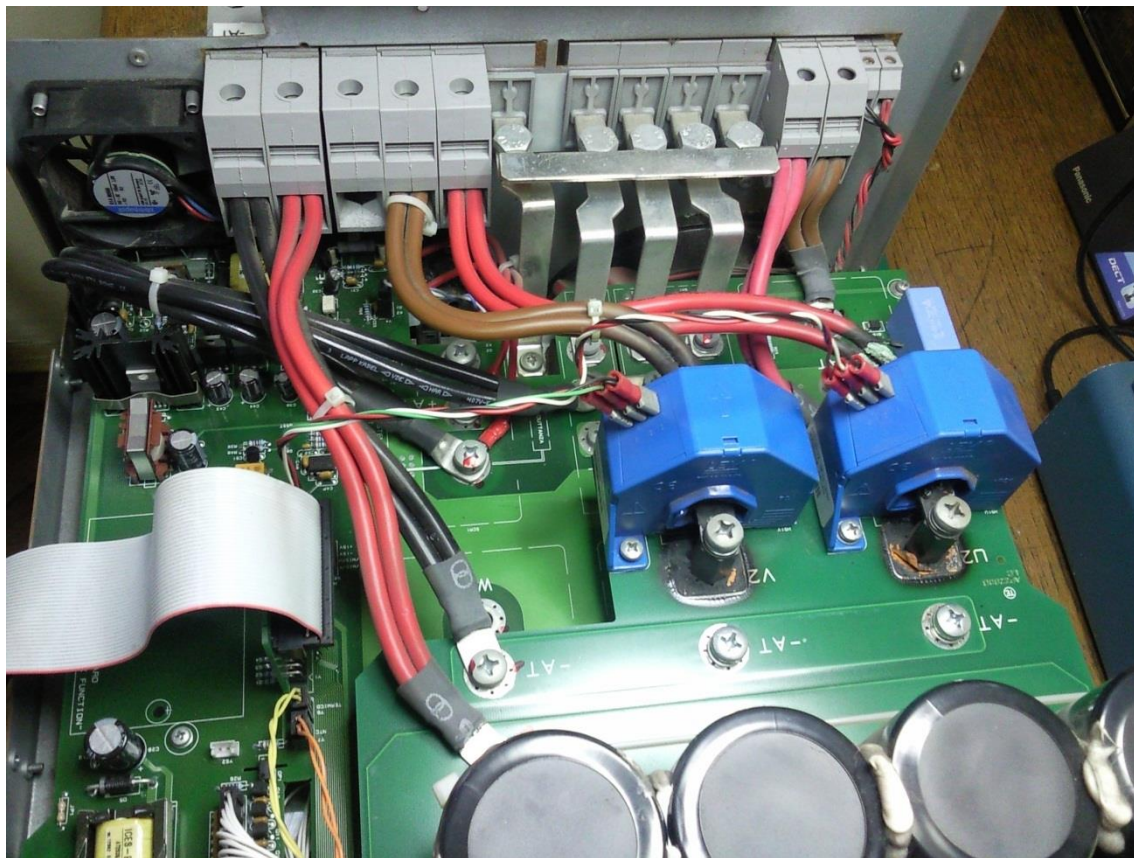


VISOKA ŠKOLA ELEKTROTEHNIKE I RAČUNARSTVA
STRUKOVNIH STUDIJA-VIŠER, BEOGRAD
STUDIJSKI PROGRAM: Elektrotehničko inženjerstvo
MASTER STUDIJE 2022/2023



PROJEKTOVANJE ELEKTRO-ENERGETSKIH PRETVARAČA (PE²P)



FOND ČASOVA : 3+0+2

VRSTA I NIVO STUDIJA: MASTER

BROJ POENA: 8 ESPB

STATUS PREDMETA: IZBORNI

PREDMETNI PROFESOR:

Dr Željko Despotović, dipl.el.inž.

STRUKTURA PREDMETA

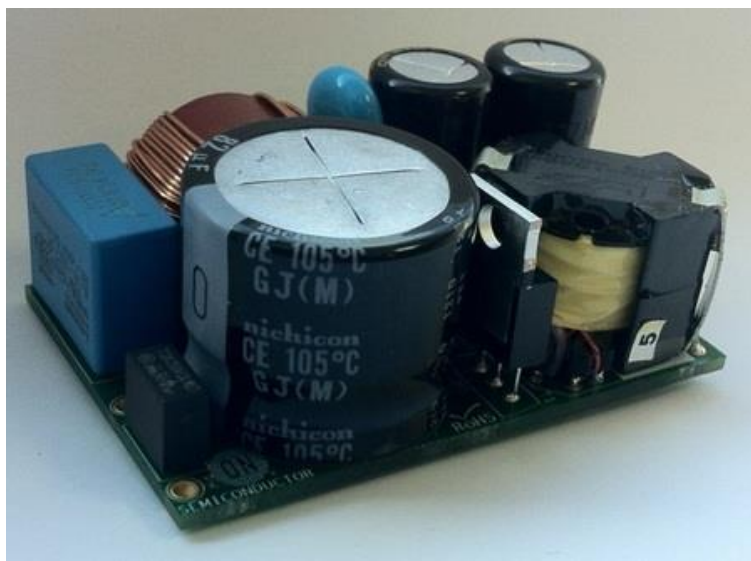
- Uvod; Osnovne pasivne i aktivne komponente u kolima energetskih pretvarača,
- Osnovne topologije energetskih pretvarača (AC/AC, AC/DC, DC/DC, DC/AC)
- Osnovni principi i klasifikacija tehnika fazne regulacije tiristorskih mrežom vođenih pretvarača
- Principi, vrste i klasifikacija tehnika širinsko-impulsne modulacije (PWM) prekidačkih pretvarača
- Osnovne upravljačke strukture energetskih pretvarača
- Projektovanje pasivnih komponenti energetskih pretvarača (prigušnice, transformatori, baterije kondenzatora, impulsni transformatori)
- Projektovanje tiristorskih, mrežom vođenih energetskih pretvarača
- Projektovanje tranzistorskih energetskih pretvarača baziranih na osnovnim topologijama
- Projektovanje mernih, pobudnih i regulacionih kola energetskih pretvarača
- Projektovanje sistema energetskih pretvarača
- Projektovanje energetskih pretvarača za korekciju faktora snage-osnovni principi,
- Izračunavanje gubitaka snage i termički proračuni energetskih pretvarača
- Modeliranje i projektovanje pasivnih sistema za hlađenje energetskih pretvarača
- Modeliranje i projektovanje aktivnih sistema za hlađenje elektroenergetskih pretvarača
- Osnovni proračuni pouzdanosti energetskih pretvarača

PROJEKTOVANJE PASIVNIH KOMPONENTI



INDUKTIVNE -MAGNETNE

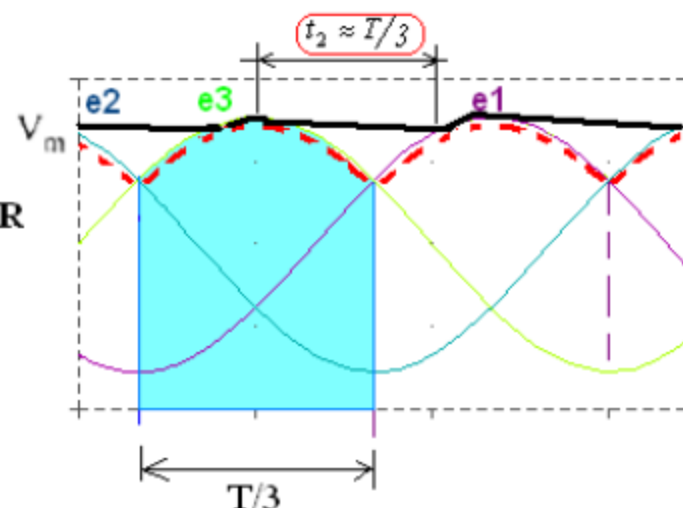
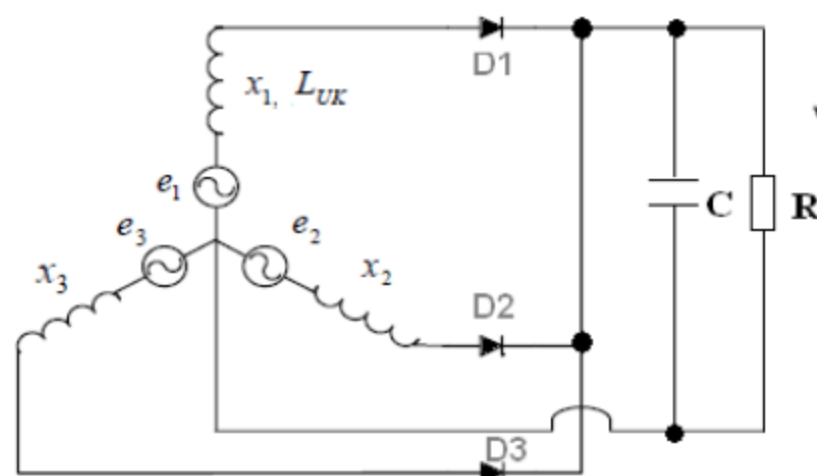
- prigušnice
- mrežni transformatori
- impulsni transformatori
- filtri
- spregnuti kalemovi
- RSO filtri



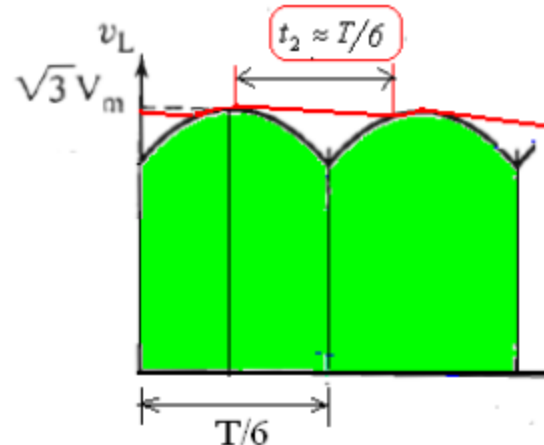
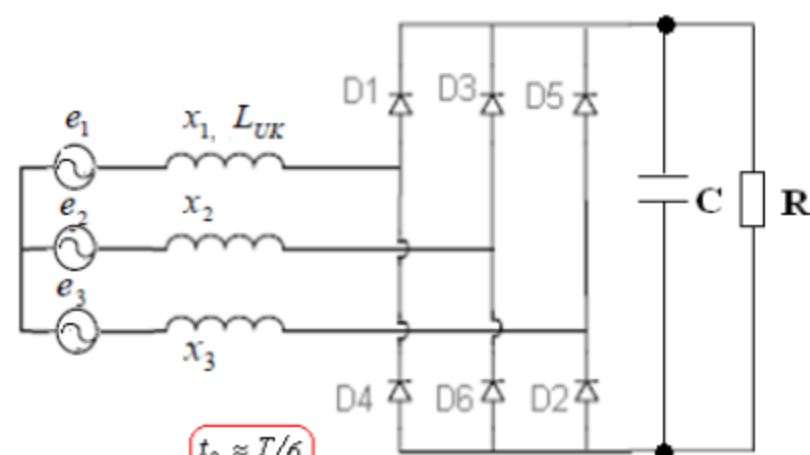
KAPACITIVNE

- elektrolitski kondenzatori
- keramički
- metal/film
- stiroflex
- LC i RC filtri

TROFAZNI ISPRAVLJAČI (IZBOR KAPACITIVNOG FILTRA) - rekapitulacija

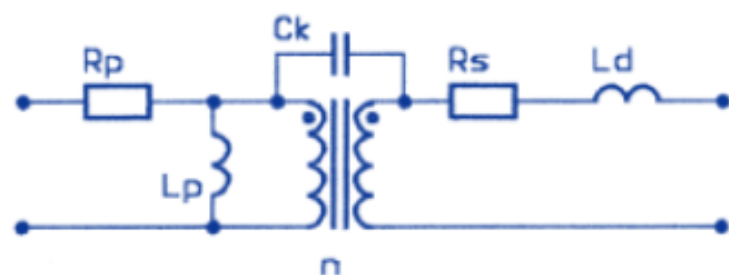


$$\Delta V = V_m \cdot \frac{t_2}{RC} = V_m \cdot \frac{T}{3RC} = V_m \cdot \frac{1}{3fRC} \quad V_{DC} = V_m - \frac{\Delta V}{2} = V_m - \frac{V_m}{6fRC} = V_m \cdot \frac{6fRC - 1}{6fRC} \quad \frac{\Delta V}{V_{DC}} = 2 \cdot \frac{1}{6fRC - 1}$$



$$\Delta V = V_m \cdot \frac{t_2}{RC} = V_m \cdot \frac{T}{6RC} = V_m \cdot \frac{1}{6fRC} \quad V_{DC} = V_m - \frac{\Delta V}{2} = V_m - \frac{V_m}{12fRC} = V_m \cdot \frac{12fRC - 1}{12fRC} \quad \frac{\Delta V}{V_{DC}} = 2 \cdot \frac{1}{12fRC - 1}$$

MODEL IMPULSNOG TRANSFORMATORA



n - prenosni odnos transformatora

$\int u dt$ - fluks u jezgri tj. dozvoljeni $V\mu s$

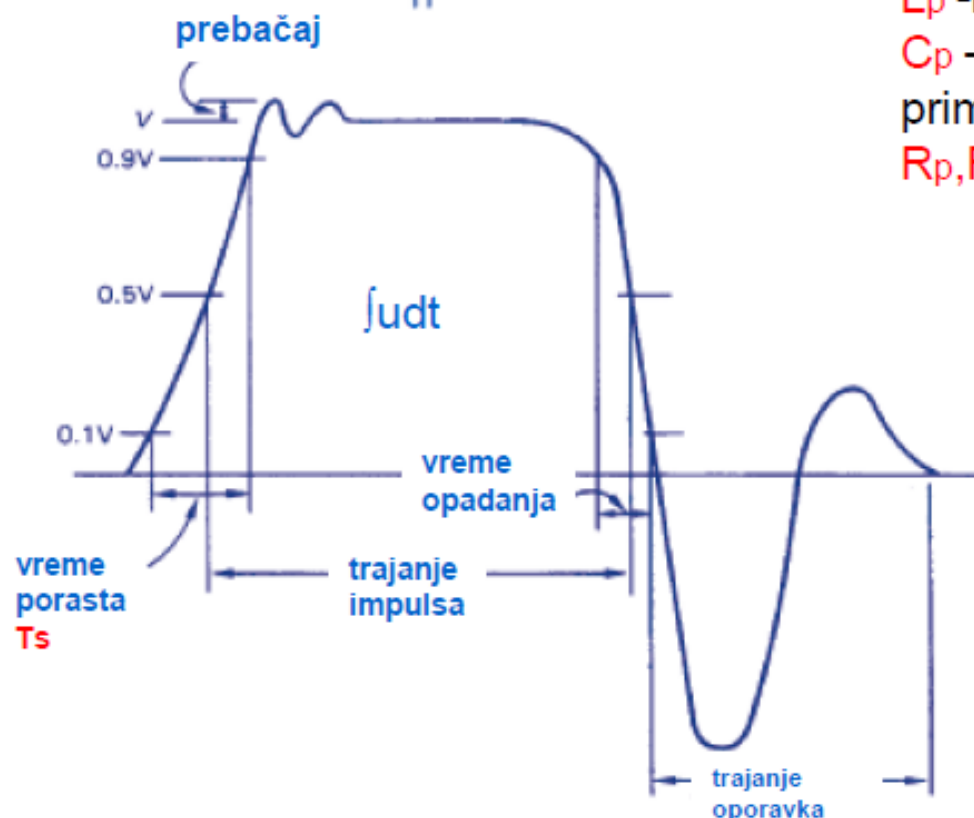
T_s - vreme porasta

I_p - vršna vrednost pobudne struje

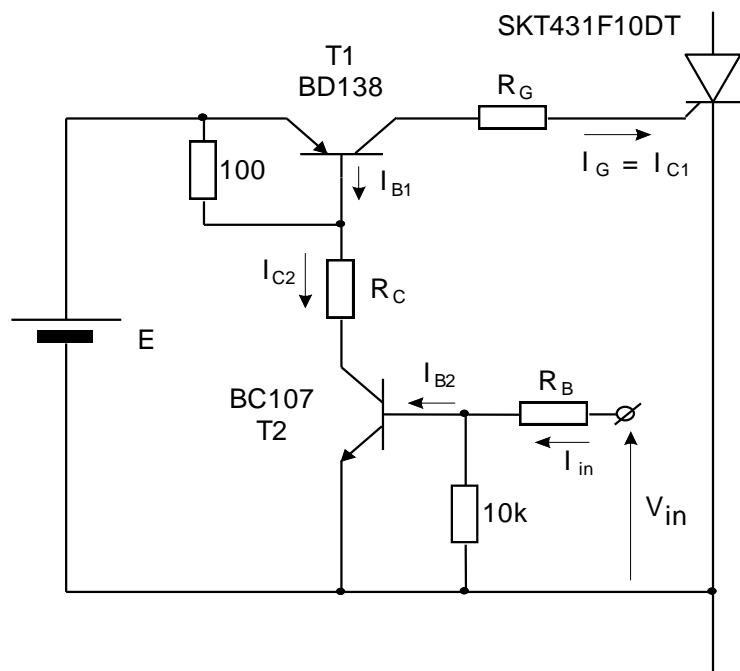
L_p -induktivnost primara

C_p -sprežna kapacitivnost između primara i sekundara

R_p, R_s - otpornosti primara i sekundara



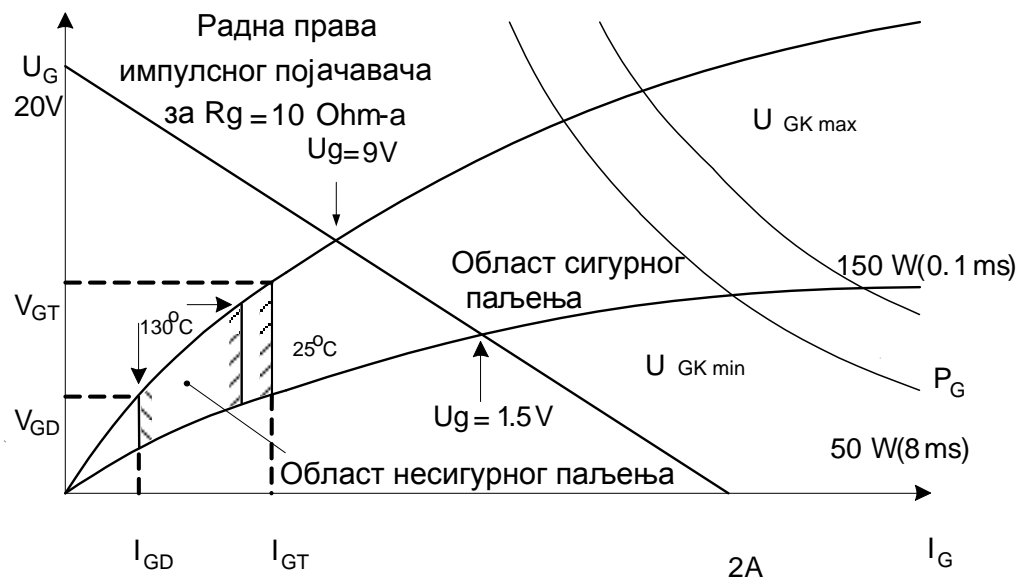
POBUDNA TIRISTORSKA (SCR) KOLA



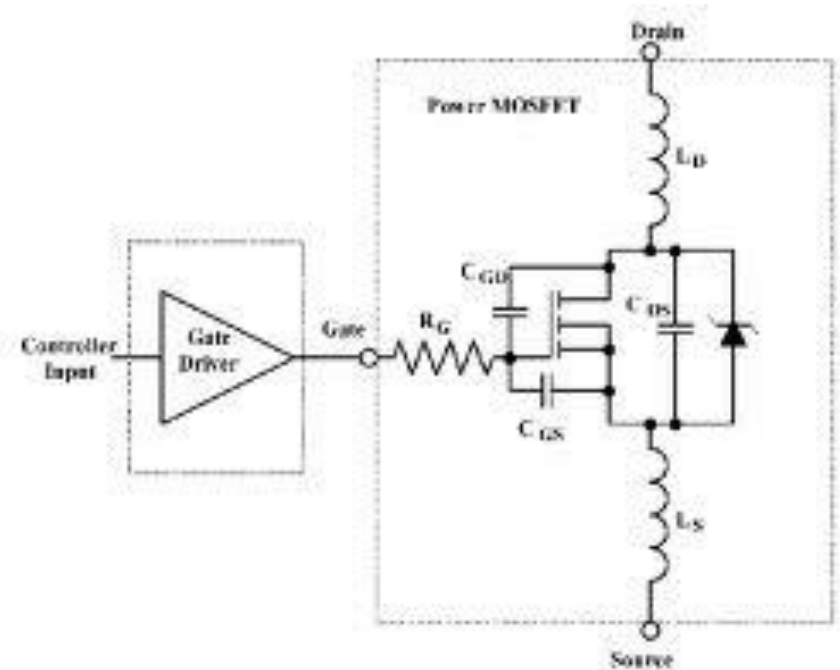
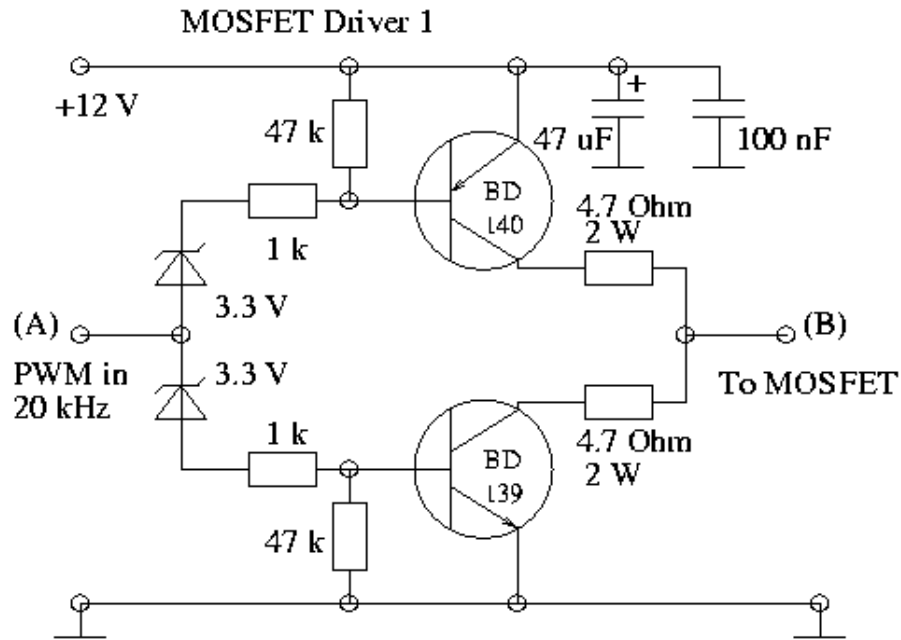
SCR- Silicon Controlled Rectifier

Uključenje tiristora preko gejtа

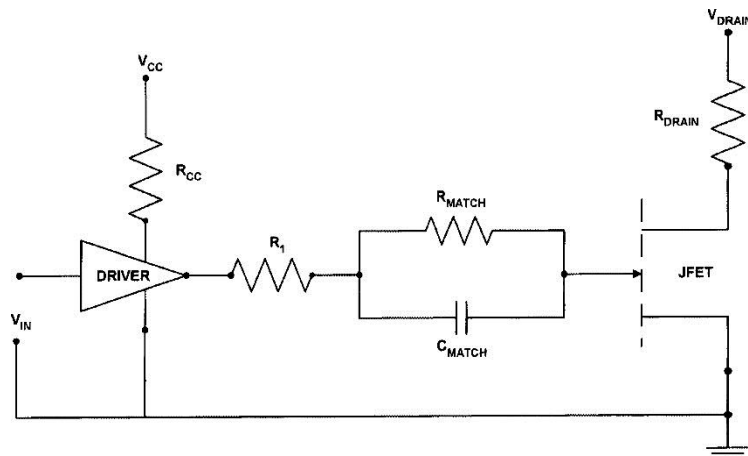
Isključenje PRIRODNO (prolaskom struje kroz nulu)



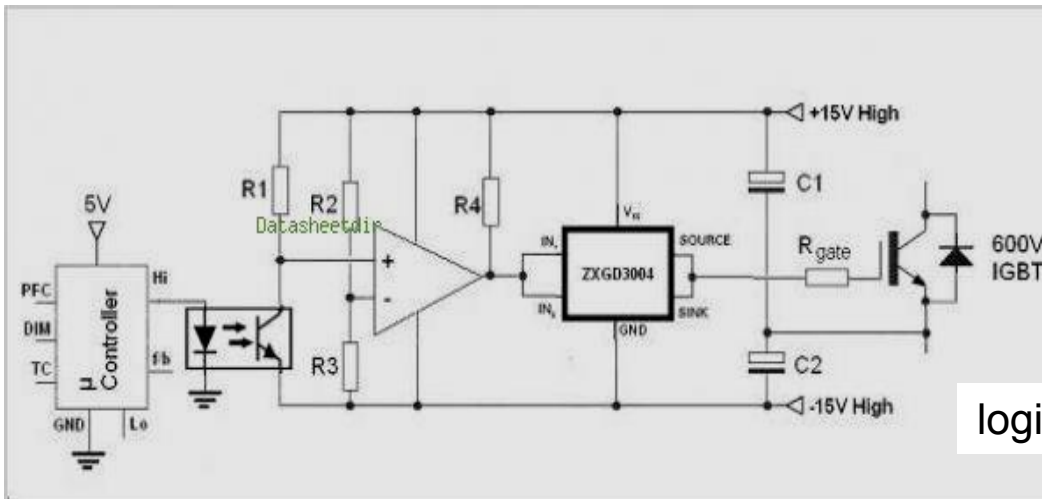
MOSFET pobudna kola



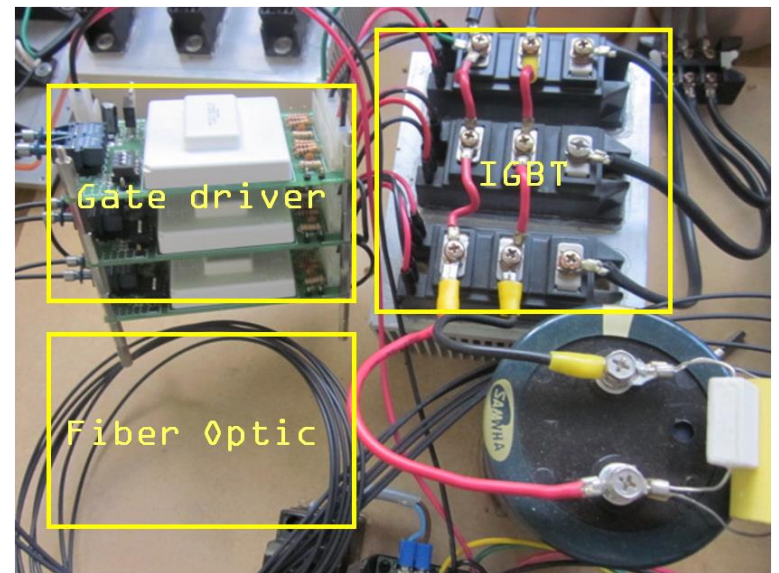
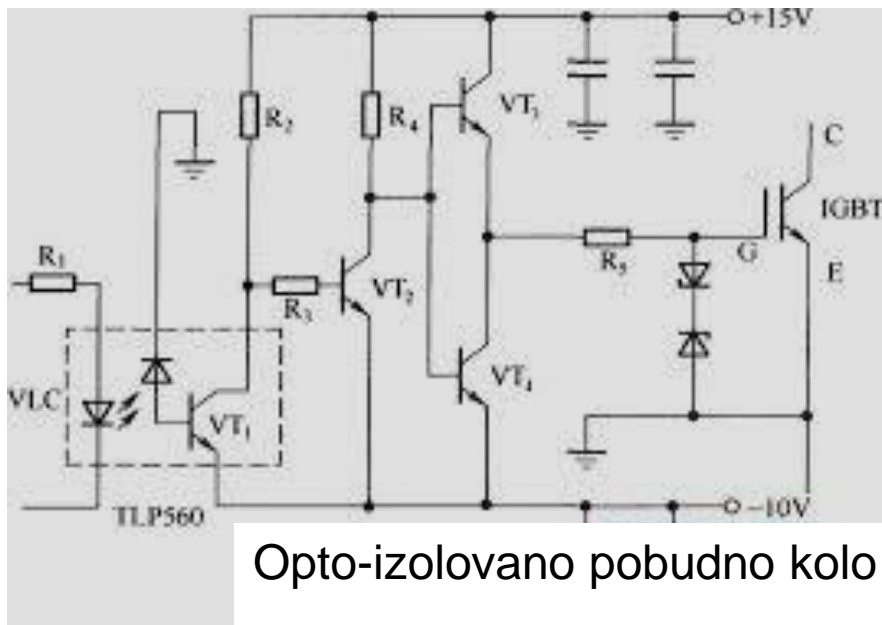
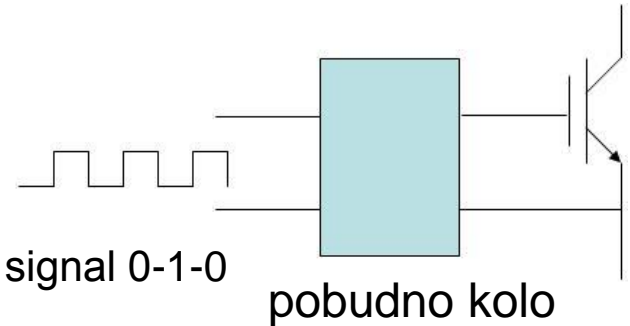
MOSFET- Metal Oxid Semiconductor
Field Effect Transistor



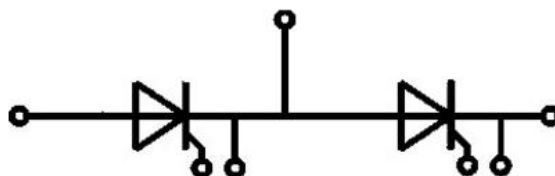
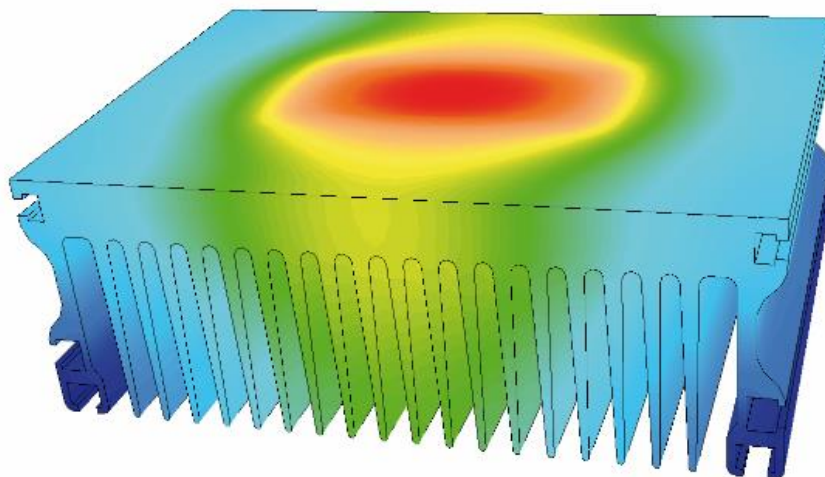
POBUDNA (drajverska) IGBT KOLA



IGBT-Insulated Gate Bipolar Transistor

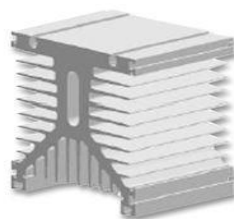


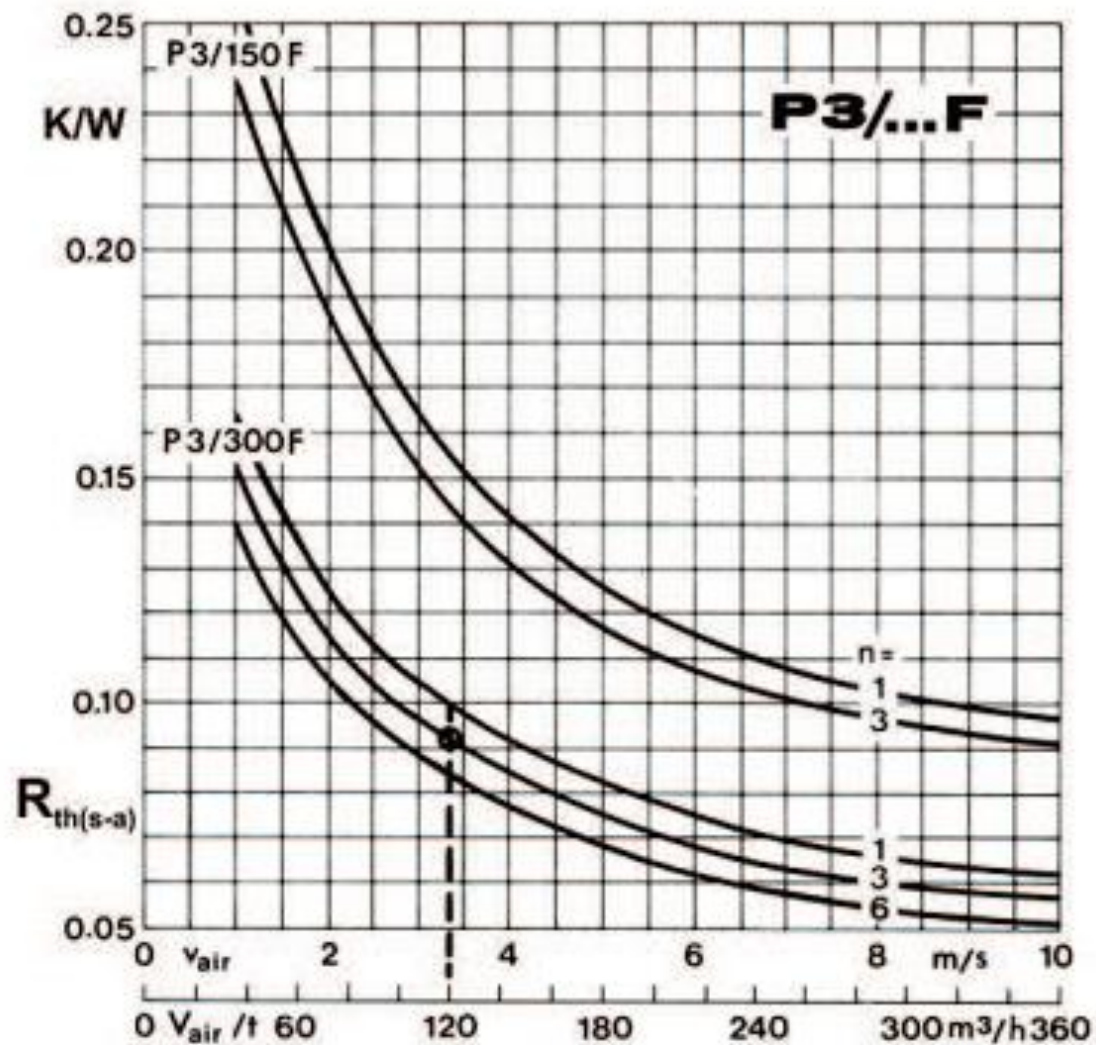
TERMIČKI PRORAČUNI ENERGETSKIH PRETVARAČA



-Dimenzionisanje sistema
hlađenja energetskih pretvarača:

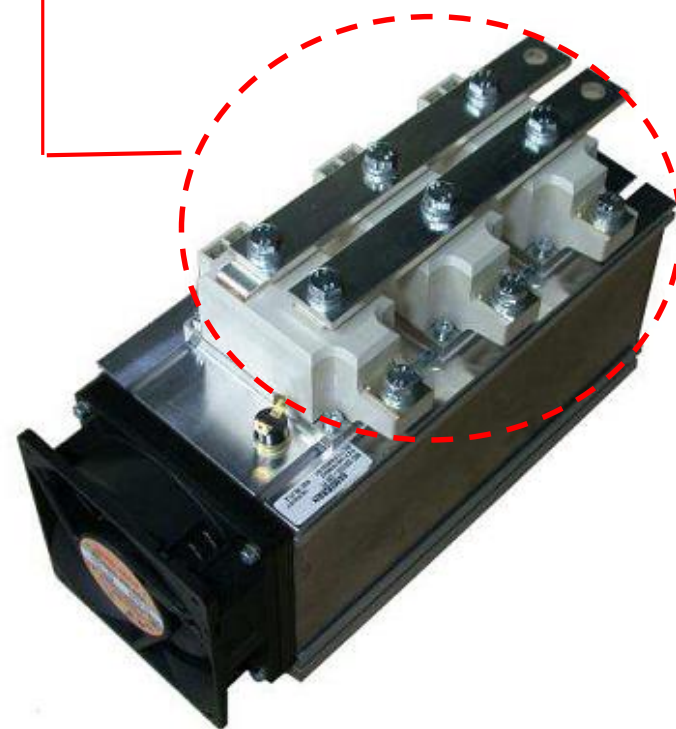
-Pad napona 1V, struja 200A,
DISIPACIJA 200W!!! po jednom
elementu, a ako ih ima 6, onda je
to $6 \times 200\text{W} = 1.2\text{kW}$ gubici!!!



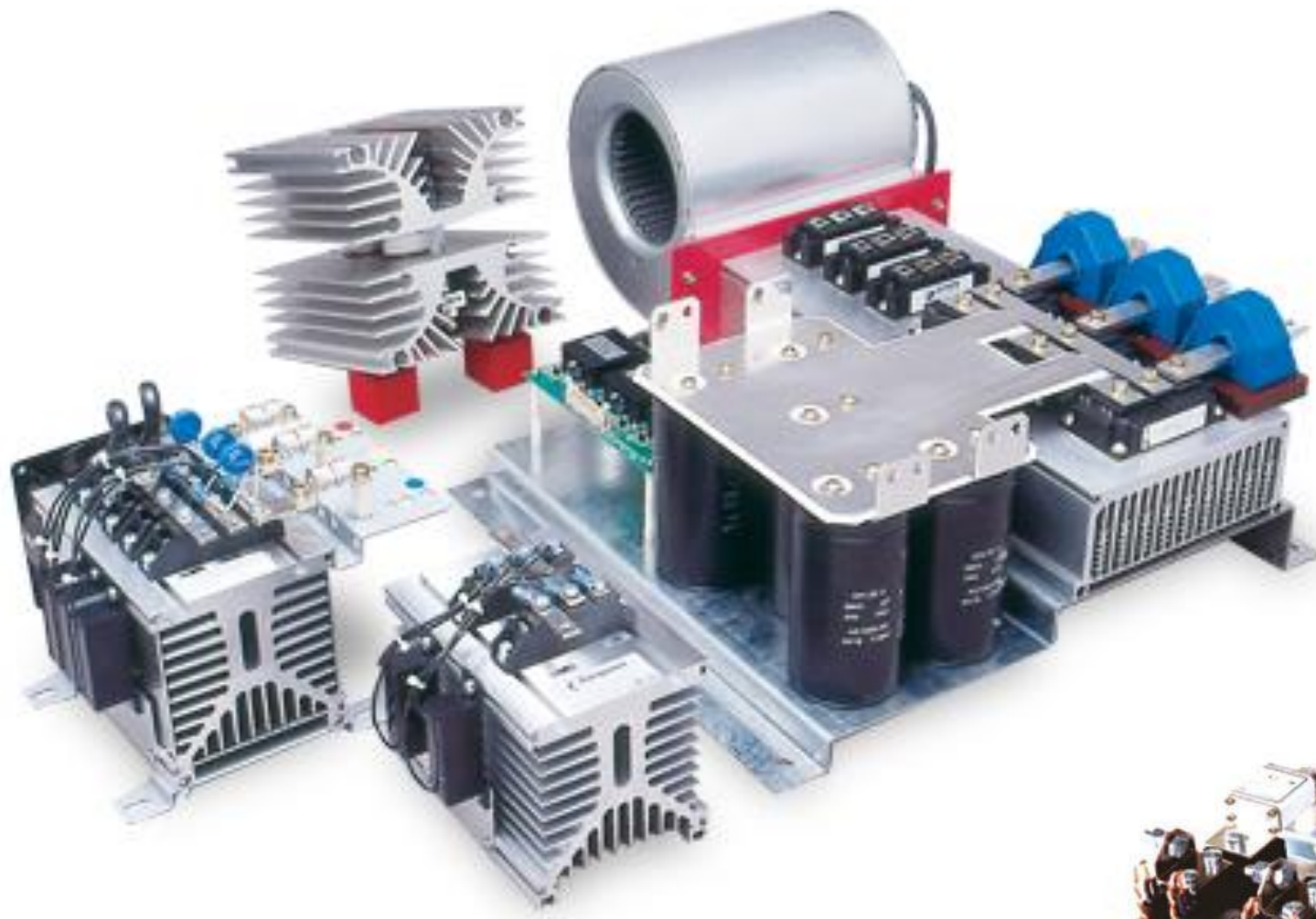


Za profil hladnjaka
300mm dužine i za slučaj
montaže tri izvora toplote
($n=3$) dobija se termička
otpornost

$$R_{th(s-a)} = 0.093 \text{ K/W}$$



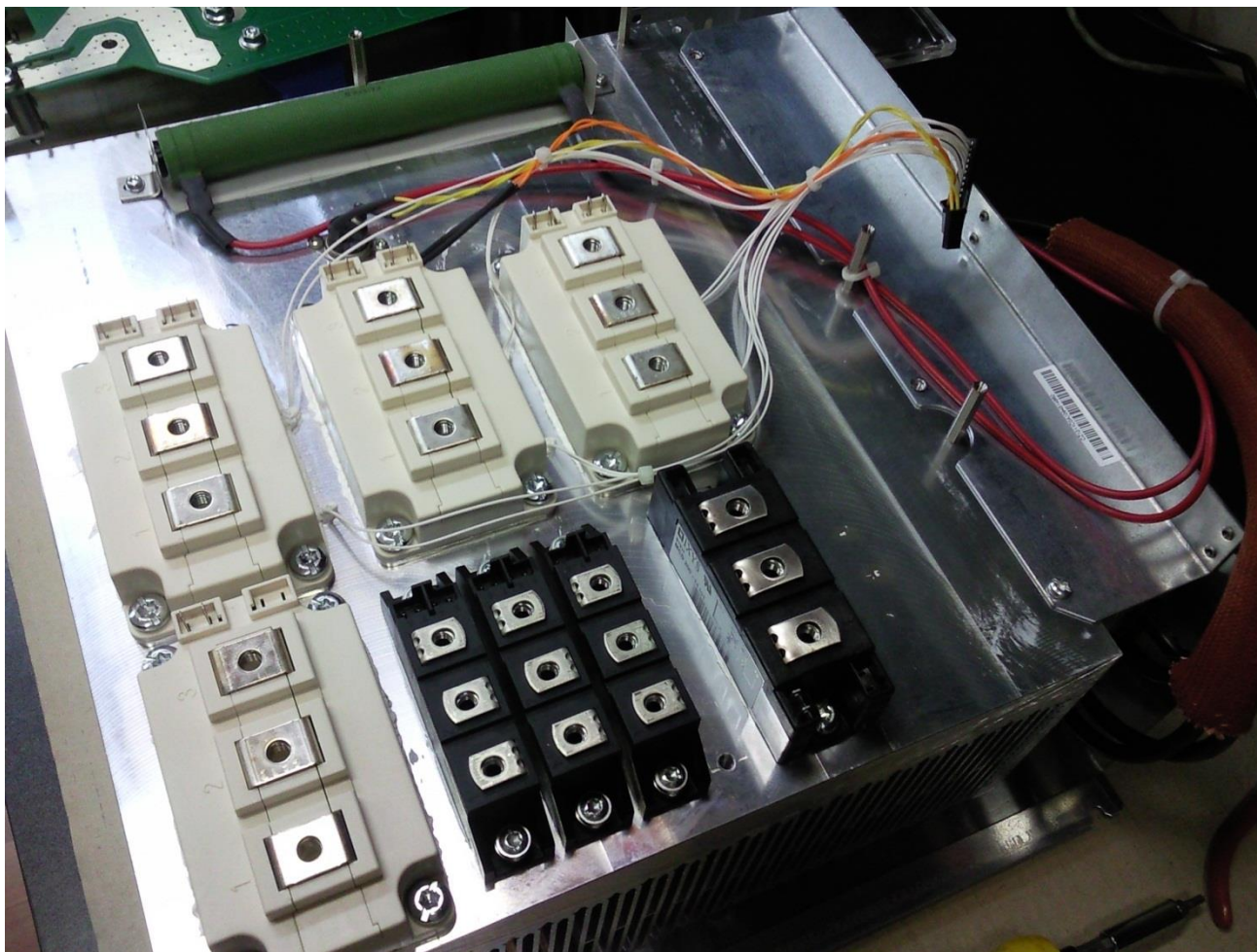
P3/300F



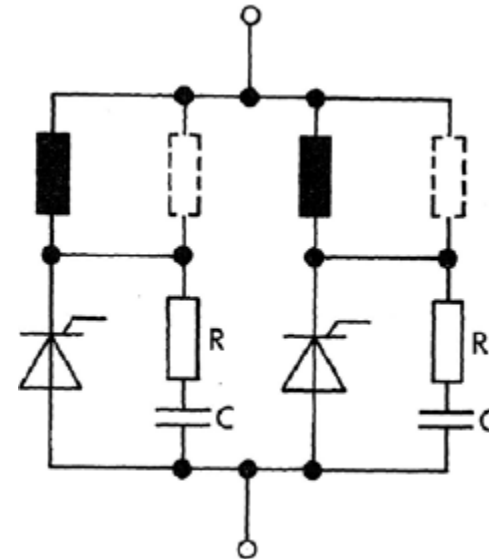
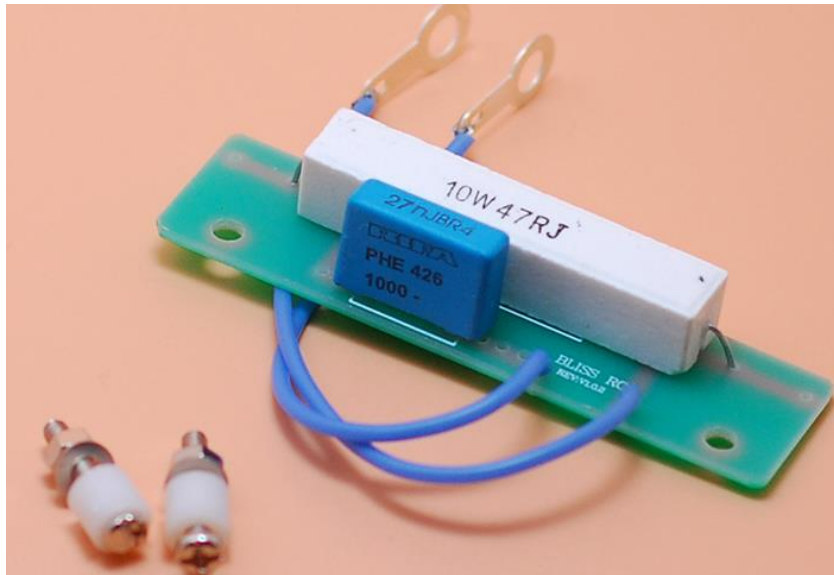
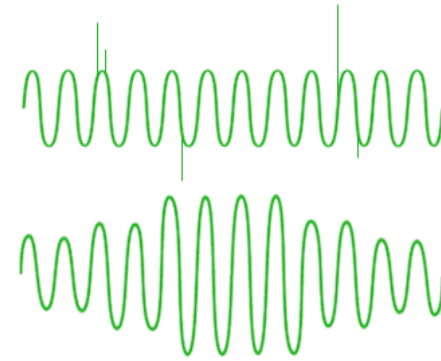
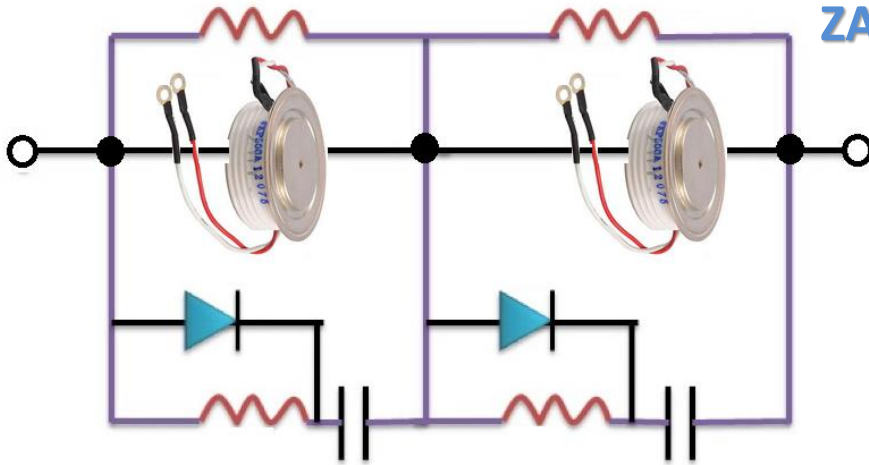
PROJEKTOVANJE SISTEMA ZA FORSIRANO VAZDUŠNO HLAĐENJE



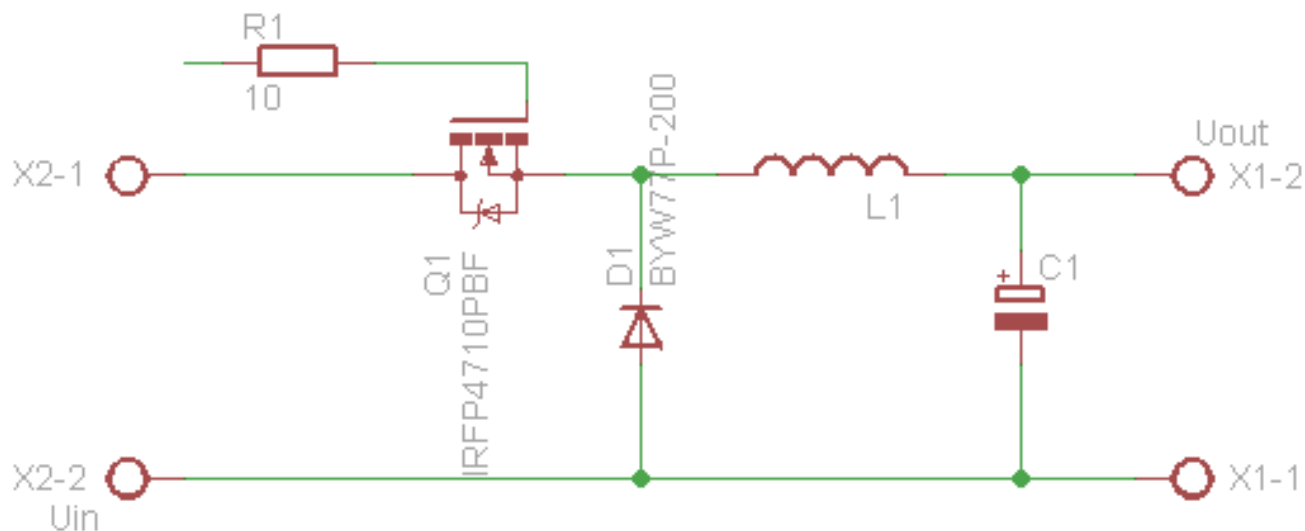
MONTAŽA ENERGETSKIH MODULA NA ZAJEDNIČKI HLADNJAK



DIMENSIONISANJE PRENAPONSKE ZAŠTITE POLUPROVODNIČKIH PREKIDAČA

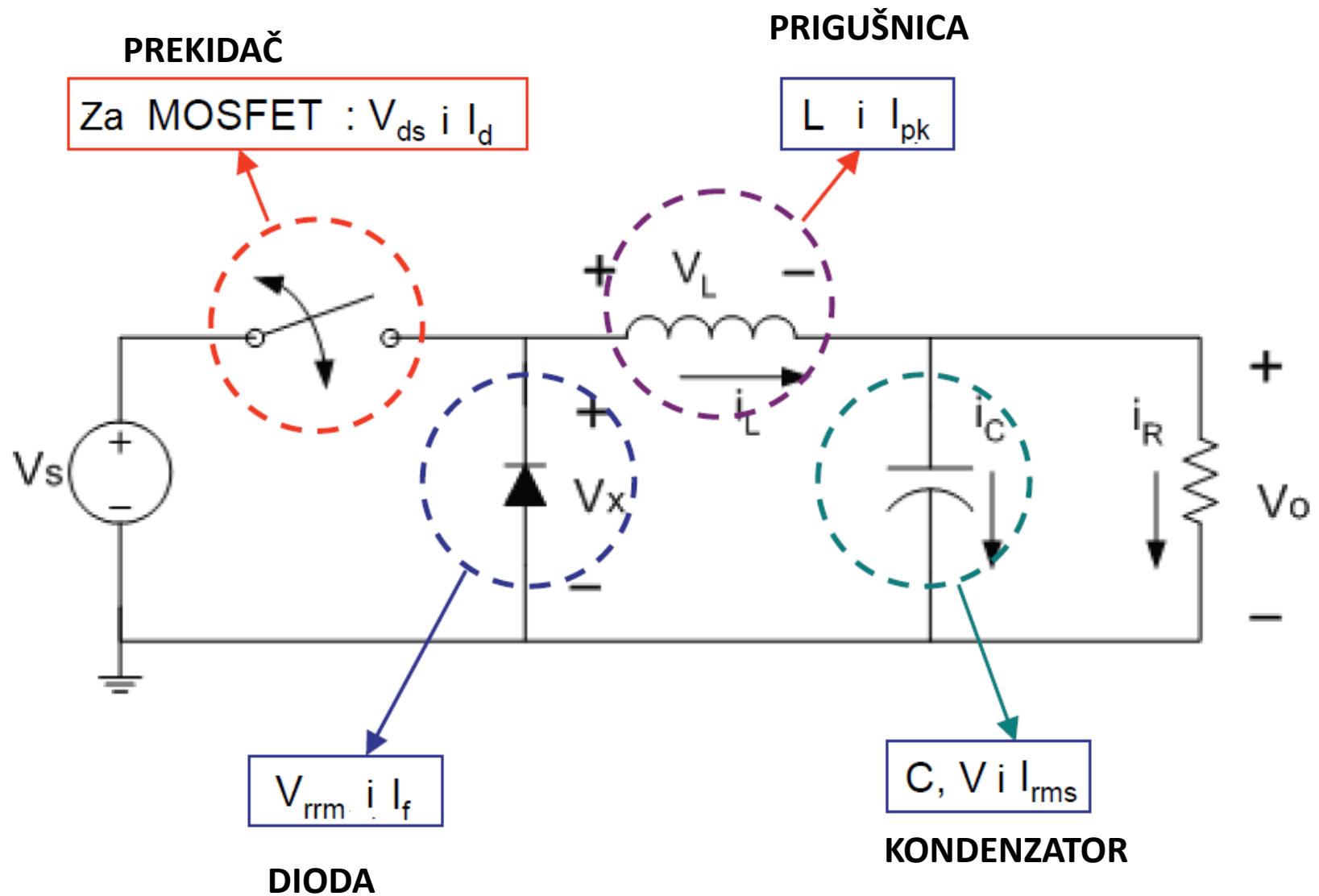


DIMENSIONISANJE DC-DC PRETVARAČA SPUŠTAČA NAPONA („Step-Down“ Pretvarač)



Predmetni profesor: Dr Željko Despotović, dipl.el.inž.

DIMENZIONISANJE PRETVARAČA (Šta se ustvari dimenzioniše?)



PRIMER ZA VEŽBU:

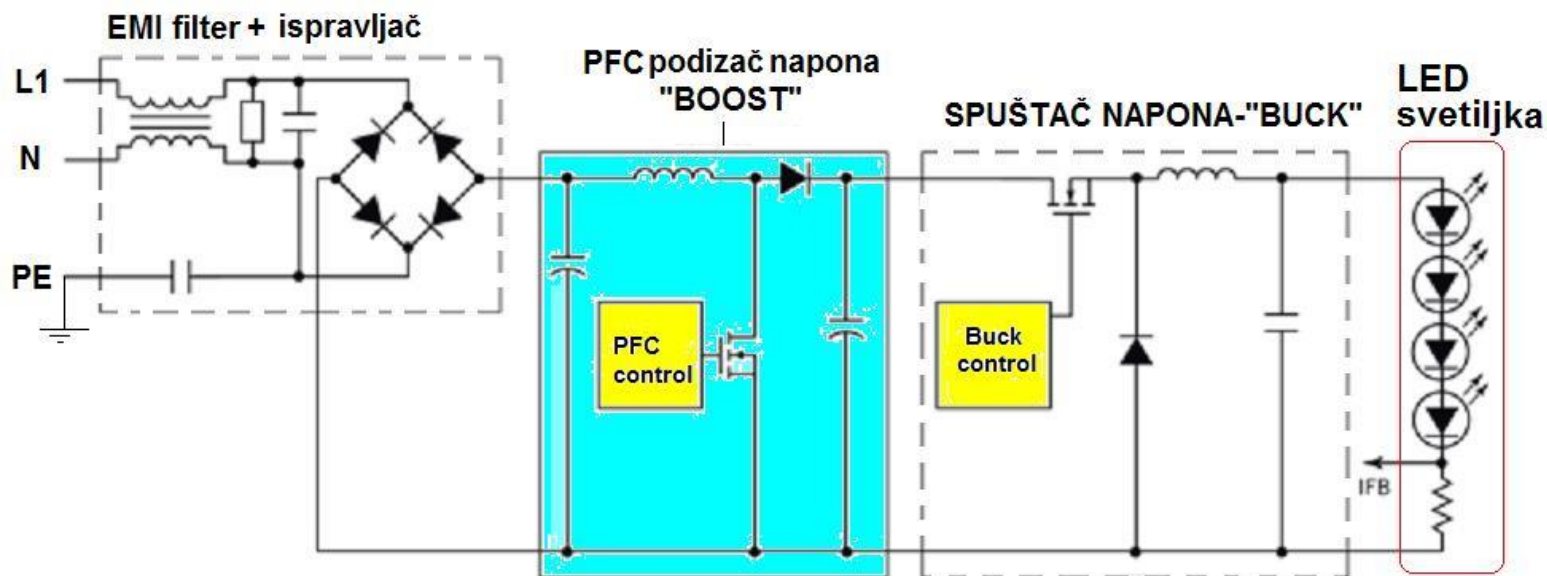
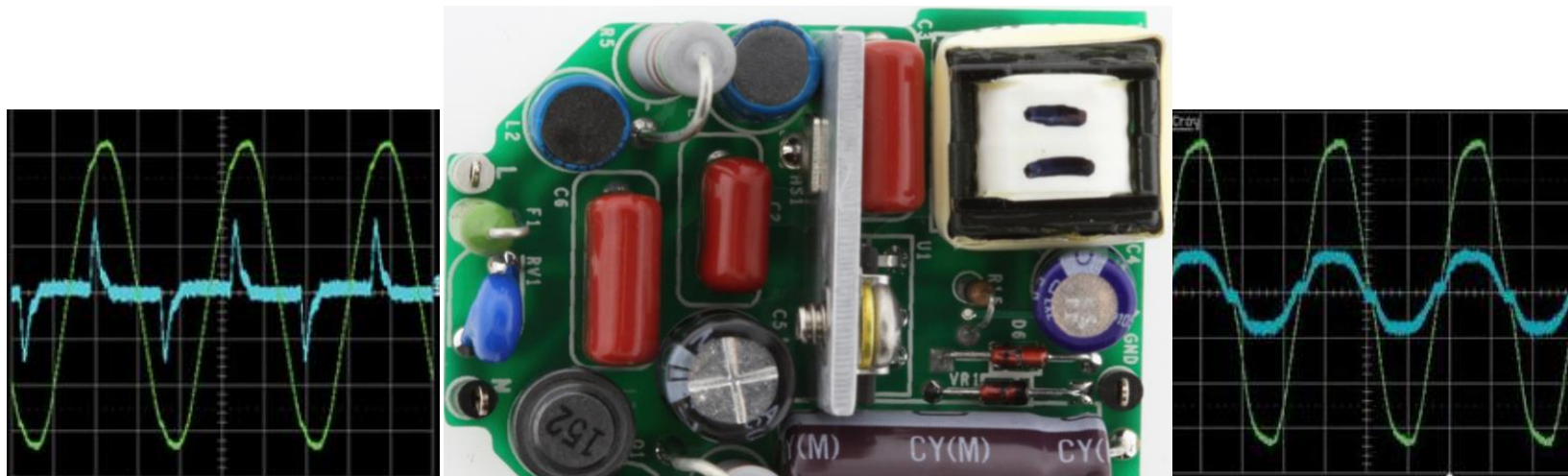
- Spuštač napona
24V/12V
- $P_{out}=120W$
- $f=250kHz$
- 1. talasnost struje < 10%

talasnost napona < 2%

**Dimenzionisati
komponente pretvarača
uzimajući u obzir
gubitke?**



DIZAJN DC-DC PODIZAČA NAPONA I NJEGOVA PRIMENA U KOLIMA ZA KOREKCIJI FAKTORA SNAGE



- KOREKCIJOM FAKTORA SNAGE SE POSTIŽU SLEDEĆI POZITIVNI EFEKTI:

+POVEĆANJE

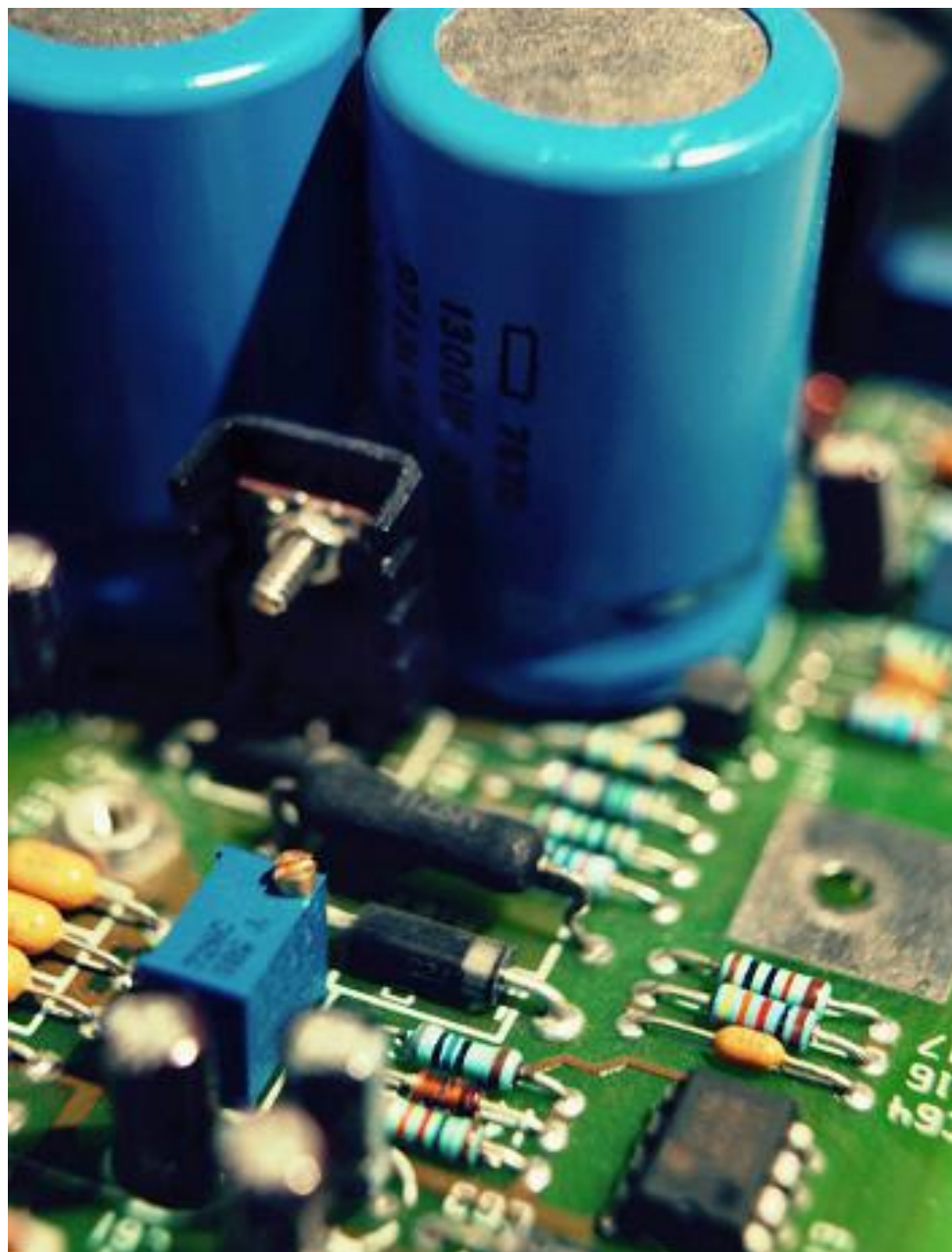
EFIKASNOSTI NAPOJNE MREŽE

+REDUKCIJA

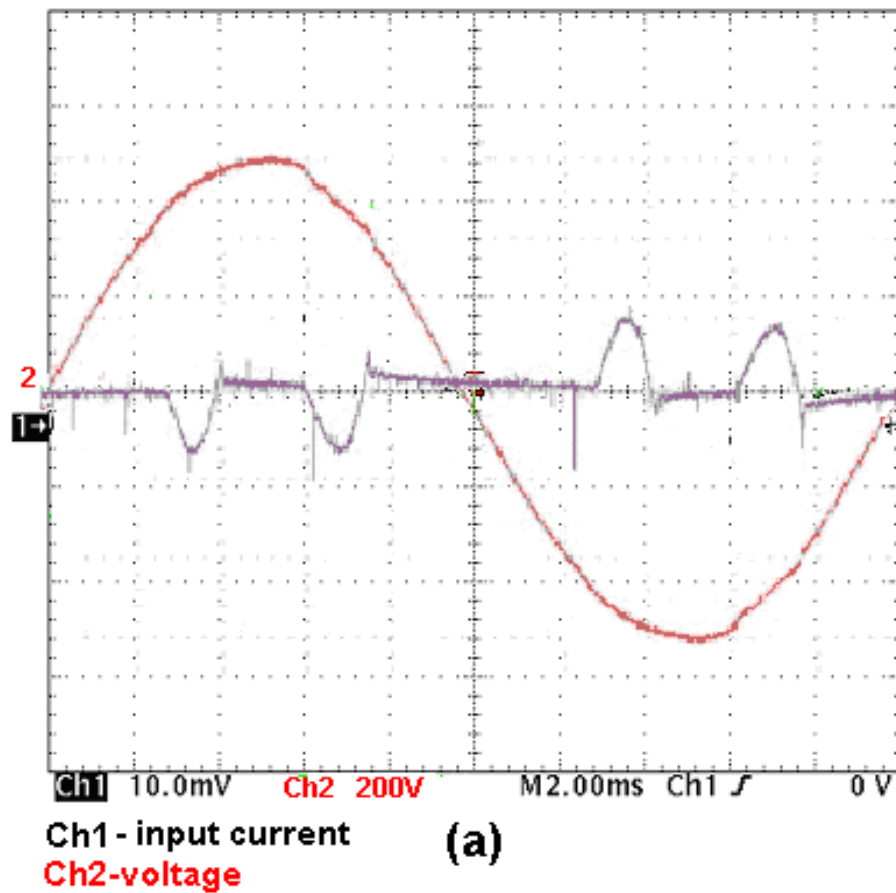
**“ZAGAĐENJA” NAPOJNE
MREŽE ŠTETNIM
HARMONICIMA**

- U VEĆINI ZEMALJA U SVETU SU USVOJENI STANDARDI ZA PFC : IEC 555, IEC61000, EN6055, IEEE 519, itd.
- U BUDUĆNOSTI TREBA OČEKIVATI USVAJANJE OVIH STANDARDA I KOD NAS

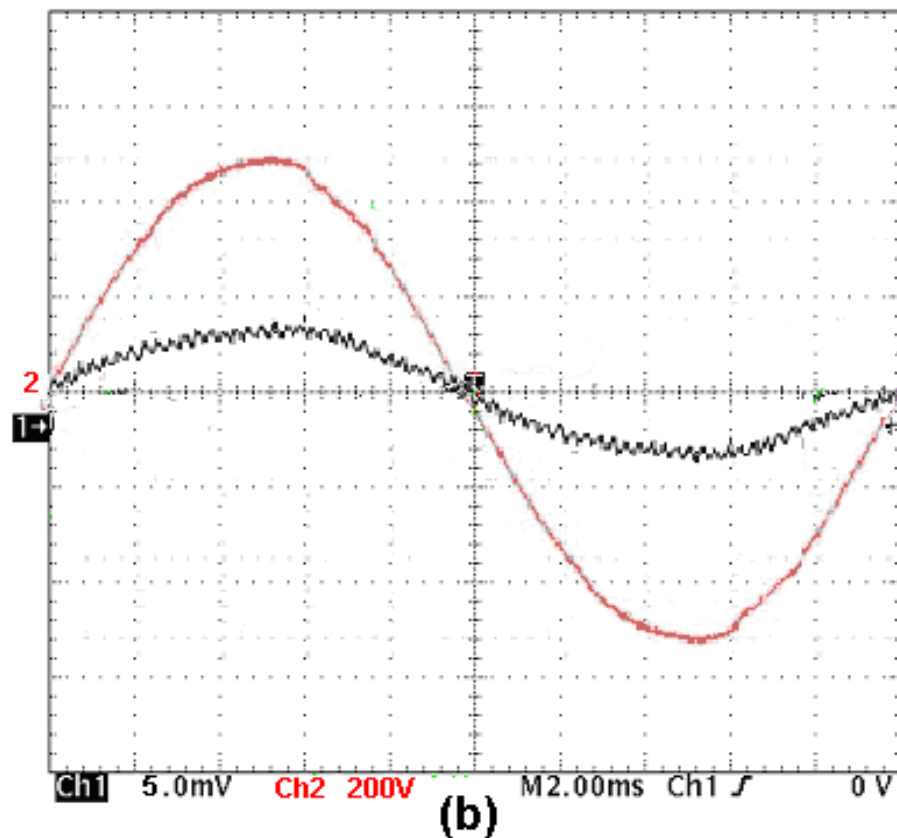
**DOBAR RAZLOG I
MOTIV ZA
PROUČAVANJE OVIH
NAPAJANJA I ZA
STICANJE ZNANJA IZ
OVE OBLASTI!!!!!!!**



TALSNİ OBLICI ZA TROFAZNI PFC



(a)- BEZ KOREKCIJE
FAKTORA SNAGE



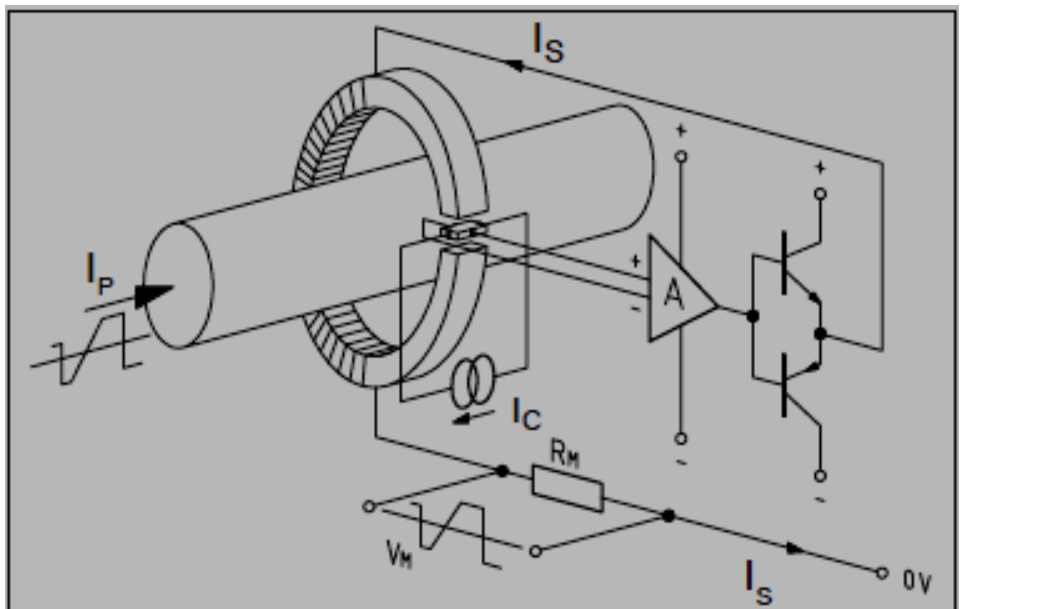
(b) – SA KOREKCIJOM
FAKTORA SNAGE

SENZORI I PRILAGODNA ELEKTRONSKA KOLA

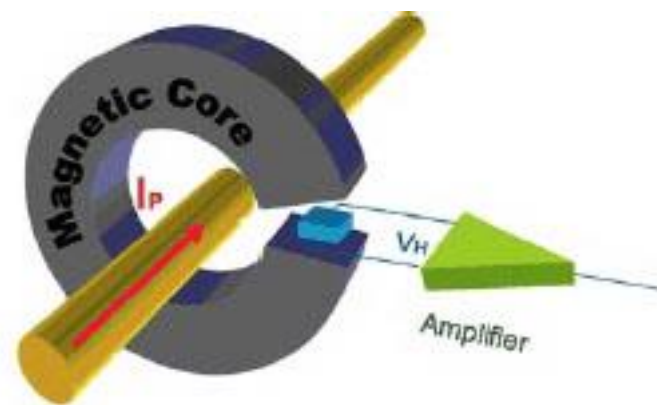
- Merenje napona (naponski LEM)
- Merenje struje (strujni LEM)



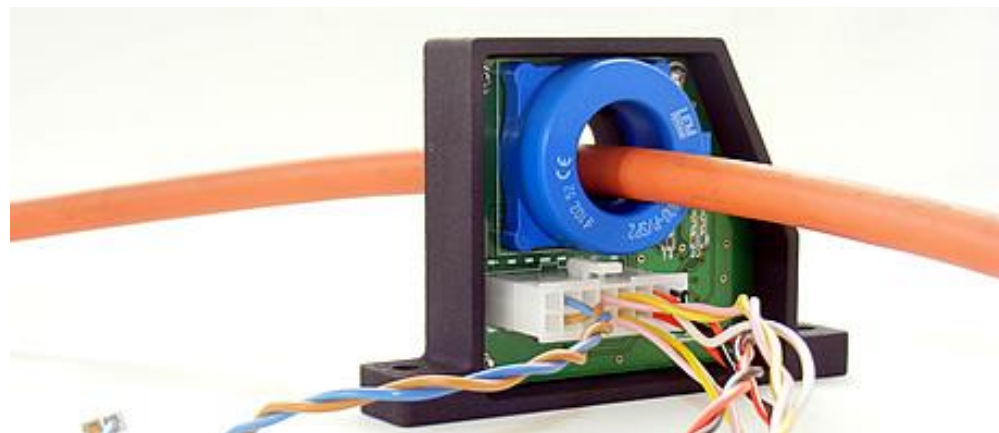
STRUJNI LEM-modul



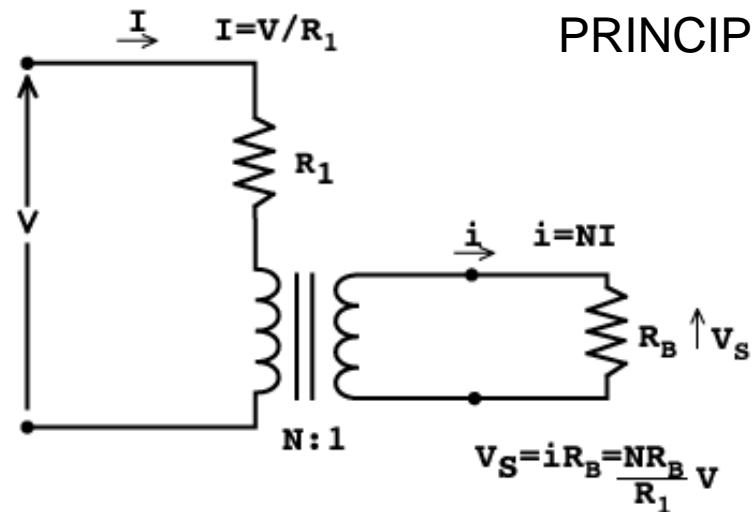
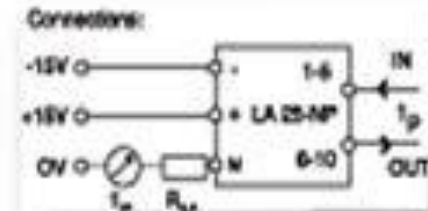
kompenzovani



nekompenzovani



NAPONSKI LEM-modul



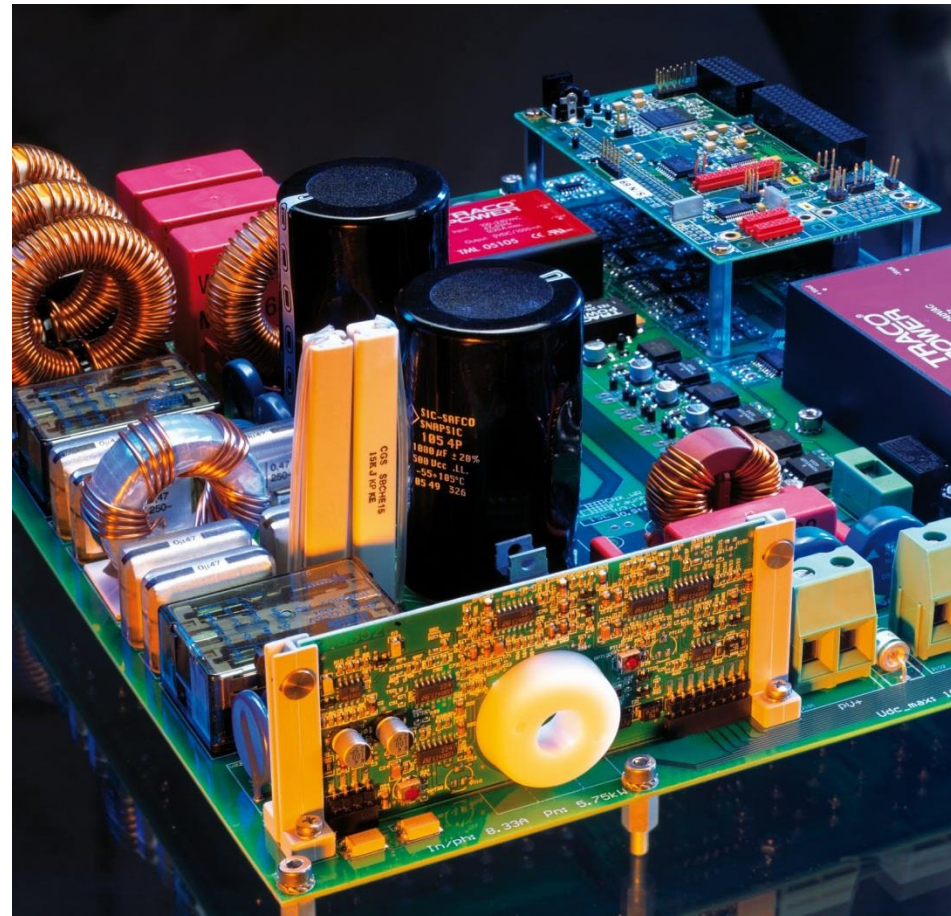
OBRAZOVNI CILJ PREDMETA

- Sticanje znanja o naprednim tehnikama projektovanja energetskih pretvarača i njihovih pripadajućih upravljačkih kola.
- Osposobljavanje studenata za termičko modelovanje, proračune i sisteme za hlađenje energetskih pretvarača.
- Sticanje znanja o mernim tehnikama u E²P.



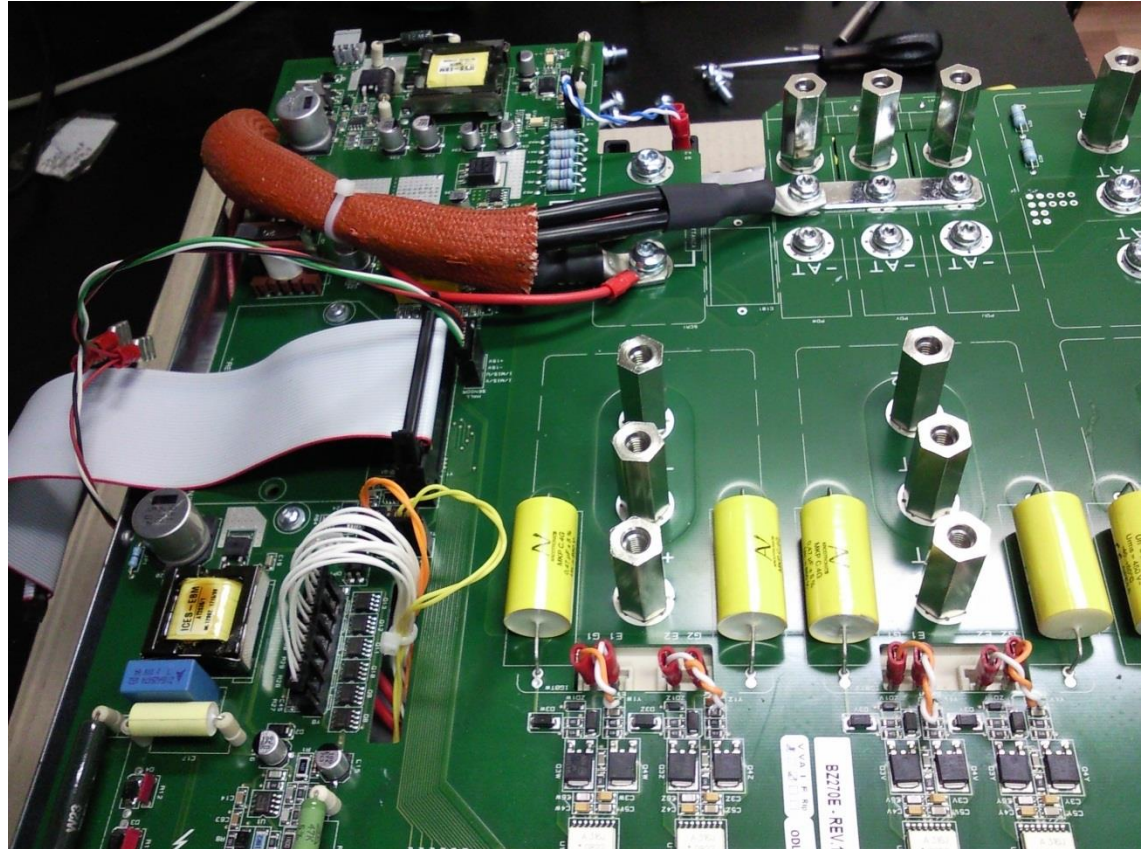
ISHODI KURSA

- Studenti će biti upoznati sa osnovama projektovanja energetskih pretvarača
- Biće osposobljeni za samostalno projektovanje glavnih kola snage i upravljačkih kola energetskih pretvarača.
- Studenti će biti osposobljeni da svoja znanja primene u konkretnim industrijskim sistemima.



METODE IZVOĐENJA NASTAVE

- Predmet se izvodi predstavljanjem teoretskih principa rada i projektovanja na predavanjima,
- Simulacionim vežbama i kroz praktičan rad u laboratoriji
- Na kraju se predviđa i samostalan rad /seminarski rad na izradi zadatog projekta



OCENA ZNANJA (MAX broj poena 100)

| PREDISPITNE OBAVEZE | POENA | ZAVRŠNI ISPIT | POENA |
|-----------------------------------|--------------|----------------------|--------------|
| AKTIVNOST U TOKU PREDAVANJA | 10 | PISMENI ISPIT | 50 |
| PRAKTIČNA NASTAVA i DOMAĆI ZADACI | 10 | USMENI ISPIT | 50 |
| KOLOKVIJUMI (Ik i IIk) | 35+35 | | |
| SEMINARSKI | 10 | | |

**UKOLIKO SU ISPUNJENE SVE PREDISPITNE OBAVEZE
I POLOŽENA
OBA KOLOKVIJUMA
STUDENTI SE OSLOBAĐAJU ZAVRŠNOG ISPITA!!!!**

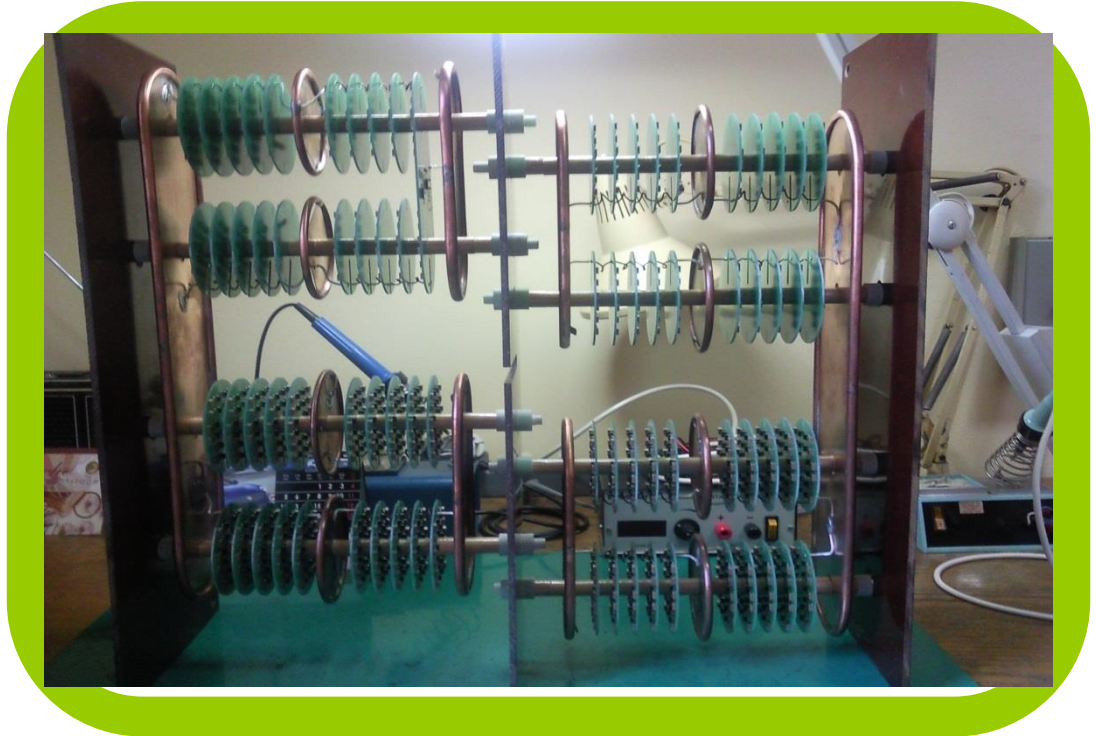
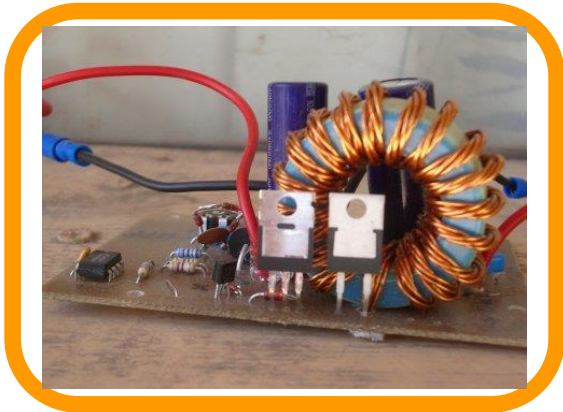


Materijali za polaganje ispita (literatura)

Pored predavanja i vežbi , neophodna je i literatura, koja bi se obzirom na zahteve kursa, mogla klasifikovati kao:

- Ned Mohan, Tore M. Undeland, William P. Robbins, *Power electronics : converters, applications, and design*, 3rd ed. , Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2003.
- Muhammad H. Rashid, *Power Electronics*, Circuits, Devices and Applications, 3rd ed., Upper Saddle River, NJ: Pearson Education, 2003.
- John G. Kassakian, Martin F. Schlecht, George C. Verghese, *Principles of Power Electronics*, Addison-Wesley, 1991
- Marian P. Kazmierkowski, R. Krishnan, Frede Blaabjerg, *Control in Power Electronics-selected problems*, Academic press, 2002
- J. M. D. Murphy, F. G. Turnbull, *Power Electronic Control of AC Motors*, Pergamon Press, 1988.

- **HVALA NA PAŽNJI!!!**



- **PUNO USPEHA NA ISPITU!!!**

PREDMETNI PROFESOR:

Dr Željko Despotović, dipl.el.inž.

**U Beogradu
OKTBAR 2022 god.**