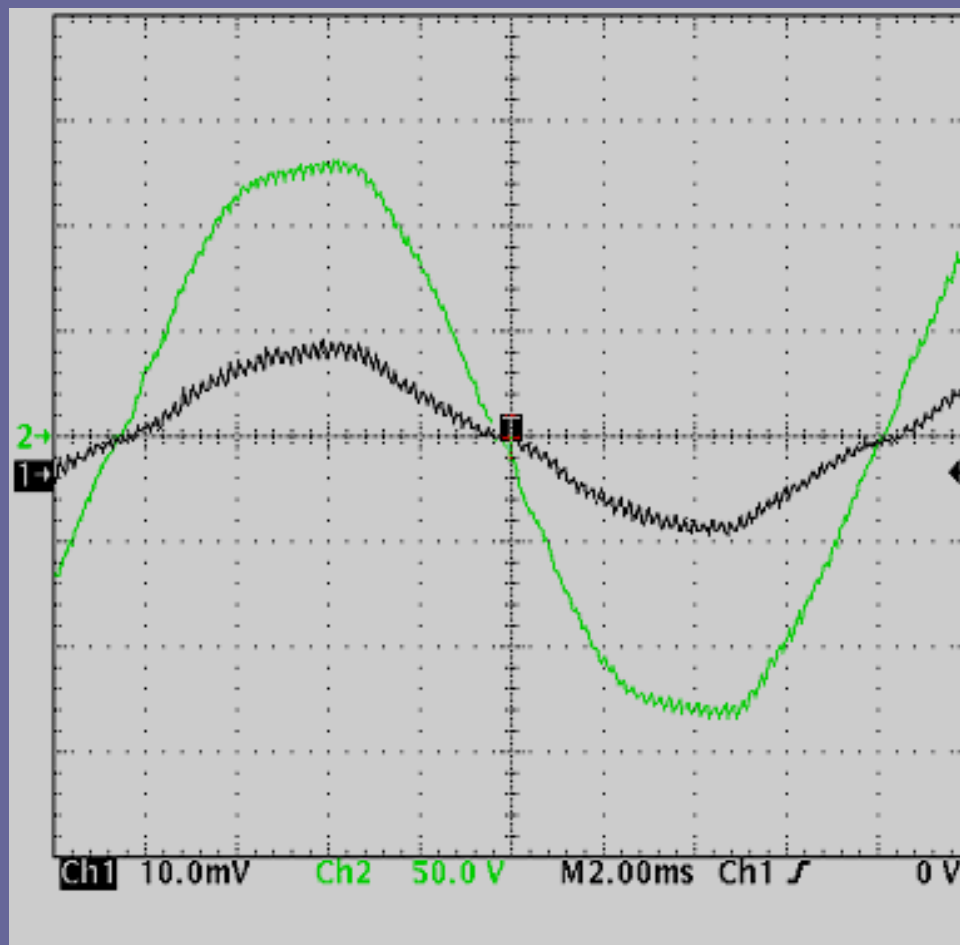


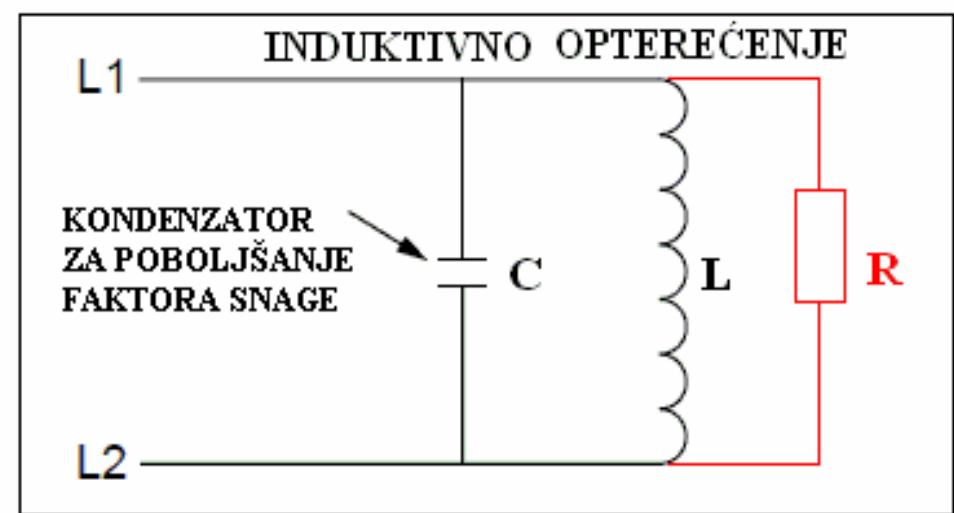
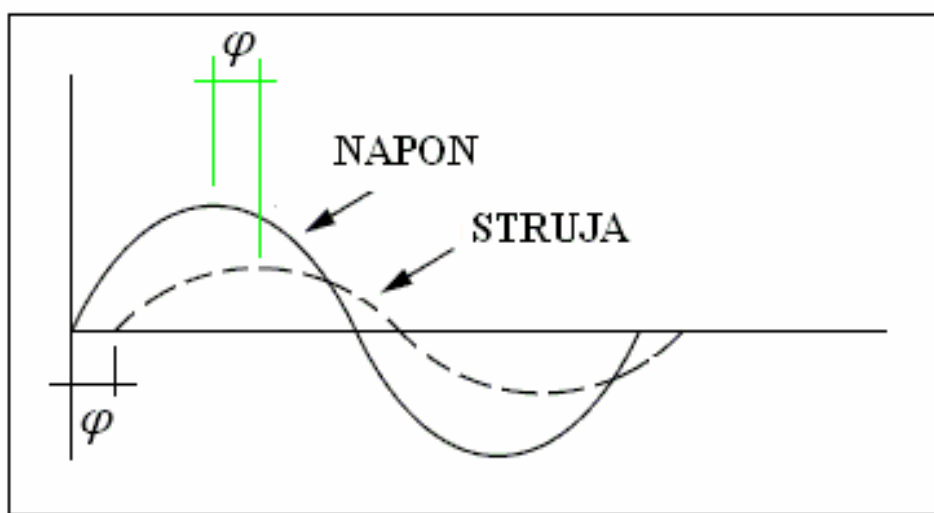
**VISOKA ŠKOLA ELEKTROTEHNIKE I RAČUNARSTVA
STRUKOVNIH STUDIJA-VIŠER
PREDMET: ENERGETSKA ELEKTRONIKA**



KOREKCIJA FAKTORA SNAGE U KOLIMA ENERGETSKE ELEKTRONIKE

PREDAVAČ: Dr Željko Despotović, dipl.el.inž

ŠTA JE FAKTOR SNAGE???



Prividna snaga $S = UI$

Aktivna snaga $P = S \cos \varphi$

Reaktivna snaga $Q = S \sin \varphi$

FAKTOR SNAGE λ

$$\lambda = \frac{P}{S}$$

$$\omega L = \frac{1}{\omega C} \rightarrow$$

L1-L2
IMPEDANSA
 $\underline{Z} = R$

$$\frac{P = UI_1 \cos \varphi}{S = UI}$$

$$\lambda = \frac{P}{S} = \frac{I_1}{I} \cos \varphi$$

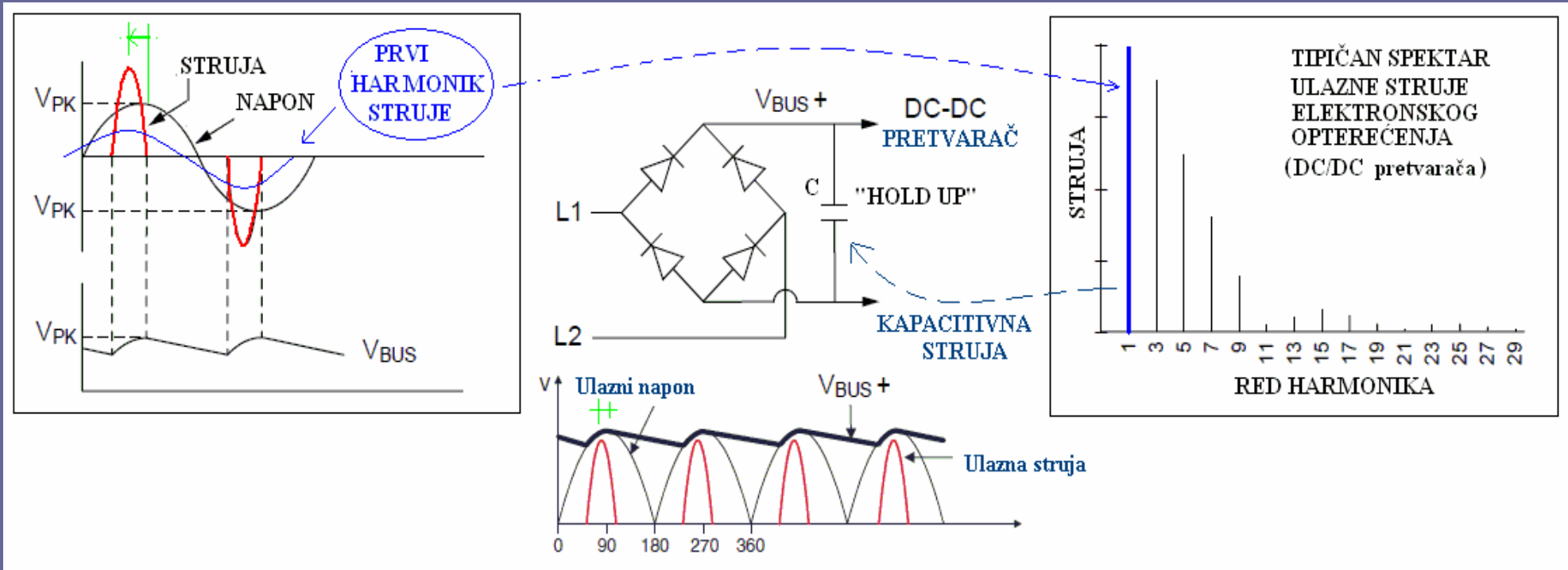
$$\frac{I_1}{I} = 1$$

$$\lambda = \cos \varphi$$

Power Factor Correction-PFC

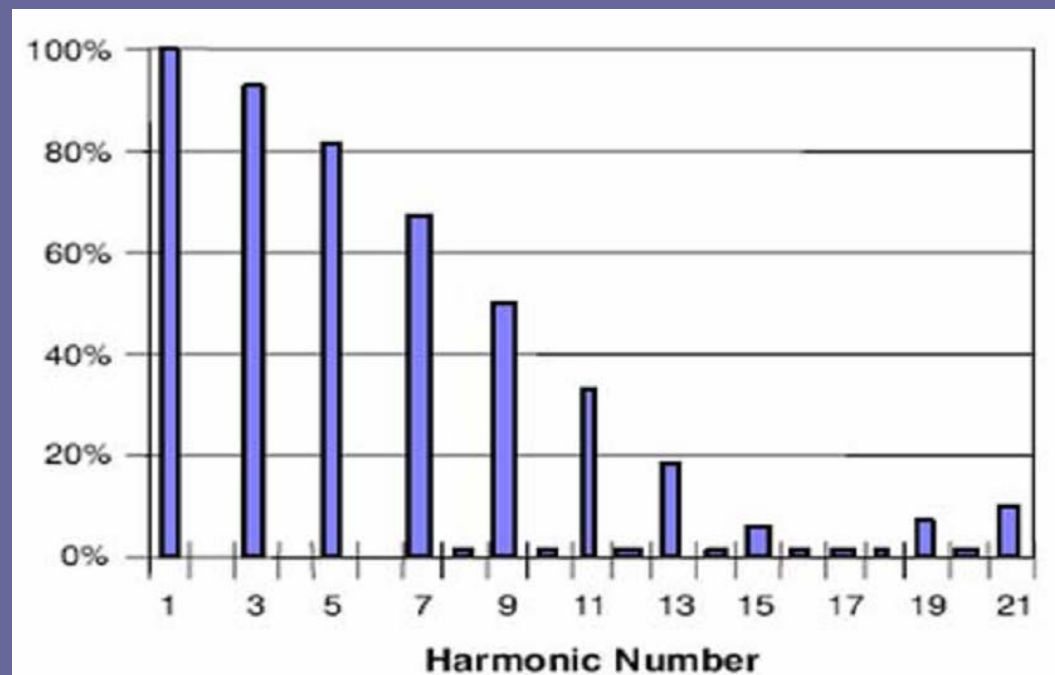
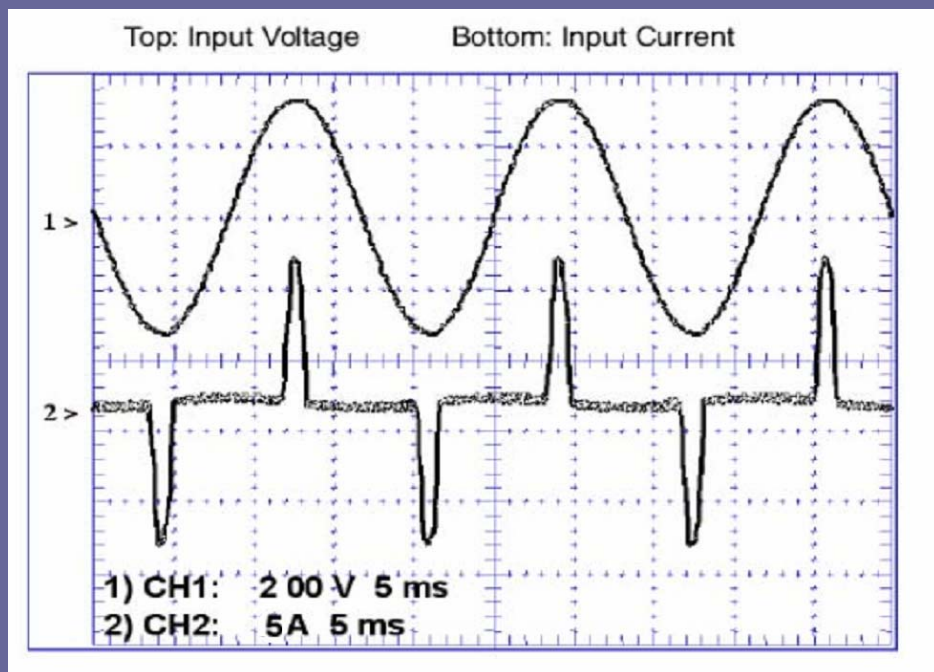
KOREKCIJA FAKTORA SNAGE

UTICAJ DIODNOG ISPRAVLJAČA NA MREŽU ☹☹



- OŠTRI IMPULSI STRUJE
- TRAJANJE IMPULSA 1ms-2ms
- KAPACITIVNA STRUJA
- VIŠI HARMONICI

REALAN SNIMAK ULAZNOG NAPONA I ULAZNE STRUJE JEDNOG PC NAPAJANJA 220W (220V/1A)



OCIOSKOPSKI SNIMAK

SADRŽAJ HARMONIKA

VRŠNA VREDNOST ULAZNE STRUJE 10A
TRAJANJE STRUJNOG PIKA OKO 1ms

KOLIKA JE VRŠNA VREDNOST ULAZNE STRUJE???????

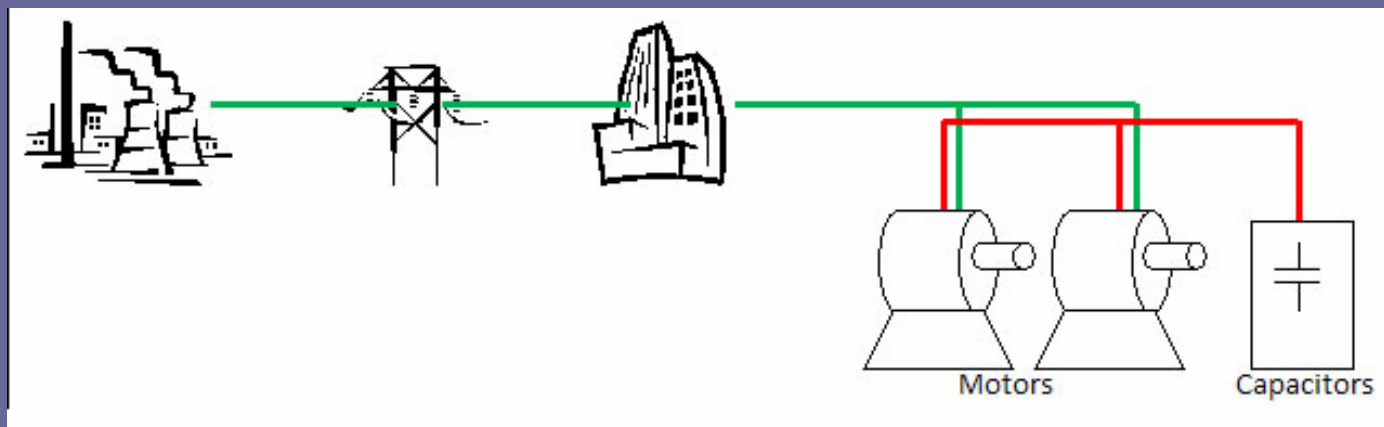
POJEDNOSTAVLJENA RAČUNCA!!!

- ▣ Pretpostavimo da imamo prekidački izvor napajanja bez PFC, čija je aktivna snaga 220W
- ▣ Napaja se iz 220V, 50Hz
- ▣ Efektivna vrednost ulazne struje je 1A
- ▣ Ako impuls struje traje 1ms, a trajanje poluperiode je 10ms, zaključujemo da je vršna vrednost strujnog impulsa 10A
- ▣ Ovo sve važi kako za (+)periodu tako i za (-) periodu
- ▣ Zamislamo da je na jednoj fazi povezano 200 PC računara
- ▣ Ukupna vršna struja po poluperiodi je $200 \times 10\text{A} = 2\text{kA}$
- ▣ **Problemi: strujni udari, padovi napona, naponski propadi ili "sagovi", generisanje viših harmonika.... ☹☹**

KAKO REŠTI OVE PROBLEME????

REŠENJE KOJE SE NAMEĆE JE KOREKCIJA FAKTORA SNAGE - **PFC**

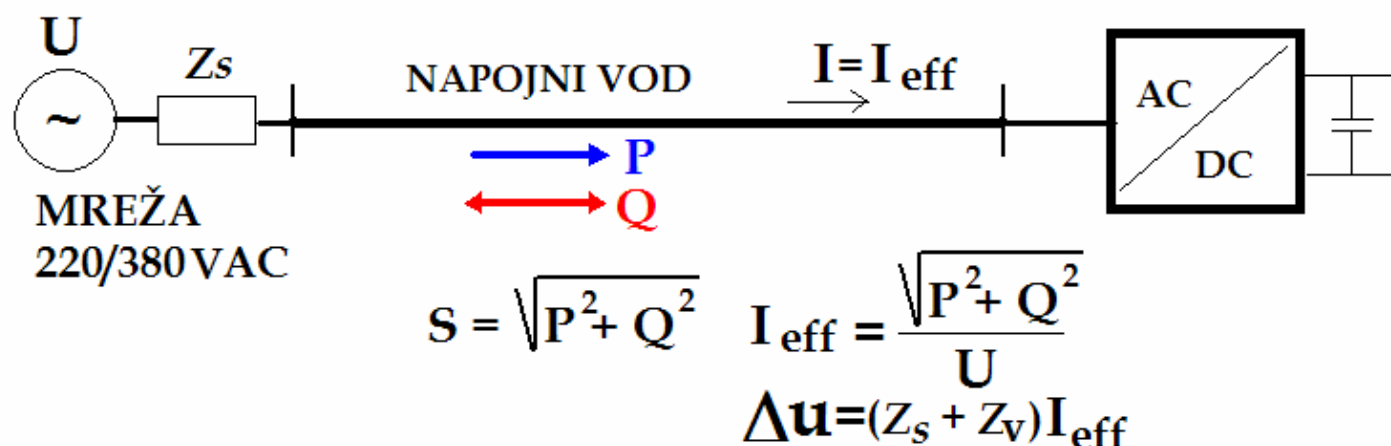
PFC- Power Factor Correction (engl)



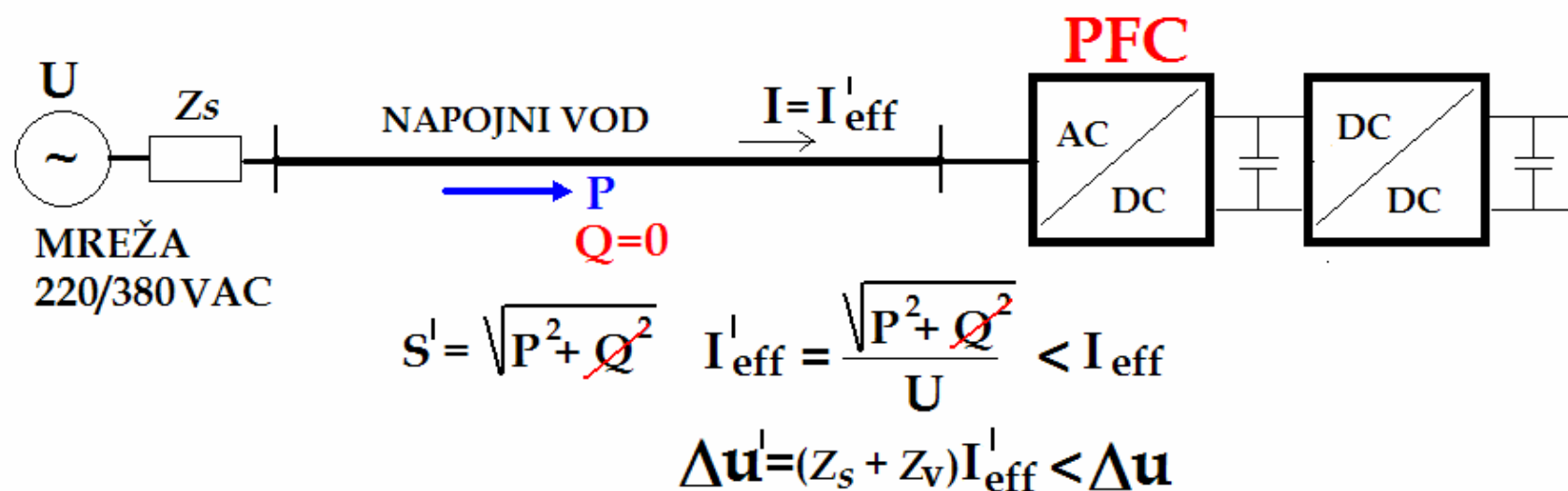
ZAŠTO UOPŠTE KOREKCIJA FAKTORA SNAGE?????

- ▣ POVEĆANJE EFIKASNOSTI NAPOJNE MREŽE
 - niži gubici na mrežnoj impedansi
 - manje izobličenje napona (cross-coupling)
 - veća raspoloživa snaga izvora
- ▣ REDUKCIJA “ZAGAĐENJA” NAPOJNE MREŽE
ŠTETNIM HARMONICIMA
 - nisko frekventni i visokofrekventni harmonici
- ▣ USAGLAŠAVANJE SA STANDARDIMA IEC 555,
IEC61000, EN6055, IEEE 519, ... itd.

POVEĆANJE EFIKASNOSTI NAPOJNE MREŽE

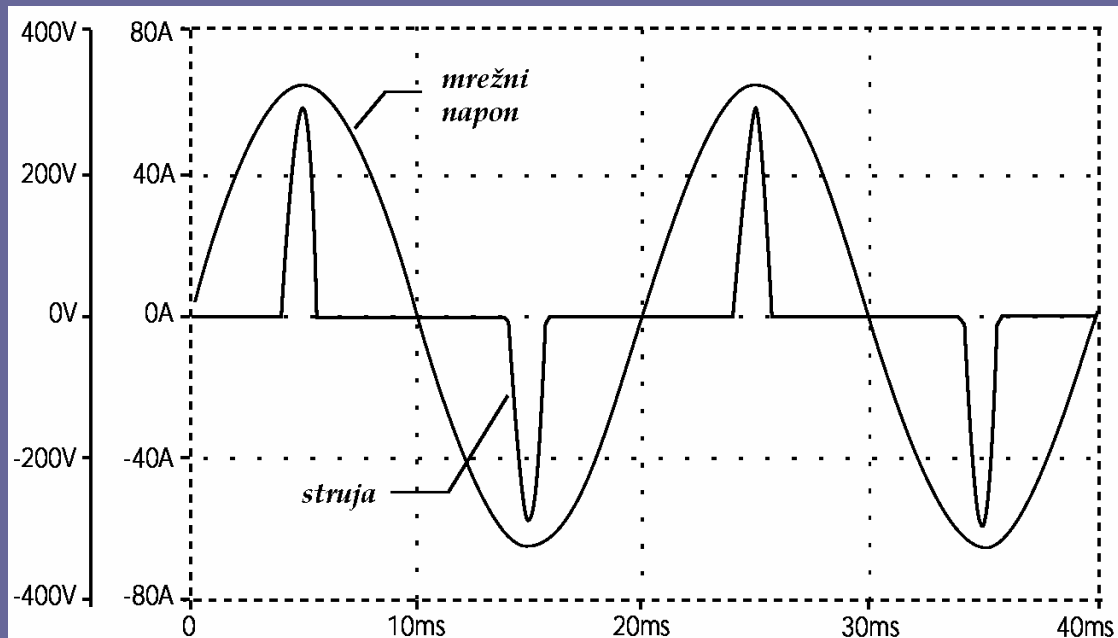


(a) slučaj bez korekcije faktora snage

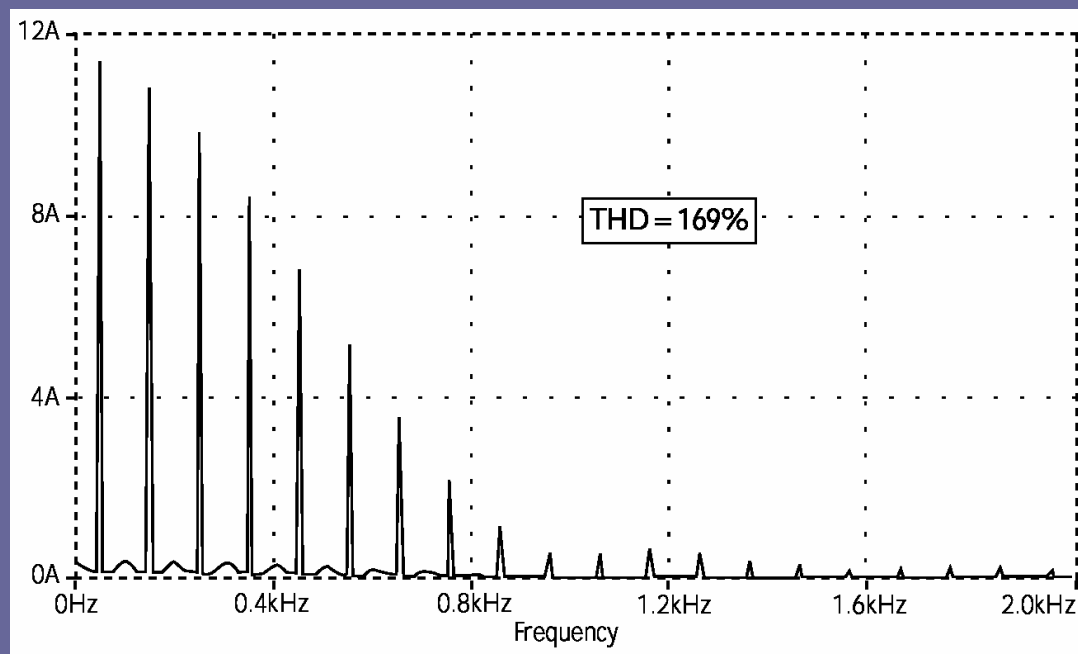
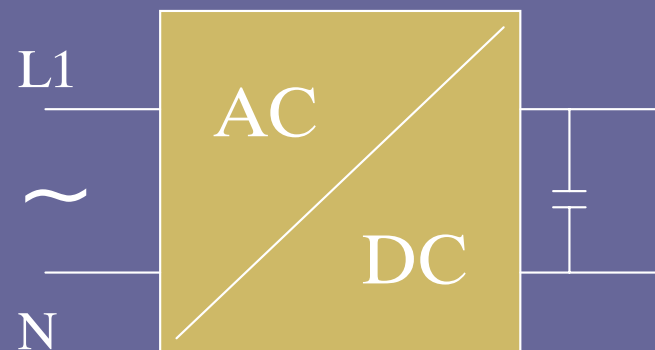


(b) slučaj sa korekcijom faktora snage

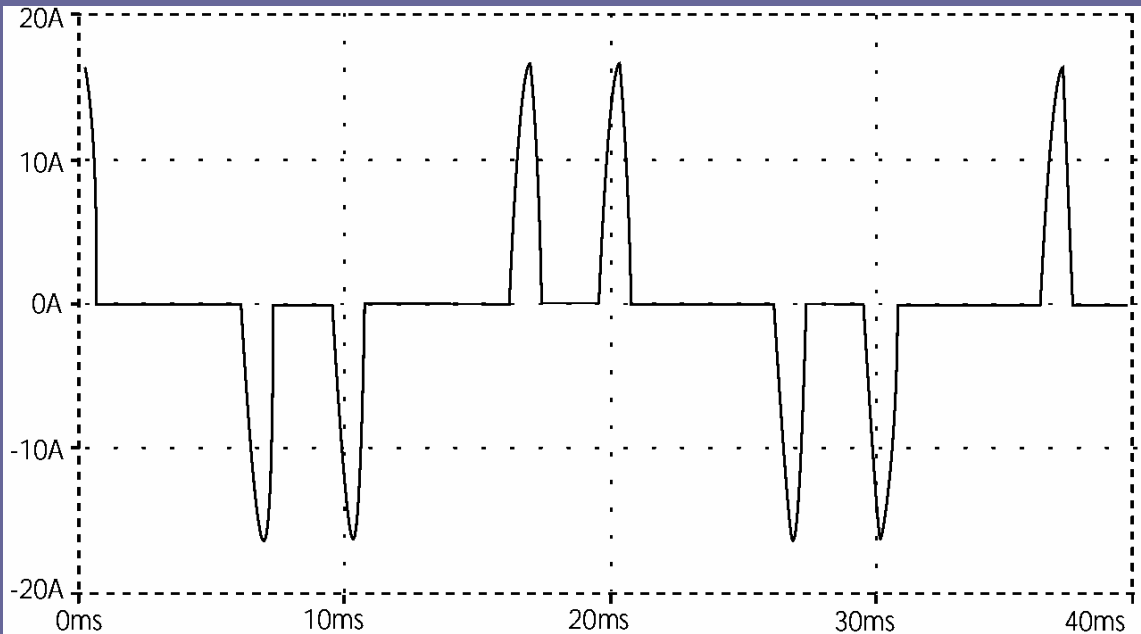
HARMONICI-monofazni nelinearni prijemnik



Tipični talasni oblik ulazne struje monofaznog AC-DC pretvarača snage 1.5kW



HARMONICI-trofazni nelinearni prijemnik



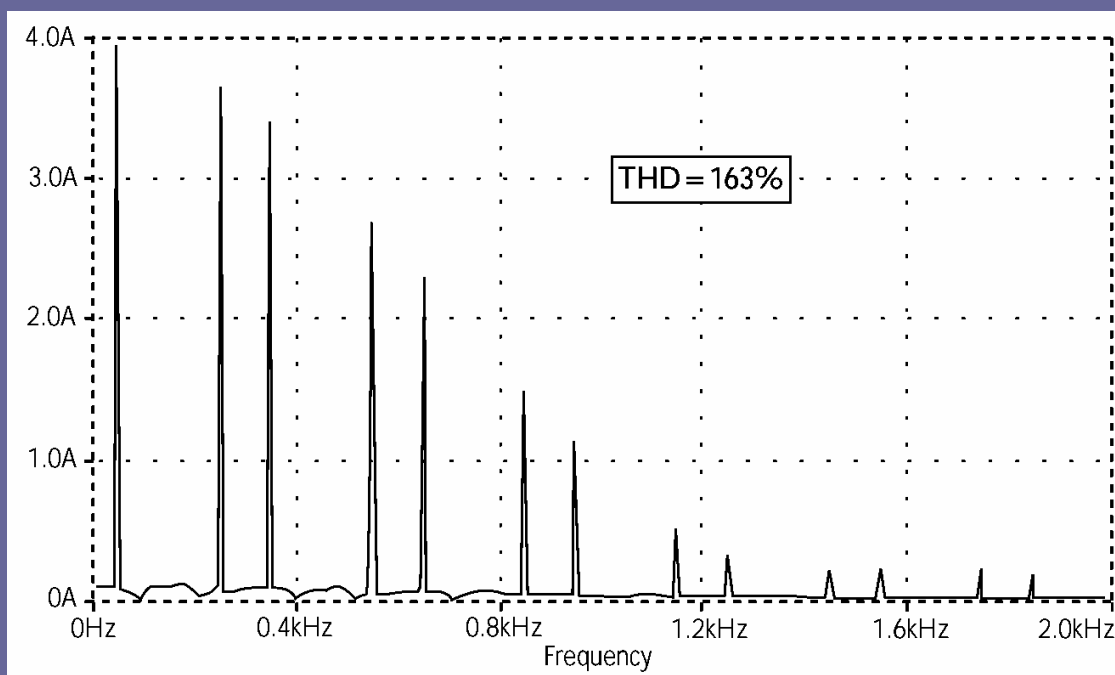
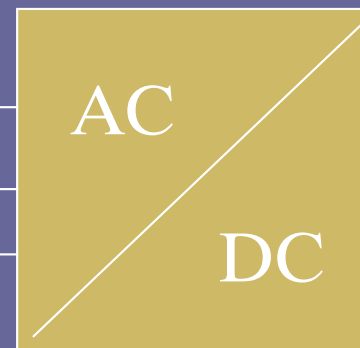
Tipični talasni oblik ulazne struje trofaznog AC-DC pretvarača snage 1.5kW



L1

L2

L3



LIMITI HARMONIJSKE EMISIJE PO IEC61000-3-2 i IEC 555-2

Harmonic Number (n)	Class A Limits**	Class B Limits**	Class C Limits*	Class D Limits*	IEC 555-2 limits for TV(>165W)
	(A _{rms})	(A _{rms})	% Of fundamental	mA/W of input power (50-600W)	(A _{rms}) Max DC current<0.05A
2	1.080	1.620	2	n/a	0.300
3	2.300	3.450	30 x PF	3.4	0.800
4	0.430	0.645	n/a	n/a	0.150
5	1.440	2.160	10	1.9	0.600
6	0.300	0.450	n/a	n/a	n/a
7	0.770	1.155	7	1.0	0.450
8	0.230	0.345	n/a	n/a	n/a
9	0.400	0.600	5	0.5	0.300
10	0.184	0.276	n/a	n/a	n/a
11	0.330	0.495	3	0.35	0.170
12	0.153	0.230	n/a	n/a	n/a
13	0.210	0.315	3	0.296	0.120
Even 14-40	1.84/n	2.760/n	n/a	n/a	n/a
Odd 15-39	2.25/n	3.338/n	3	3.85/n	1.5/n

KLASA A:

- simetrični trofazni prijemnici
- dimeri za svjetiljke
- audio oprema

KLASA B:

- Portabilni alati

KLASA C:

- oprema za osvetljenje

KLASA D:

- PC računari
- PC monitori
- TV prijemnici do 600W

LIMITI PO EN6055-2/IEC555-2

Limits for Domestic Equipment Only		
Harmonic Number (n)	All equipment not TV (x1.5 for portable tools) (AMPS)	TV (AMPS)
1	-	-
3	2.30	0.80
5	1.14	0.60
7	0.77	0.45
9	0.40	0.30
11	0.33	0.17
13	0.21	0.12
15 and above	2.25/n	1/5/n

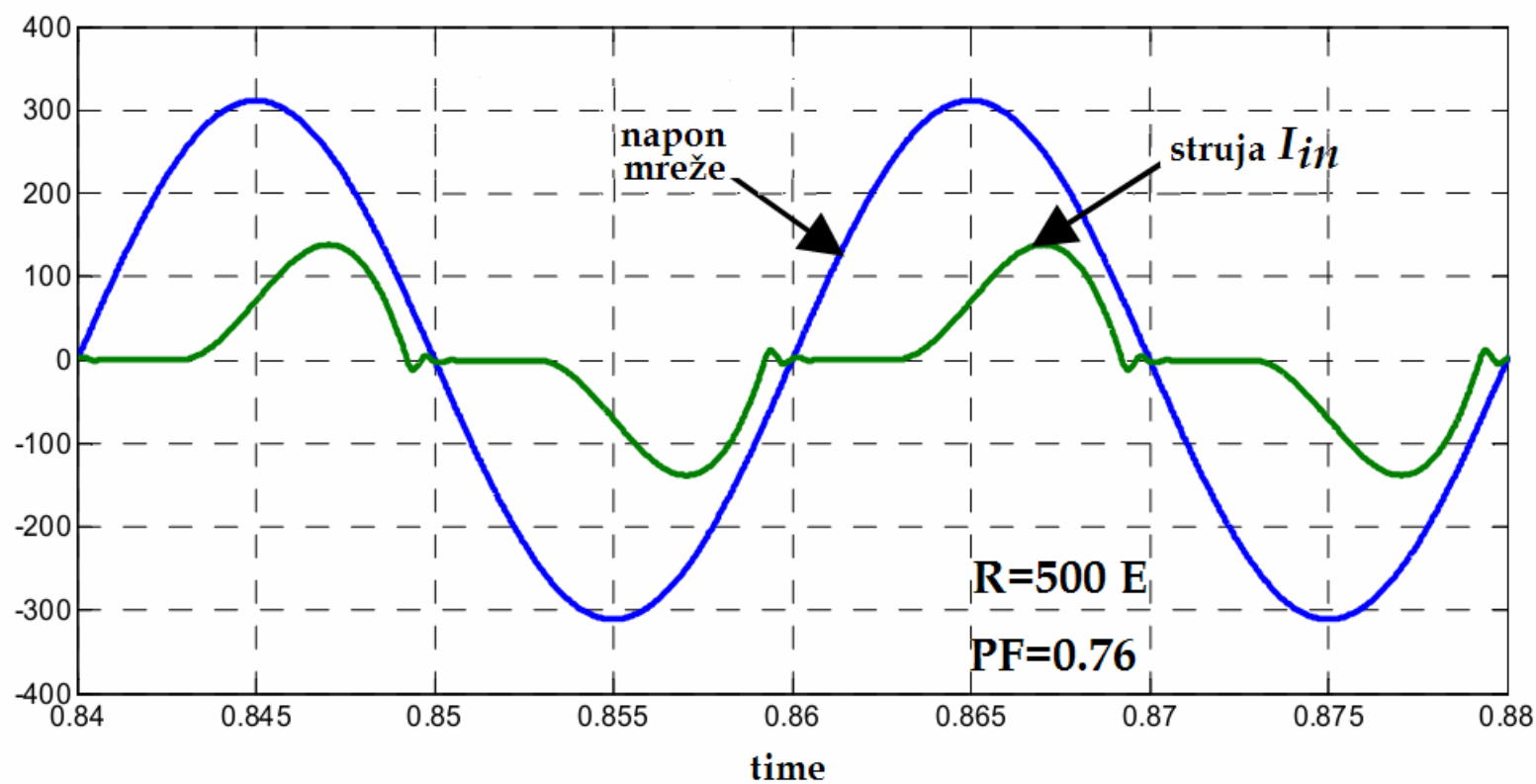
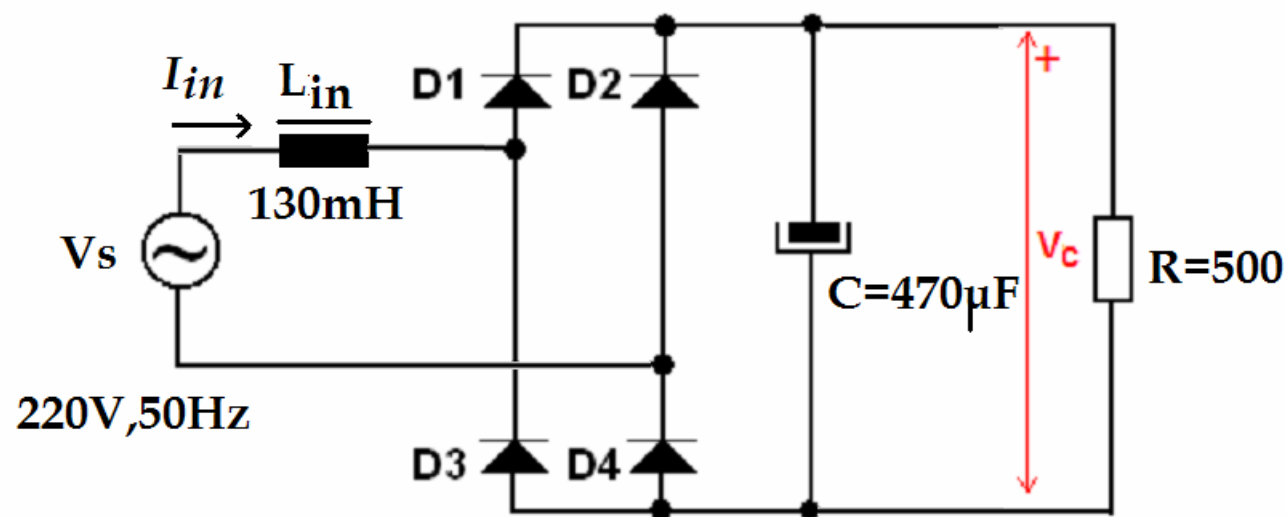
KOREKCIJA FAKTORA SNAGE??

- ▣ PASIVNA KOREKCIJA FAKTORA SNAGE
- ▣ AKTIVNA KOREKCIJA FAKTORA SNAGE

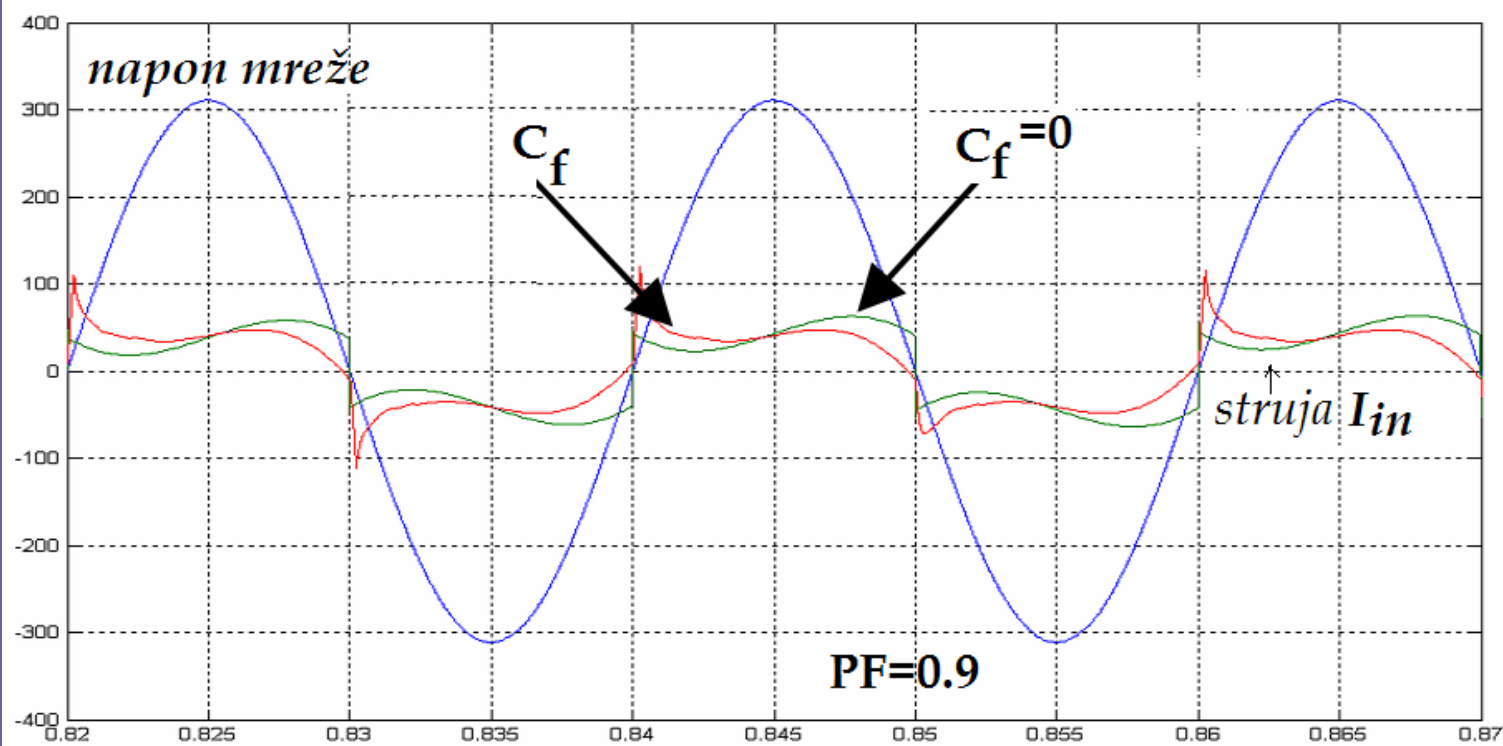
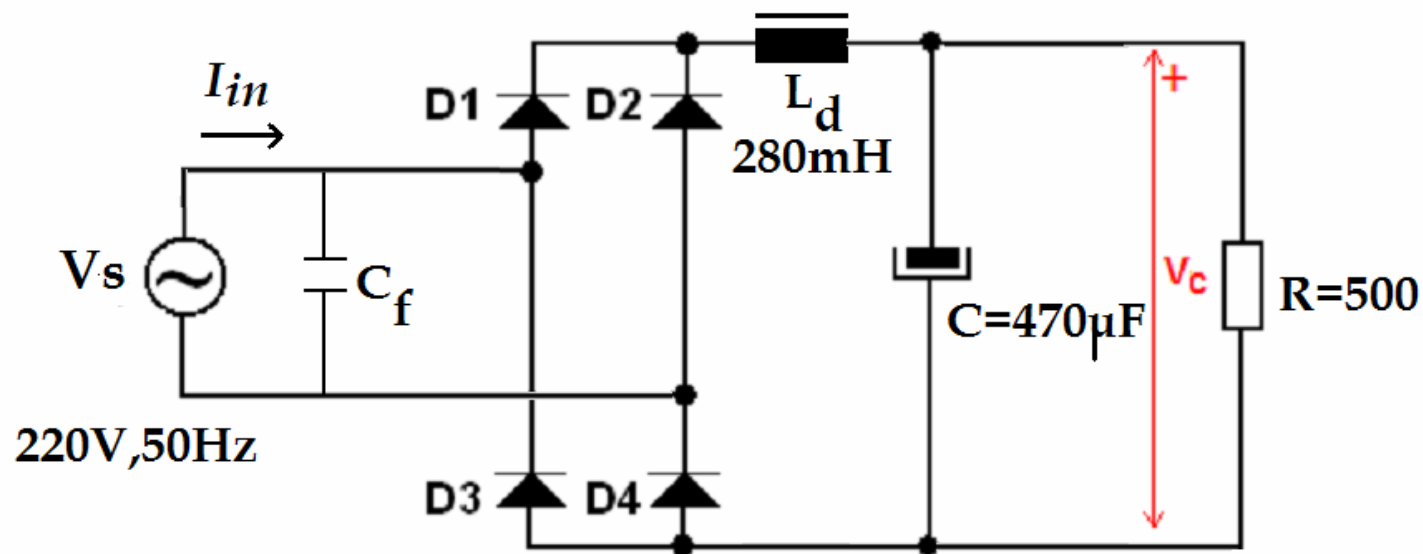
PASIVNA KOREKCIJA FAKTORA SNAGE

- ▣ OVA METODA SE BAZIRA NA KORIŠĆENJU PASIVNIH ELEMENATA (PRIGUŠNICA I KONDENZATORA) U KOMBINACIJI SA DIODNIM ISPRAVLJAČEM
- ▣ ONA SE MOŽE OSTVARITI NA VIŠE NAČINA :
 - postavljanjem prigušnice na AC strani (ka mreži)
 - postavljanjem prigušnice na DC strani (na izlazu ispravljača)
 - korišćenjem serijski rezonantnog LC kola na AC strani (band-pass filter)
 - korišćenjem paralelnog LC kola na AC strani (band-stop filter)
 - korišćenjem harmonijskih filtera na AC strani (trap filter)
 - korišćenjem LCD filtera na DC strani

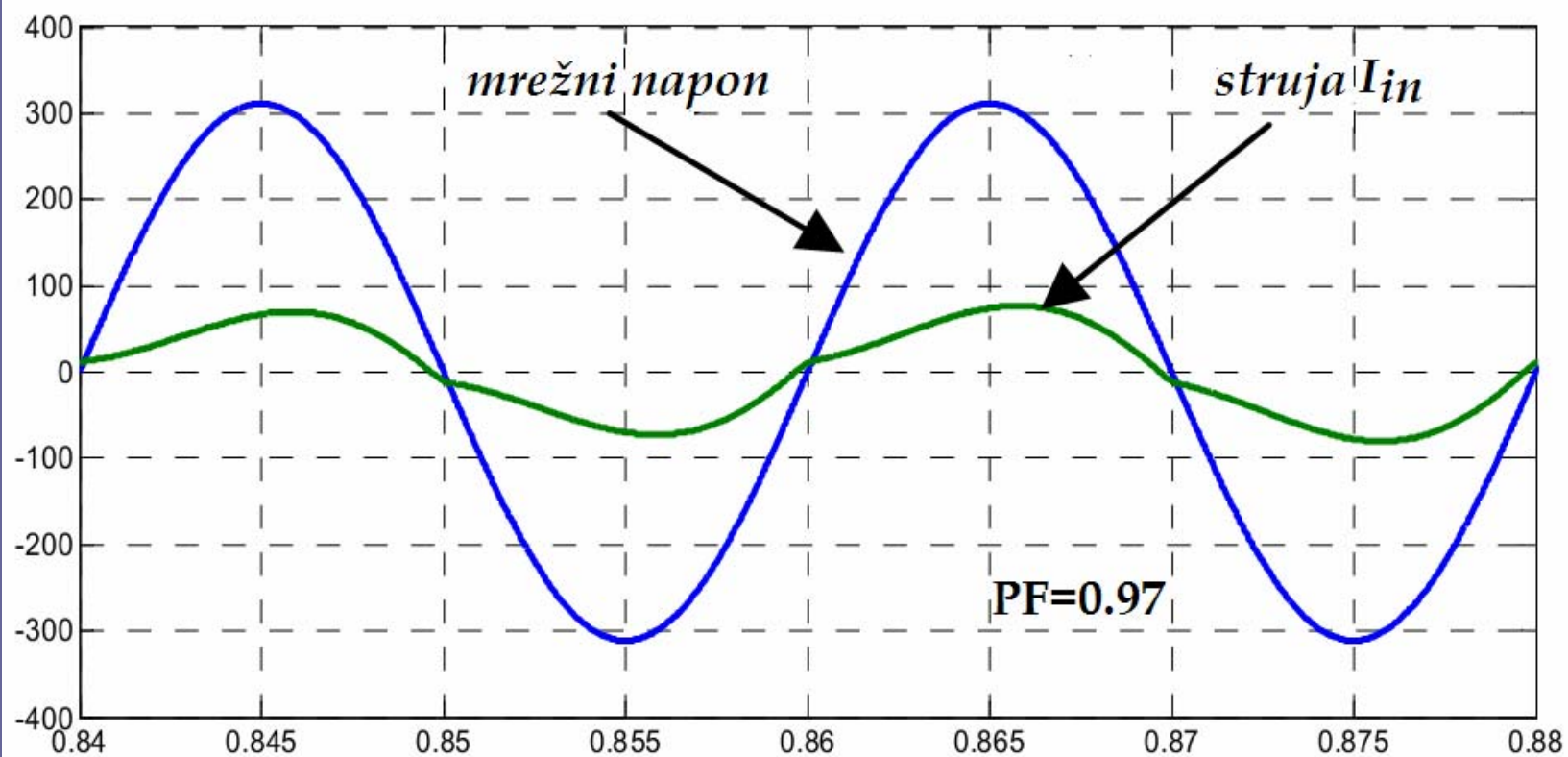
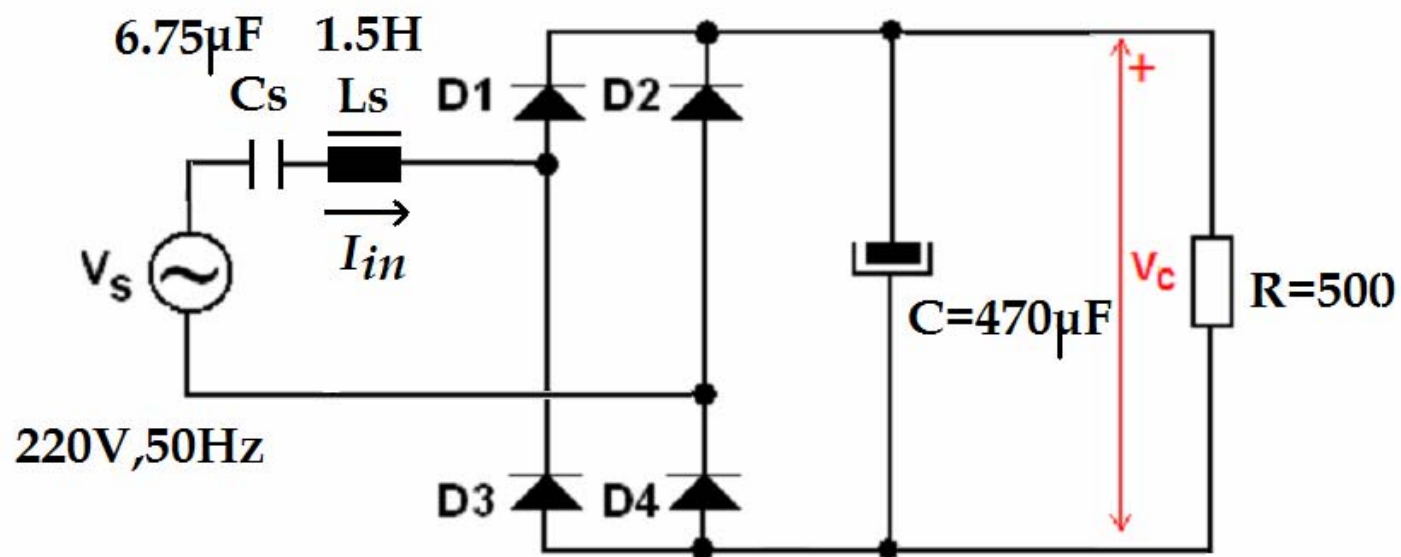
PRIGUŠNICA NA AC STRANI (na strani mreže)



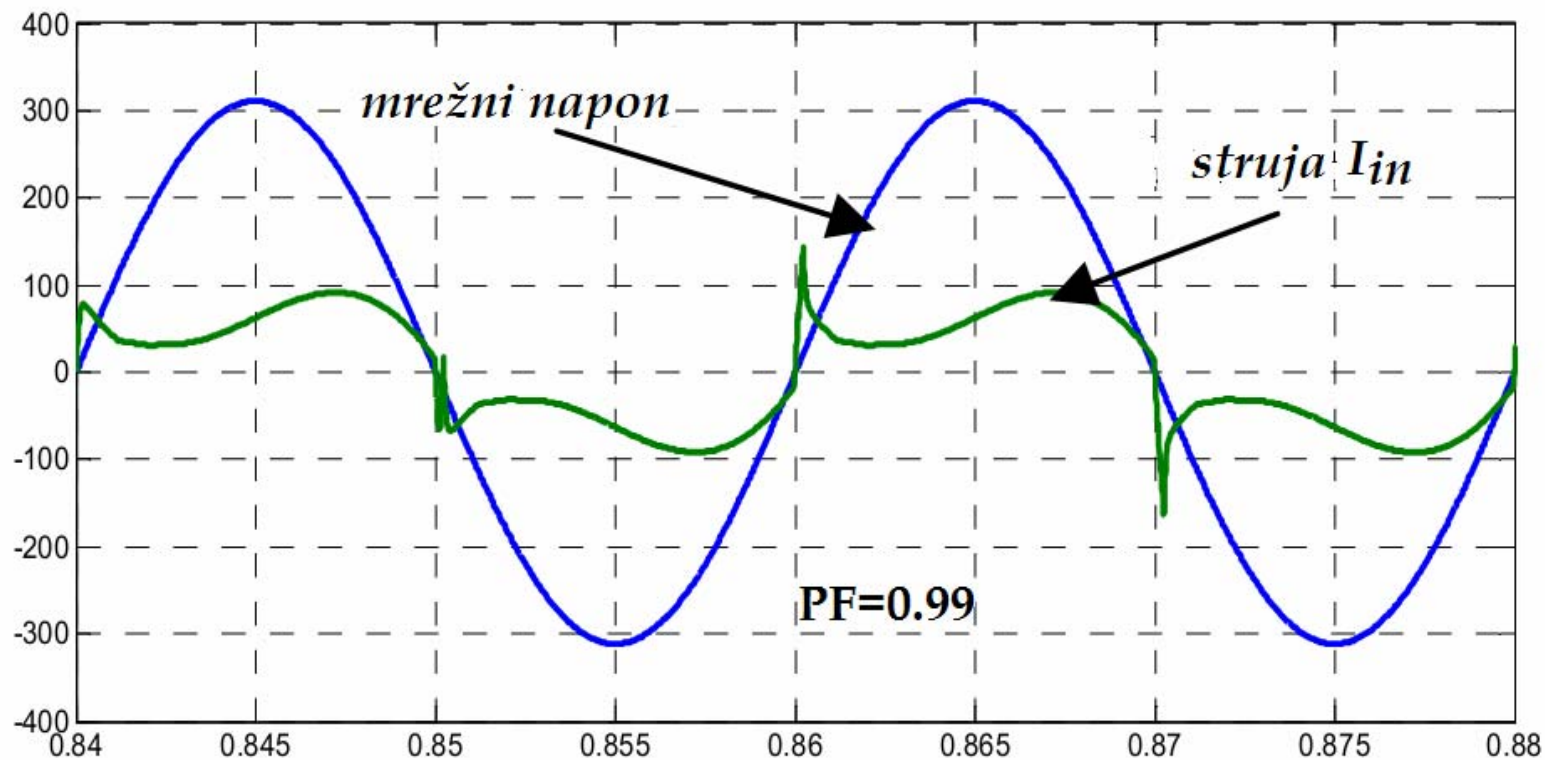
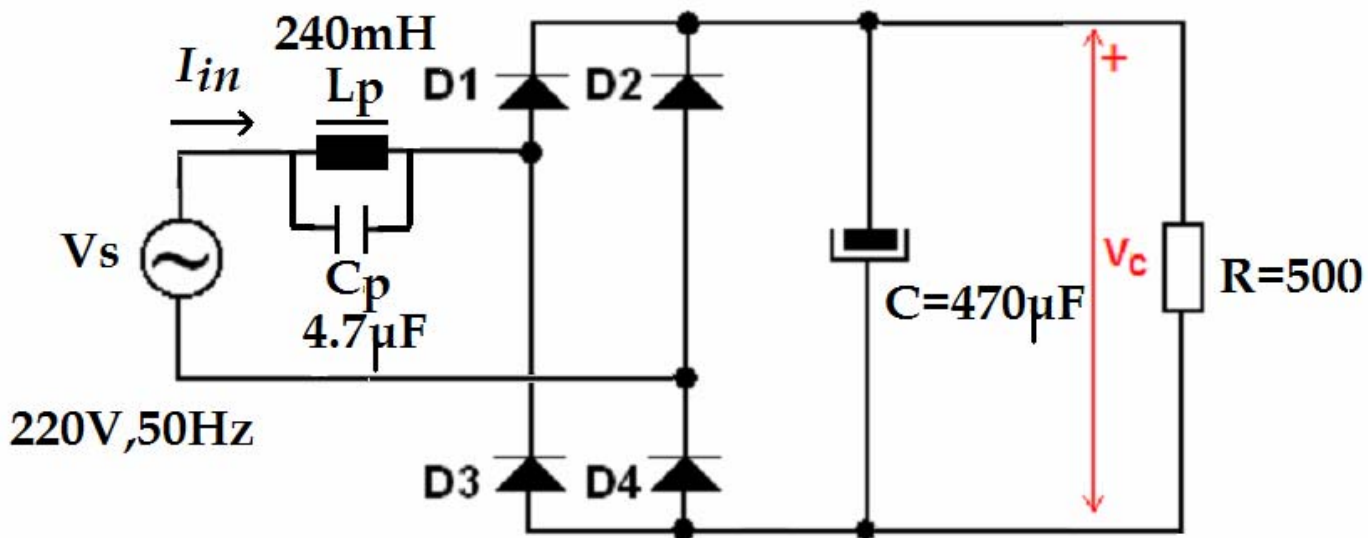
PRIGUŠNICA NA DC STRANI (na izlazu diodnog ispravljača)



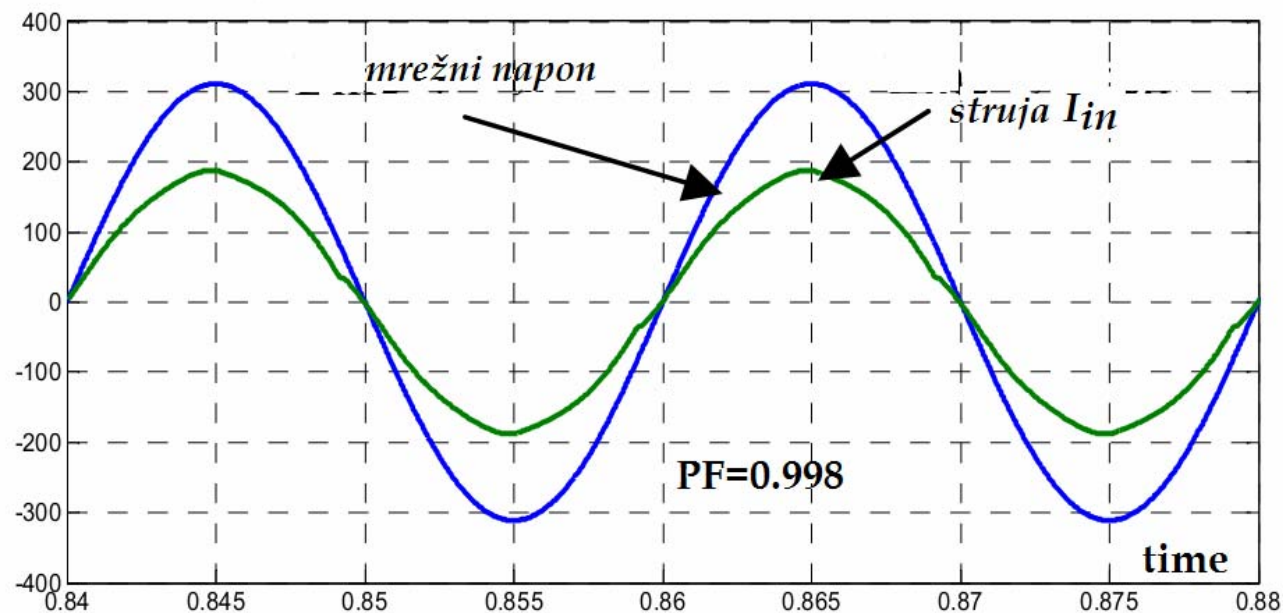
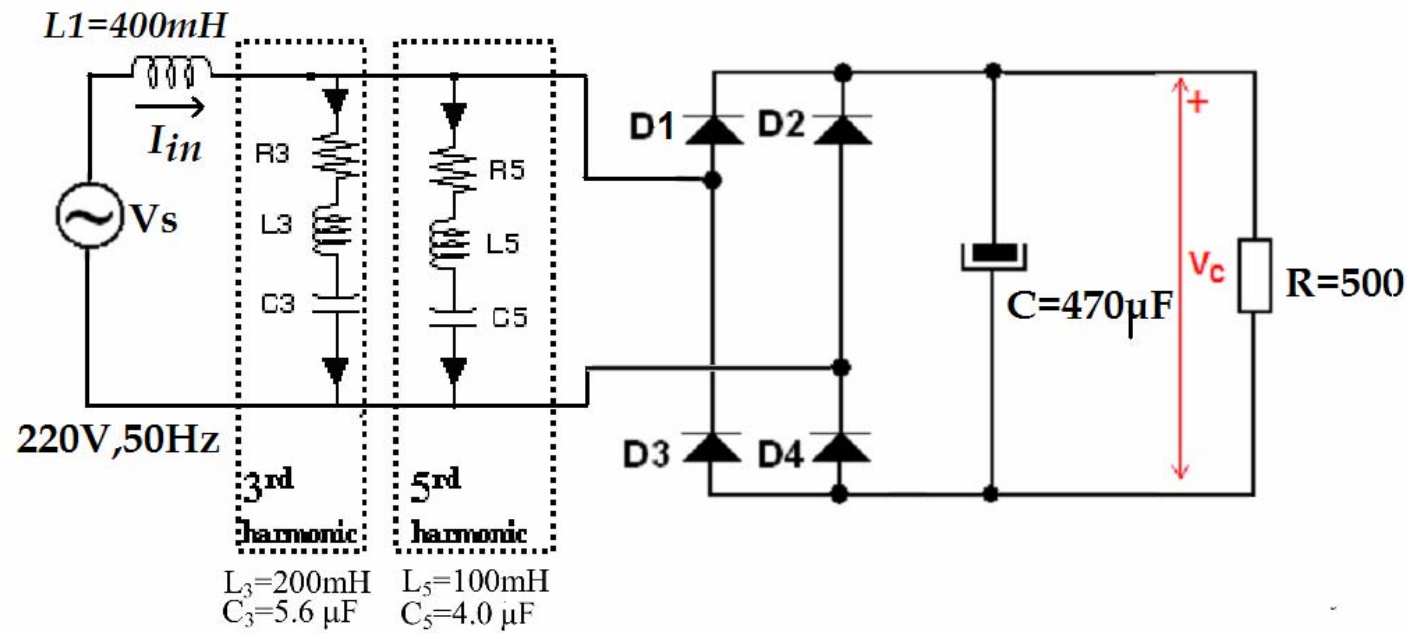
BAND PASS SERIJSKI LC FILTER NA AC STRANI (na strani mreže)



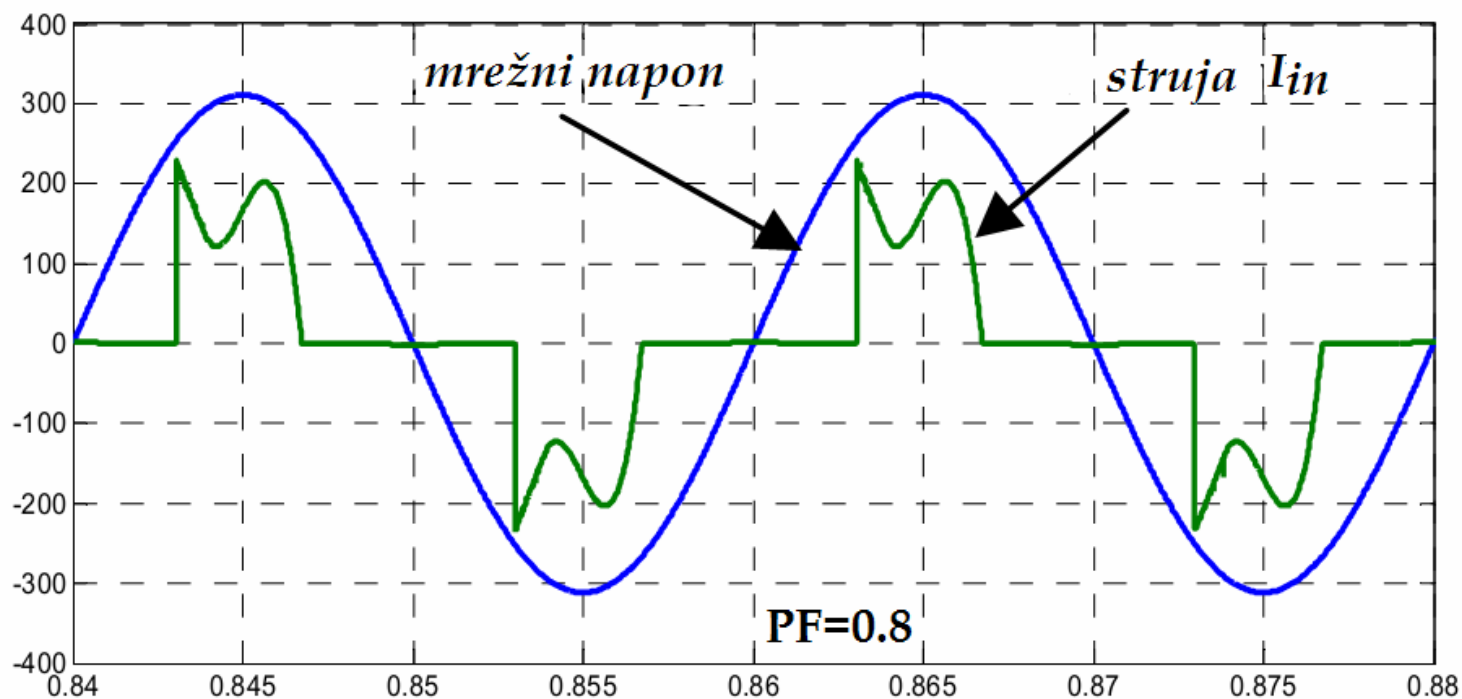
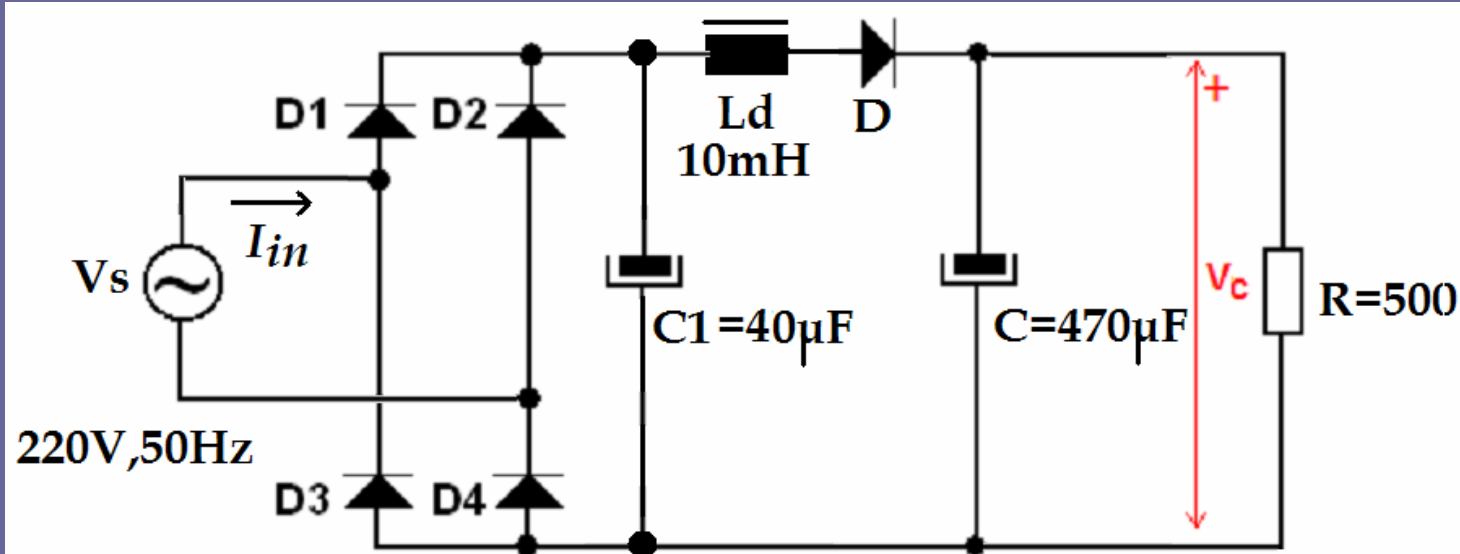
BAND STOP PARALELNI LC FILTER NA AC STRANI



KORIŠĆENJE HARMONIJSKIH TRAP FILTERA NA AC STRANI



LCD (L-dioda-C) filter na DC strani



PROBLEMI KOD PASIVNE PFC

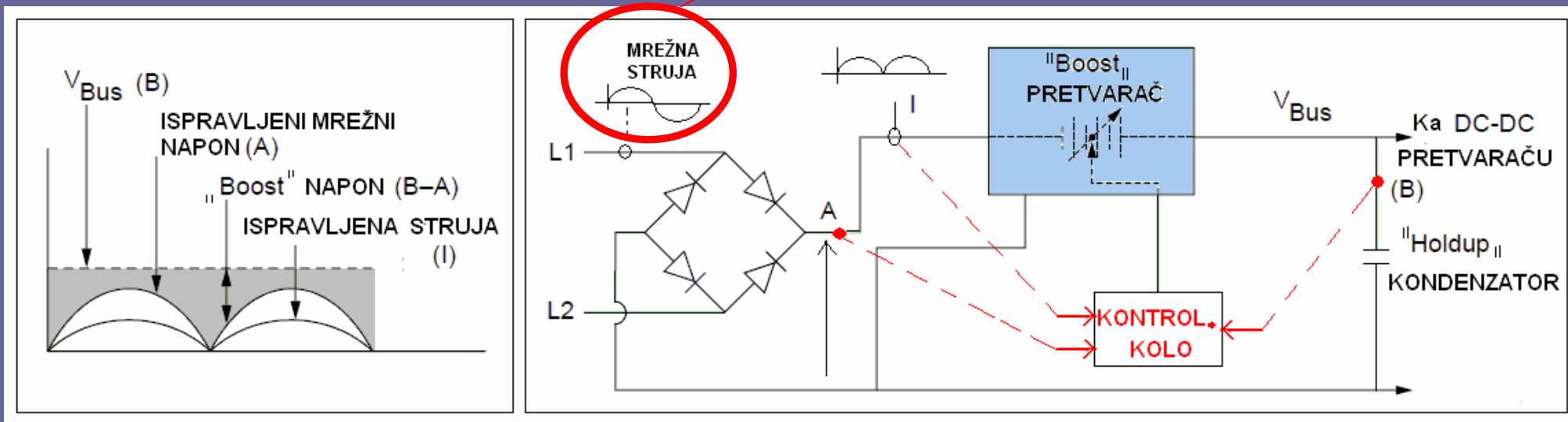
- ▣ KORIŠĆENJE VELIKIH I GLOMAZNIH PASIVNIH ELEMENATA
- ▣ CENA OPREME
- ▣ ZNAČAJNA DISIPACIJA U PASIVNIM ELEMENTIMA
- ▣ PROBLEM KORIŠĆENJA PRIGUŠNICA NA DC STRANI (zasićenje, DC komponenta fluksa...)
- ▣ SMANJENJE DC NAPONA NA IZLAZU ISPRAVLJAČA

REŠENJE ?

▣ AKTIVNA KOREKCIJA
FAKTORA SNAGE

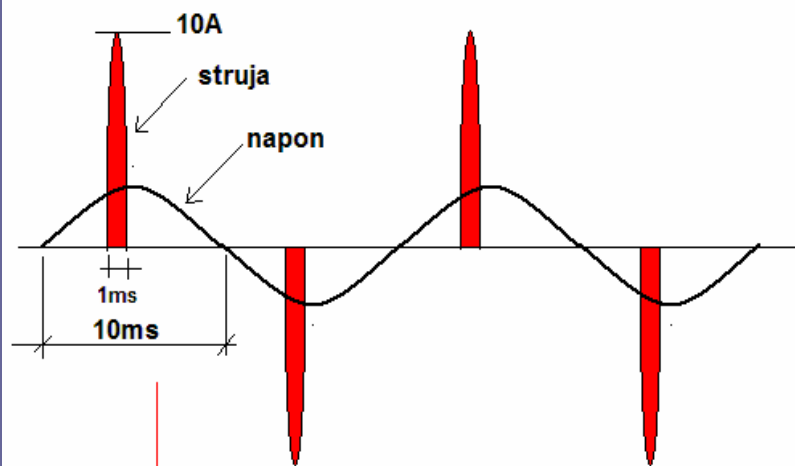
▣ *Active Power Factor Correction*

KAKO REŠTI PROBLEM????

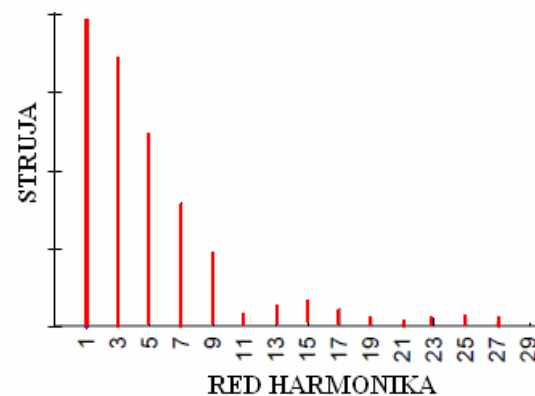
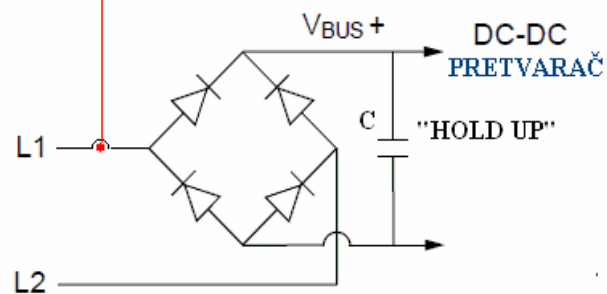


- Između punotalasnog ispravljača i kondenzatora (*"hold-up"*) se postavlja aktivno elektronsko kolo -podizač napona
- BOOST konvertor
- Potreban USLOV da bi se obezbedila sinusna ulazna struja je da moramo realizovati podizač (*"boost"*-er) napona
- Želimo da ostvarimo sinusnu struju umesto oštarih impulsa, a da efektivna vrednost ostane ista

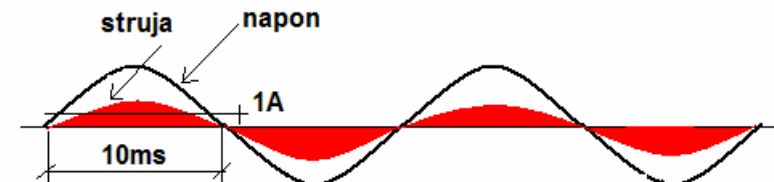
POREĐENJE KLASIČNOG I SAVREMENOG REŠENJA ULAZNOG PC NAPAJANJA



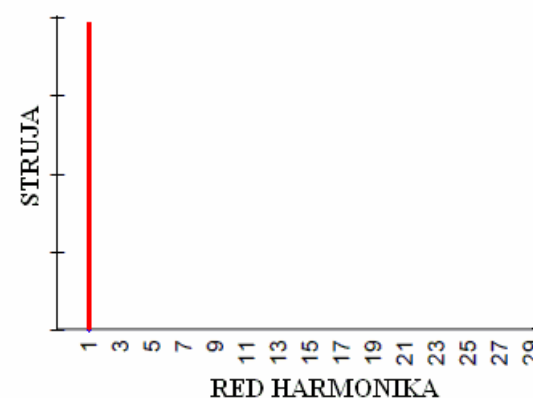
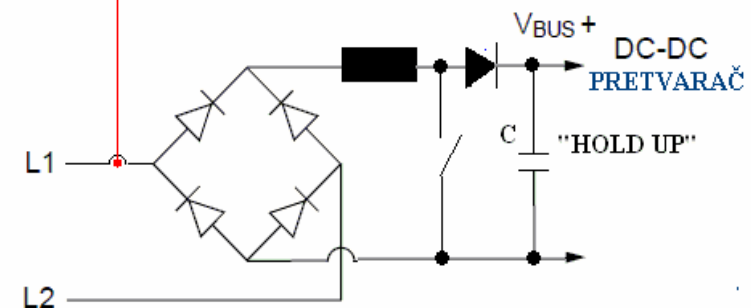
bez PFC (klasično)



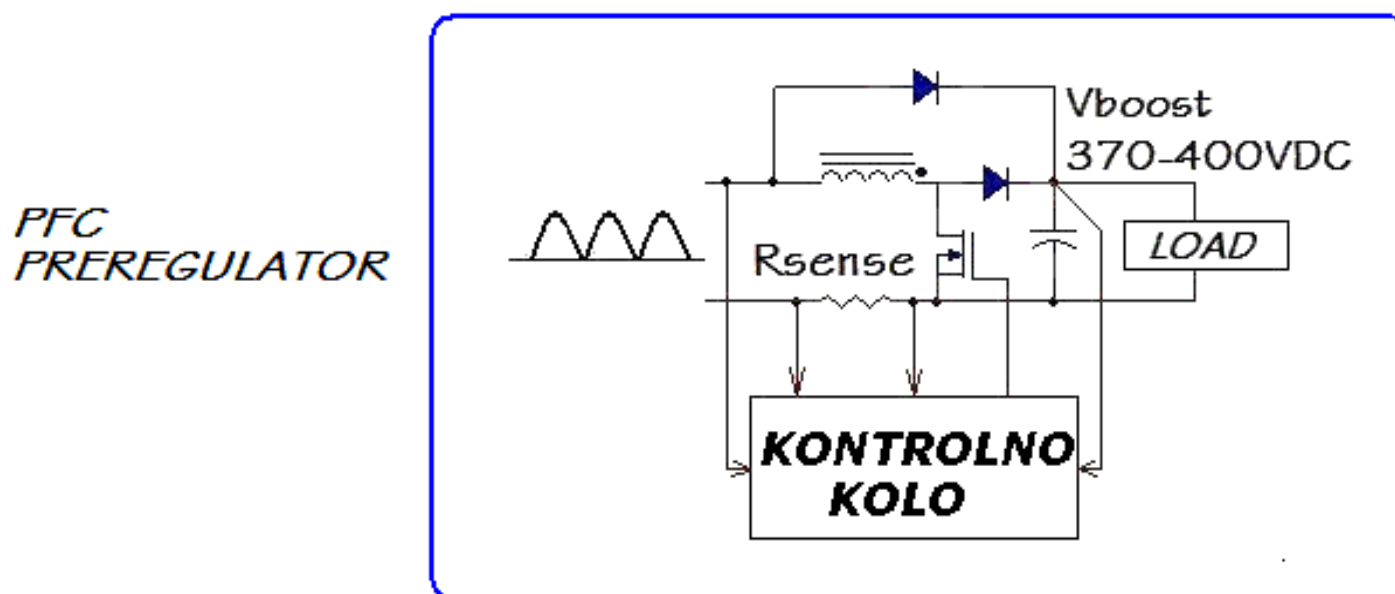
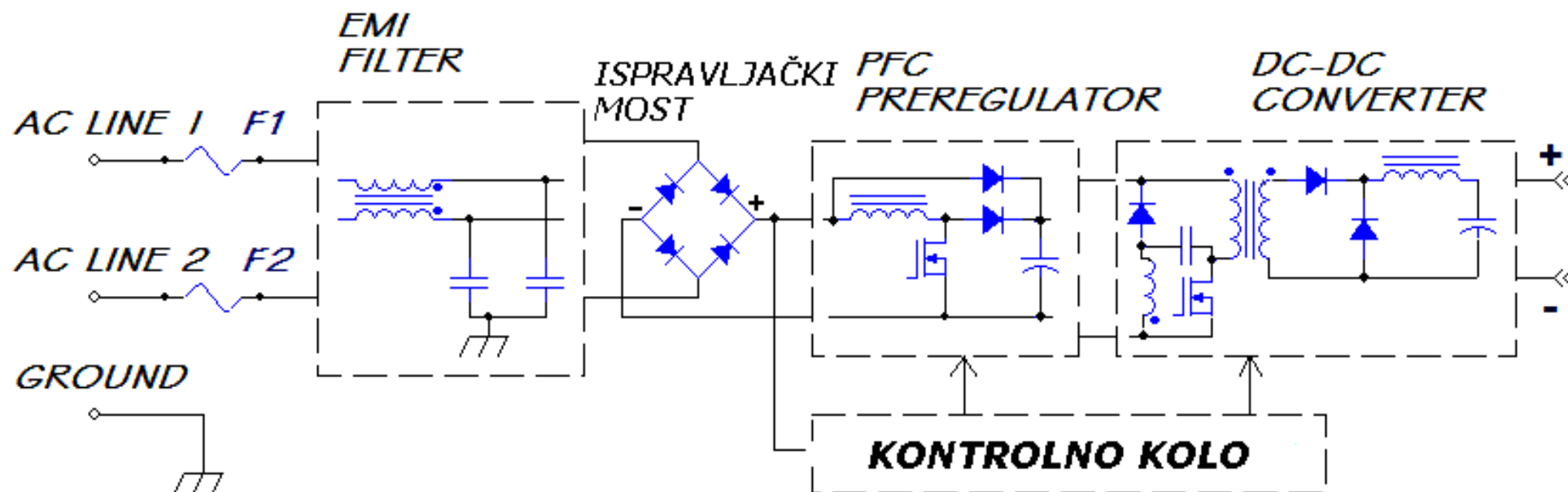
kriterijum
 $P = \text{const}$



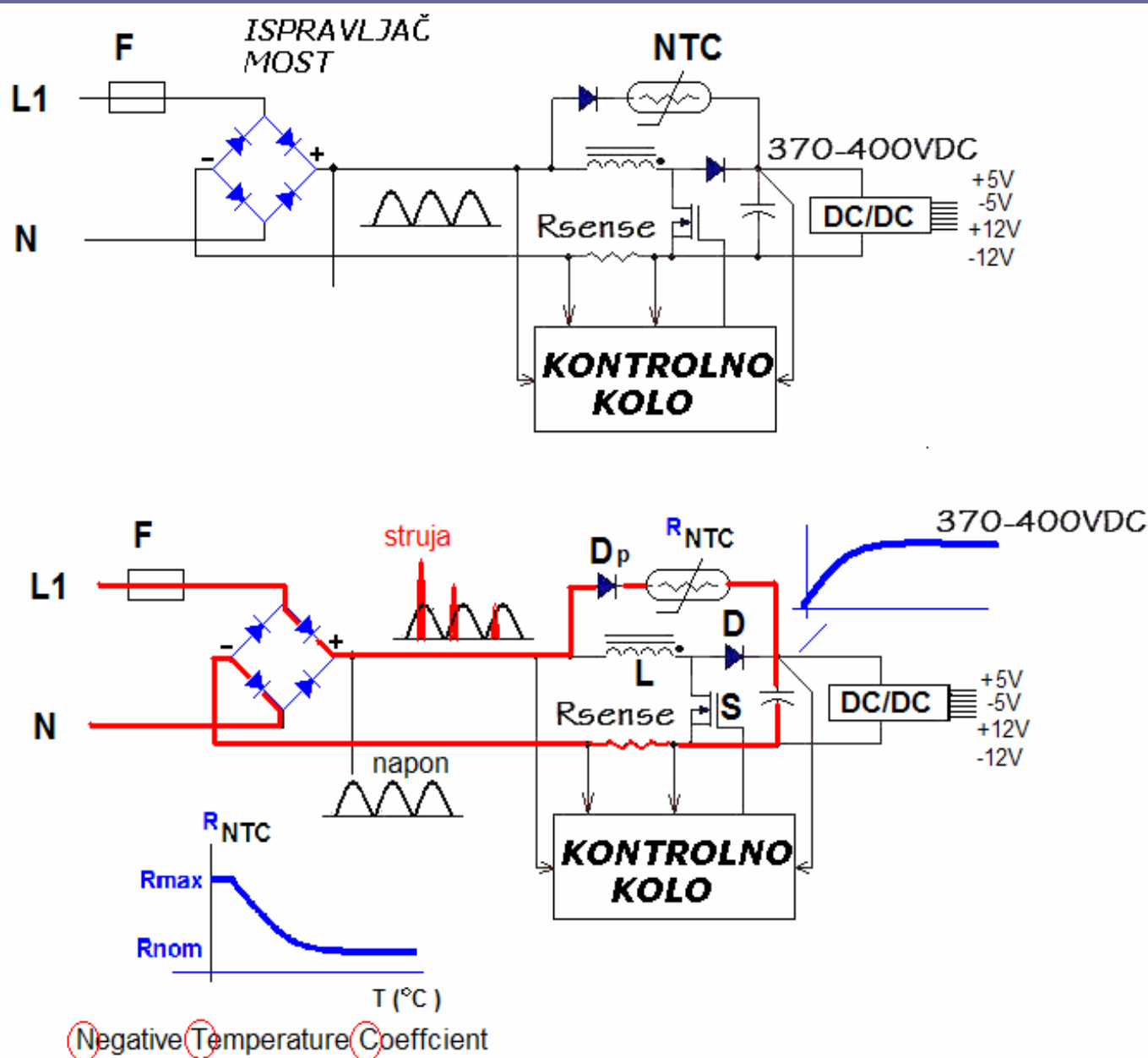
sa PFC (moderno)



PC NAPAJANJE SA KOREKCIJOM FAKTORA SNAGE



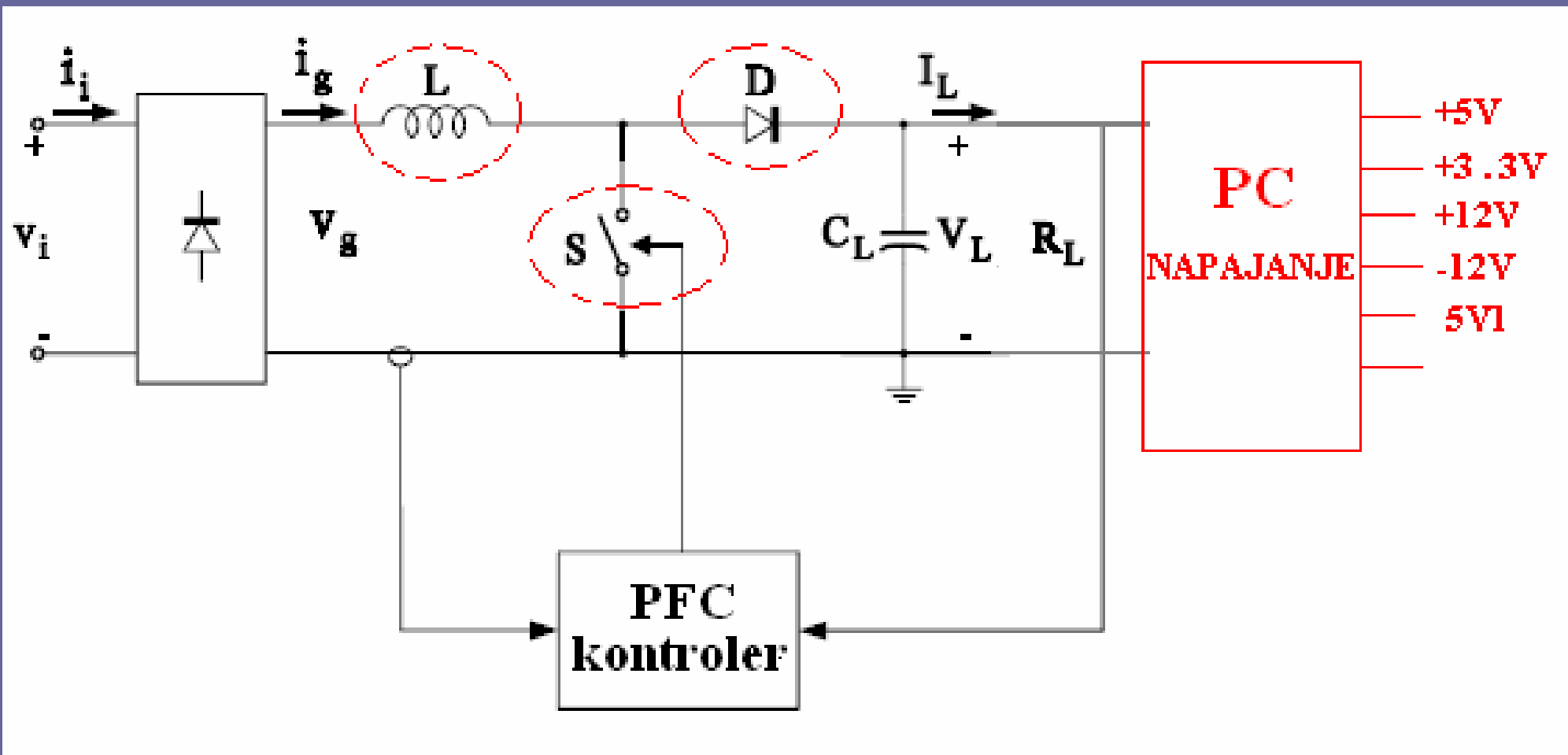
POČETNO PUNJENJE “hold-up” KONDENZATORA



- NTC je nelinearni otpornik ograničava početnu struju punjenja kondenzatora
- U početnom trenutku $t=0$ napon na kondenzatoru je jednak 0V
- Stoga je kondenzator **KRATAK SPOJ U POČETKU**
- Nakon njegovog punjenja kolo je spremno za **START**

PODIZAČ NAPONA - “BOOST”

PRINCIPSKA ŠEMA



KLJUČNE KOMPONENTE: L, D i S

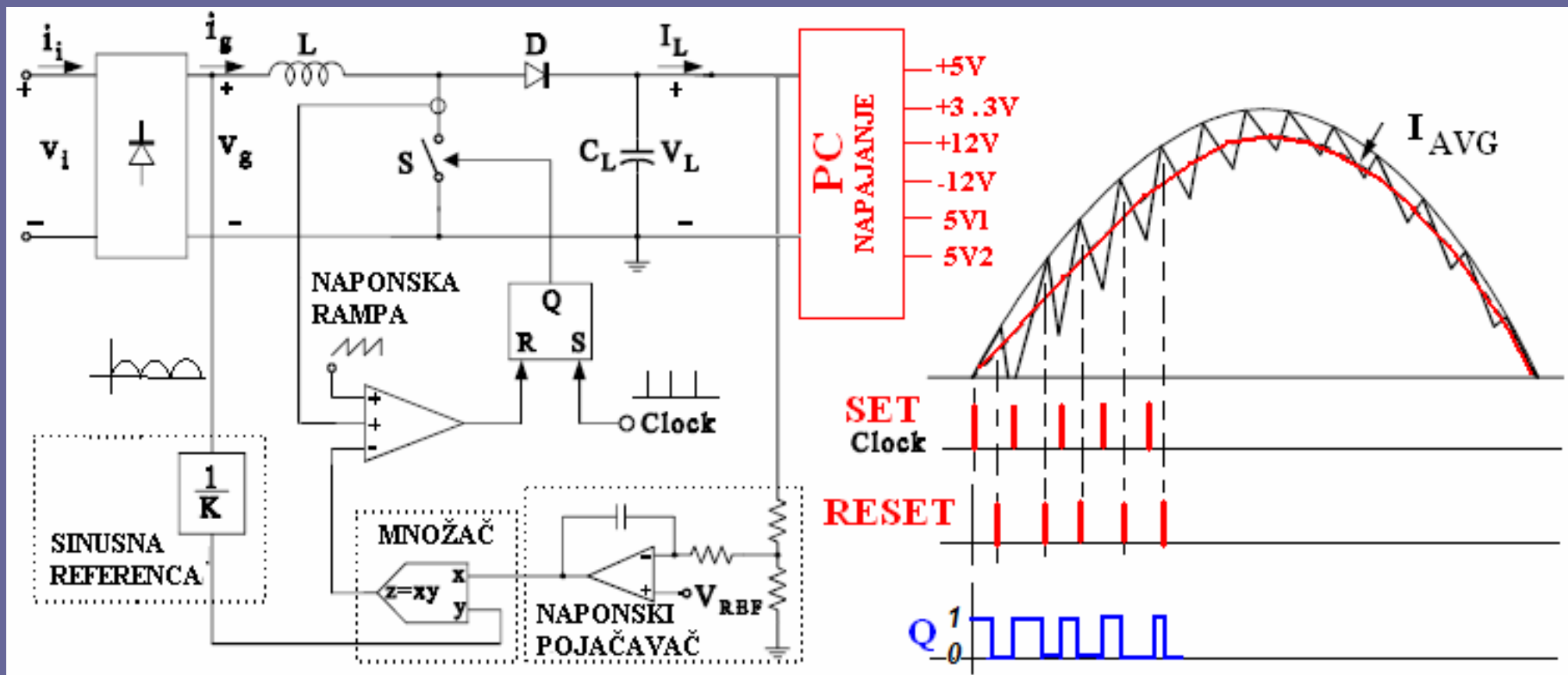
- PRIGUŠNICA L (DC struja)
- BRZA DIODA D
- PREKIDAČ S (MOSFET, IGBT)
- OPTEREĆENJE-PC napajanje

PFC kontroler?????

KAKVA JE NJEGOVA
ARHITEKTURA

JEDNO MOGUĆE REŠENJE→

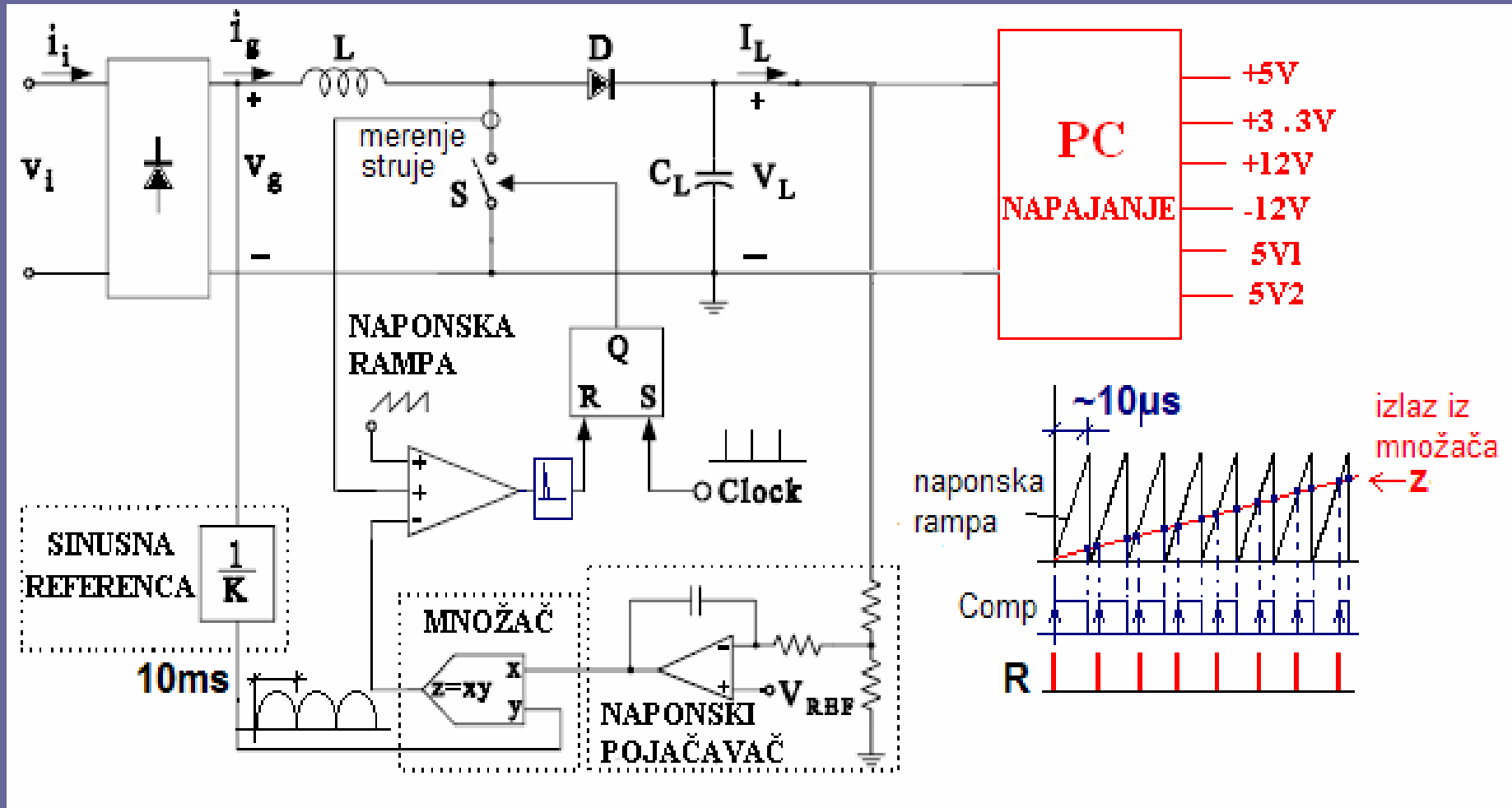
PFC – PROGRAMIRANA STRUJNA KONTROLA VRŠNE ("peak") VREDNOSTI STRUJE



PRINCIPSKI BLOK DIJAGRAM

KARAKTERISTIČNI TALASNI OBLICI

DETALJNI PRIKAZ PFC UPRAVLJAČKOG KOLA

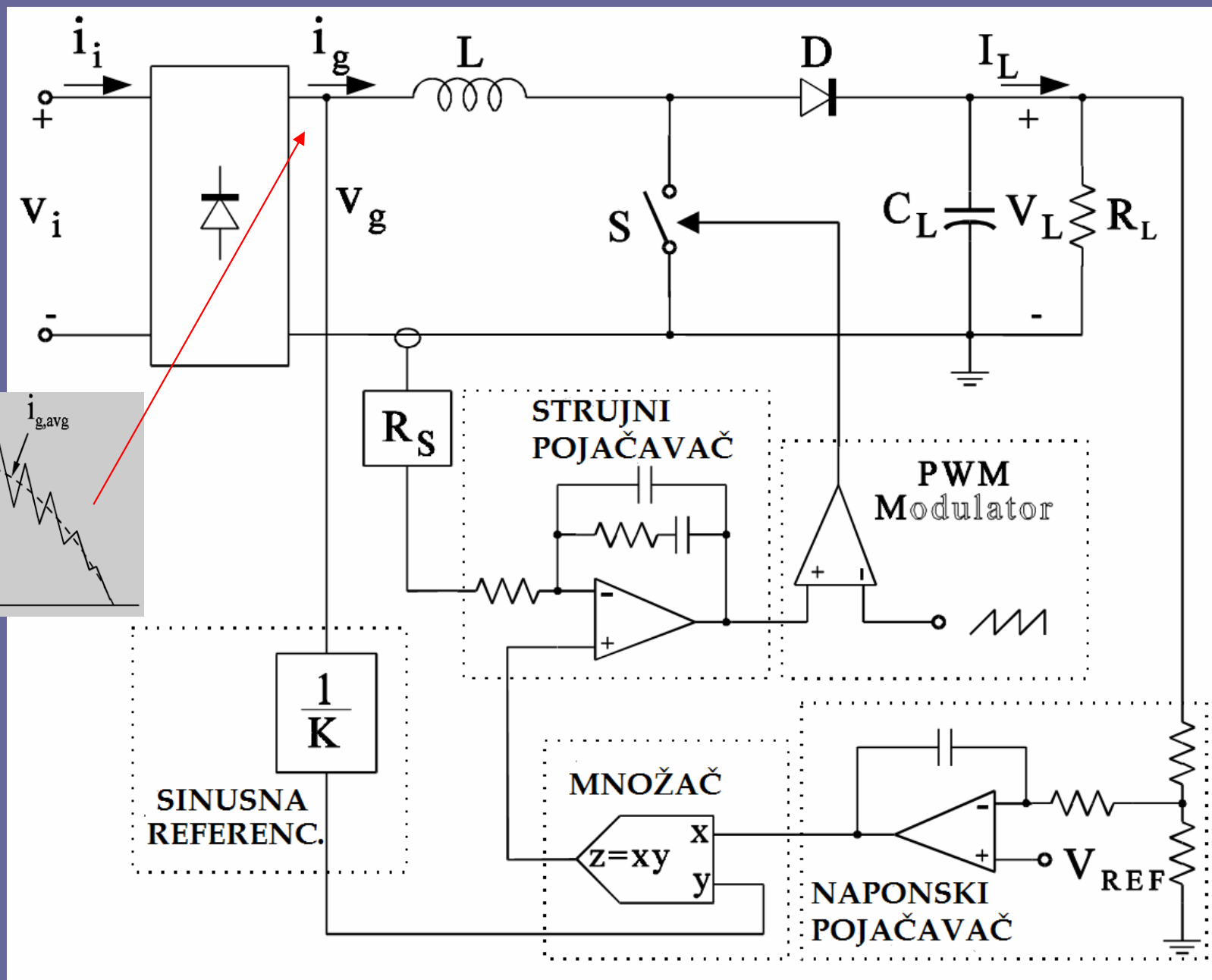


UPRAVLJAČKI BLOKOVI:

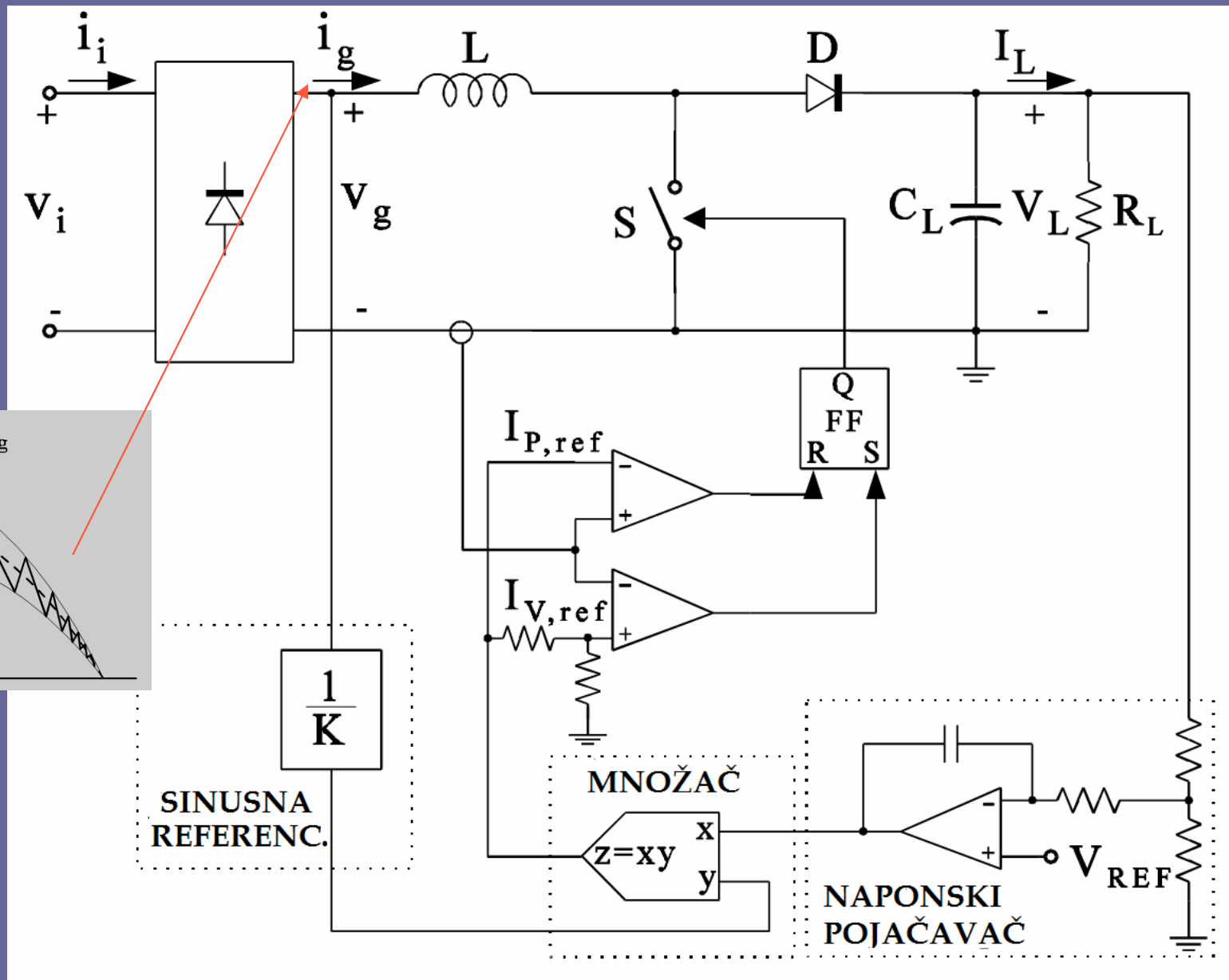
- sinusna referenca
- množać
- komparator (poređenje naponske rampe i izlaza množača)
- naponski pojačavač
- RS flip flop
- generator takta (clock)

KONTROLA VRŠNE (“peak”) VREDNOSTI STRUJE

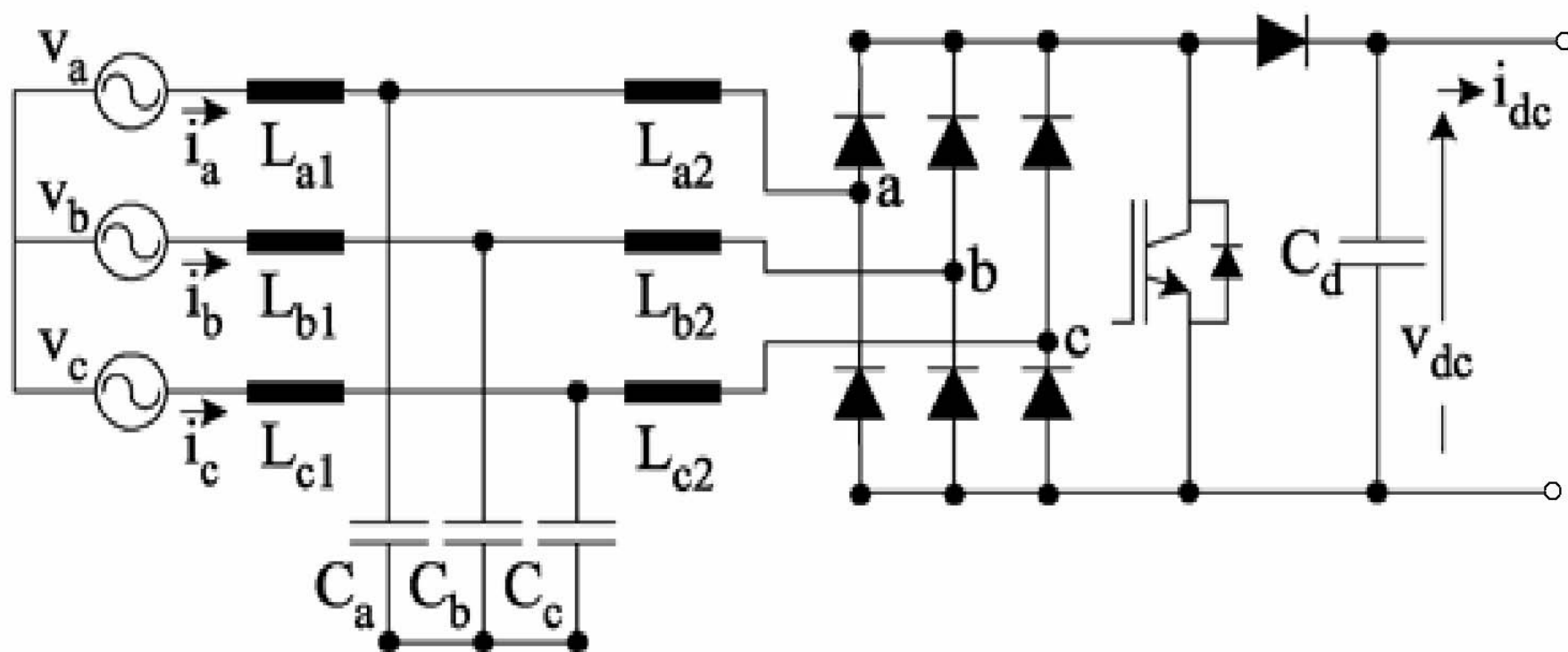
PFC – KONTROLA SREDNJE (“average”) VREDNOSTI STRUJE



PFC – HISTEREZISNA KONTROLA ULAZNE STRUJE

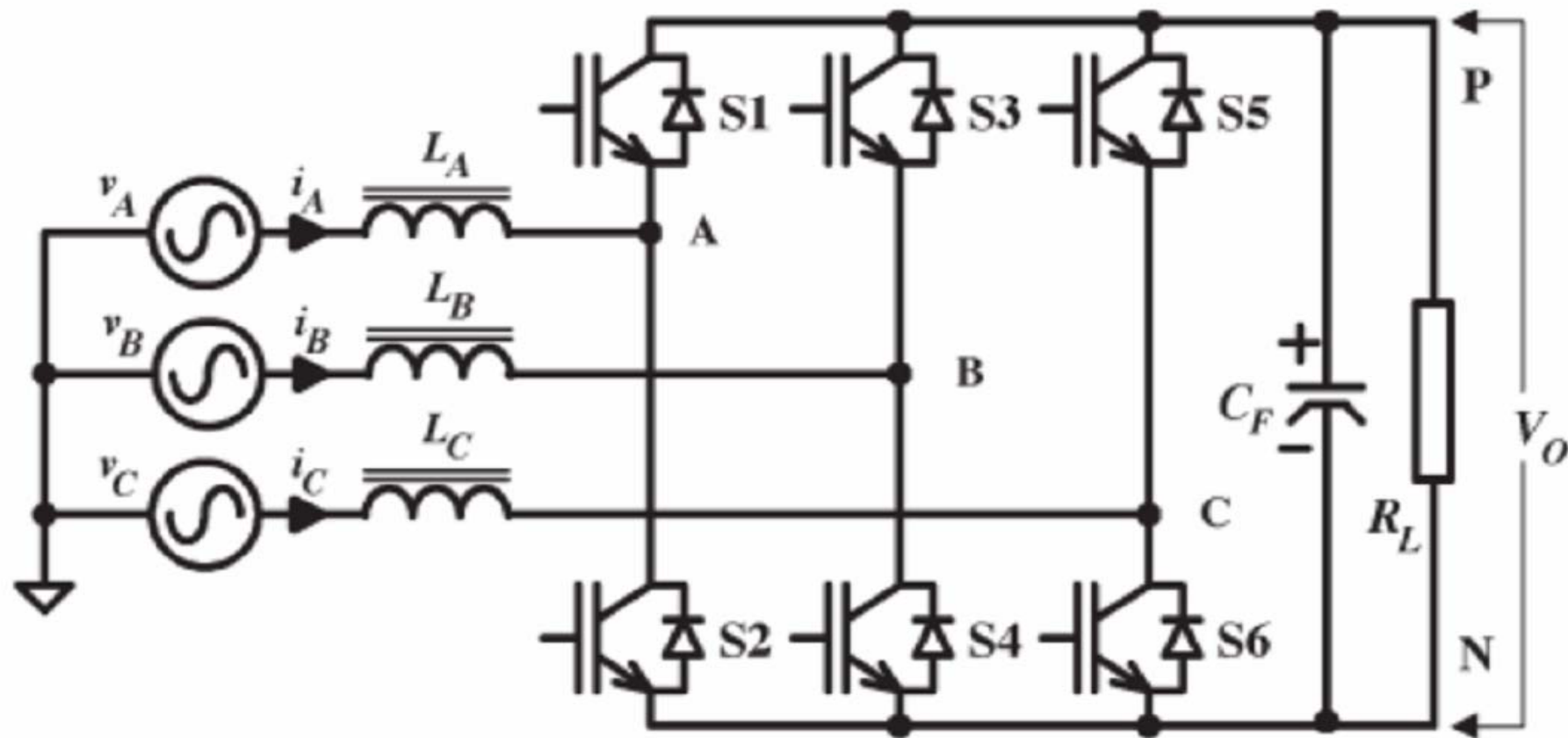


Korekcija faktora snage kada je ulazni mrežni napon trofazni



- TRI PODIZAČA NAPONA
- ZAJEDNIČKI PREKIDAČKI ELEMENAT, DIODA
- ZAJEDNIČKO DC MEĐUKOLO (kondenzator C_d)
- ULAZNI TROFAZNI L-C FILTER
- BOOST PRIGUŠNICE L_{a2} , L_{b2} , L_{c2}

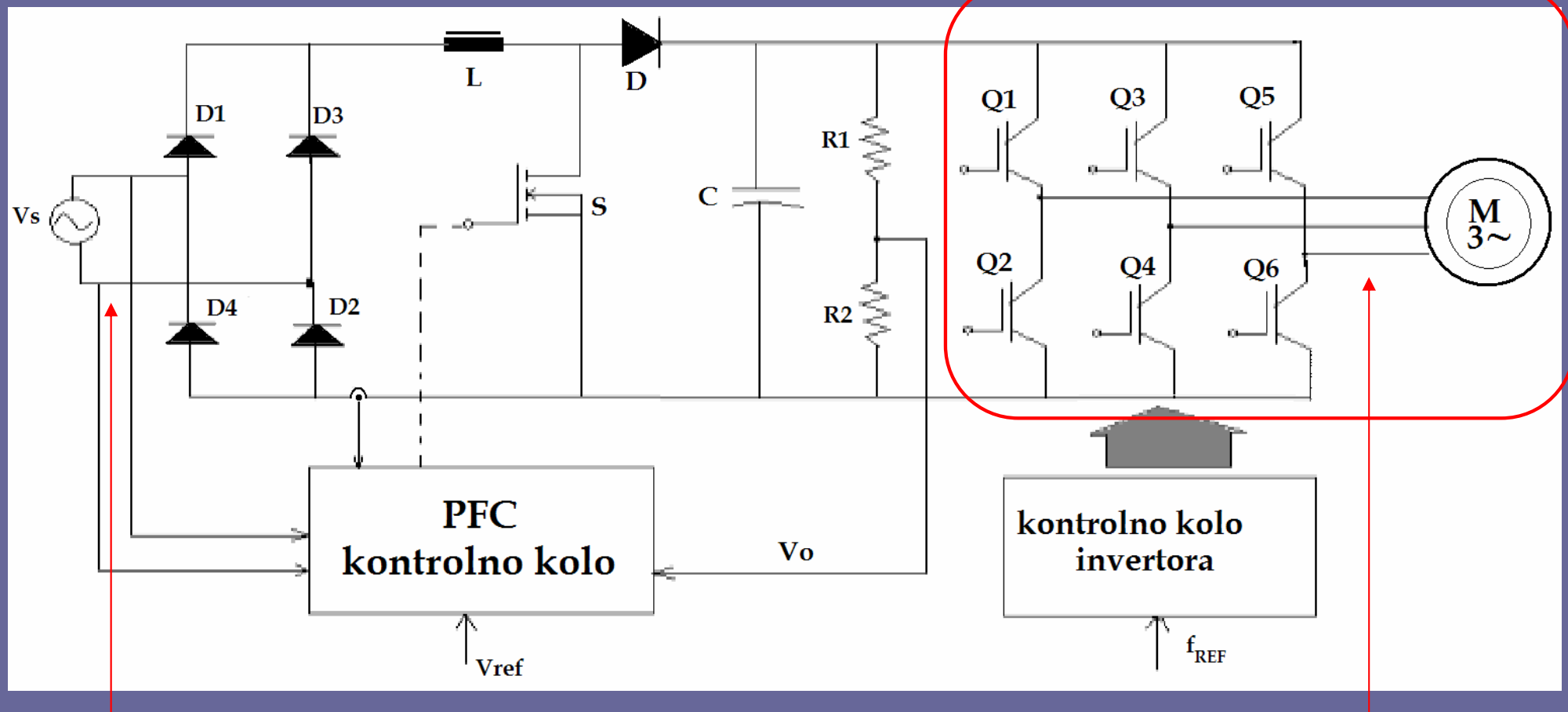
TROFAZNI KOREKTOR FAKTORA SNAGE SA ŠEST PREKIDDAČKIH ELEMENATA



- BOOST PRIGUŠNICE NA AC STRANI
- NEMA PROBLEMA SA ZASIĆENJEM i DC REŽIMOM
- MAGNETNO KOLO PRIGUŠNICE MOŽE BITI ZA NISKE UČESTANOSTI

Korekcija faktora snage u AC motornom pogonu

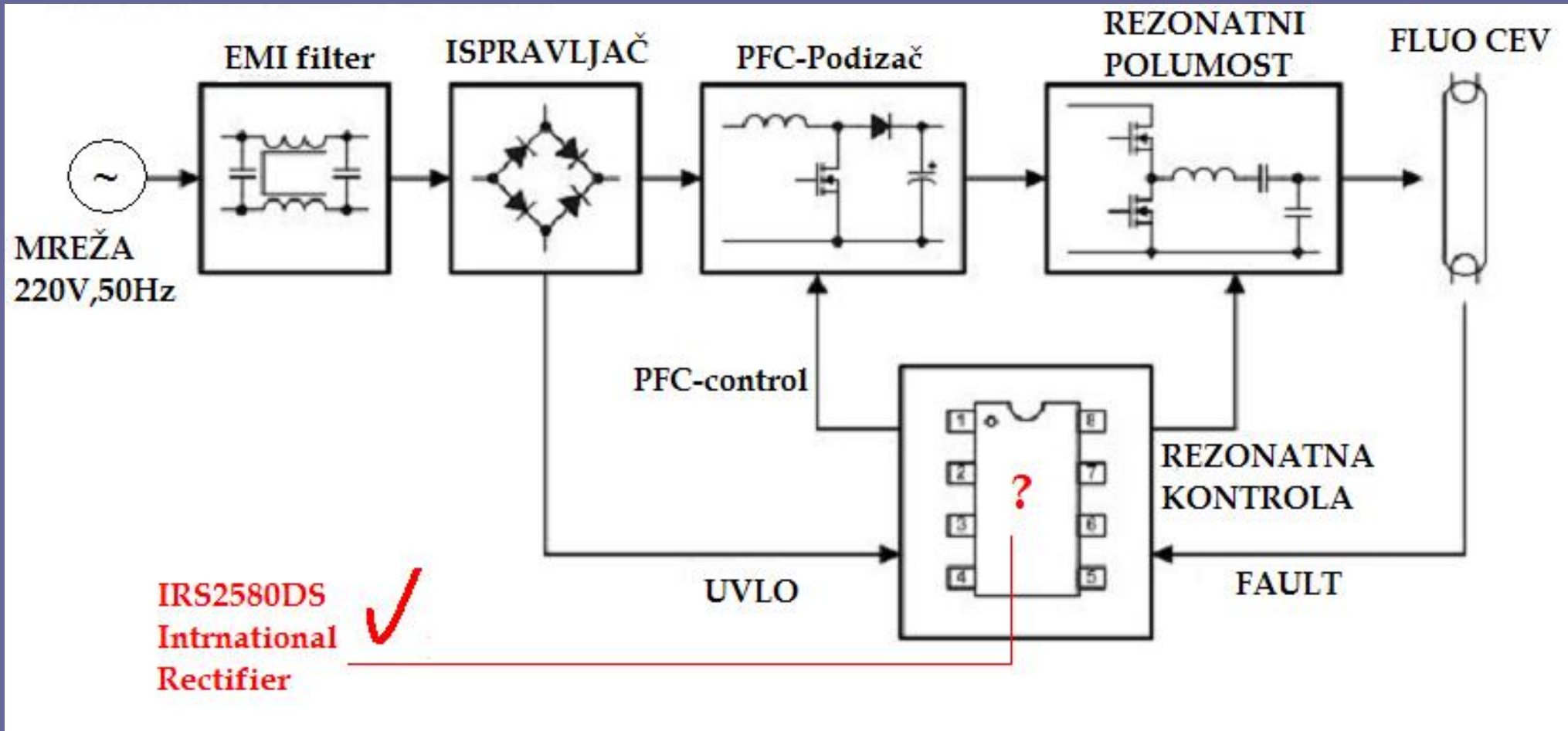
OPTEREĆENJE PFC KONVERTORA



-ULAZ JE MONOFAZNI 220/110V, 50 (60)Hz
-U JEDNOSMERNOM MEĐUKOLU JE
PODIZAČ NAPONA

-IZLAZ JE TROFAZNI
-POSEBNO KONTROLNO KOLO
INVERTORA

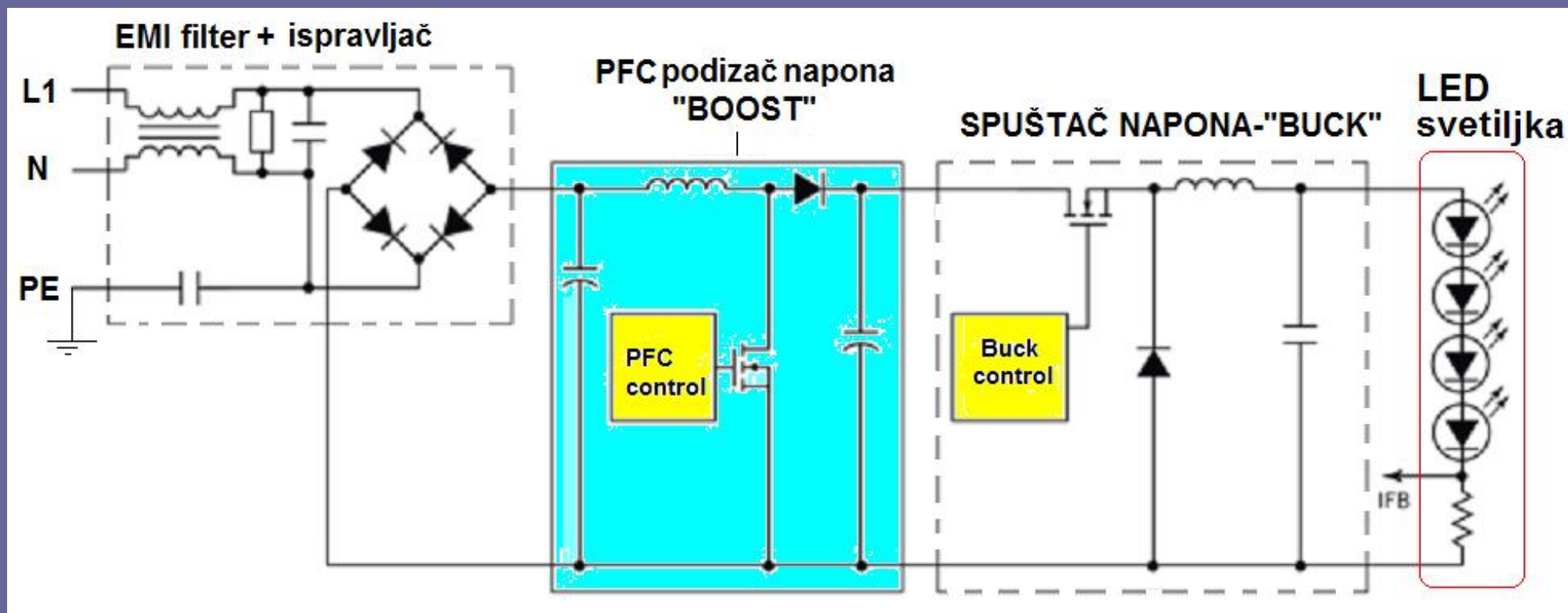
Korekcija faktora snage u kolu napajanja fluorescentnih svetiljki



U čipu IRS2580DS je integrisana PFC kontrola i rezonantna kontrola pretvarača za pobudu fluorescentne svetiljke
DODATNE FUNKCIJE: Under Voltage Lock Out (UVLO) i detekcija neispravnosti fluorescentne svetiljke (FAULT)

Korekcija faktora snage u kolu napajanja LED svetiljki

EMI-ElectroMagnetic Interference (Elektromagnetna Interferenca)



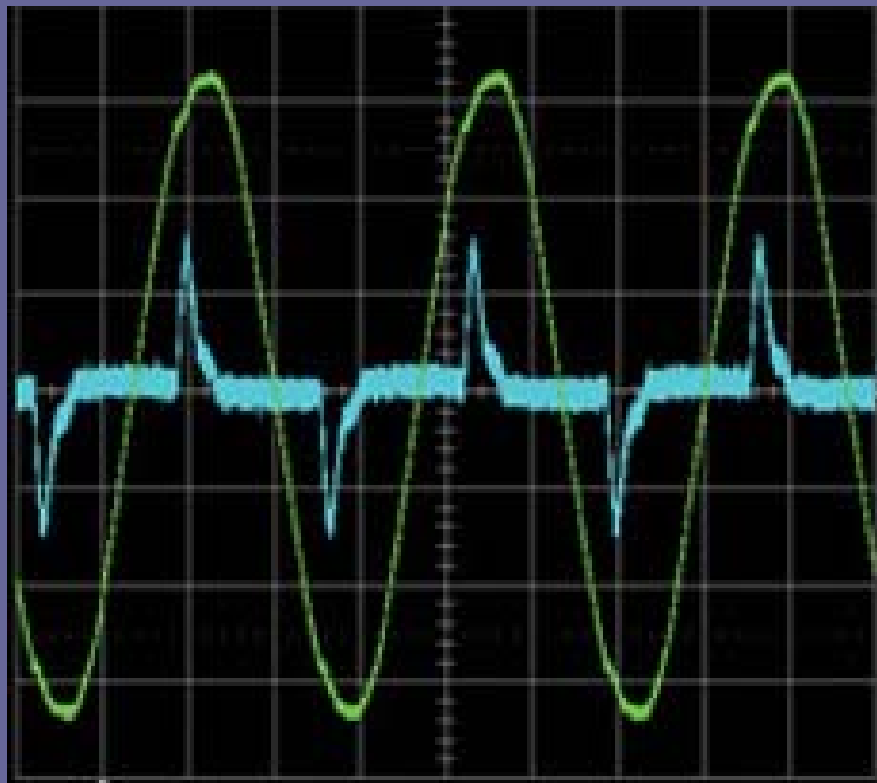
ULAZNI DEO ČINE
EMI FILTER I
DIODNI ISPRAVLJAČ

→ Potiskivanje smetnji

PFC KOREKTOR
PREDREGULATOR
NAPAJANJA

STABILIZATOR
NAPAJANJA
LED SVETILJKE

A KAKVI SU STVARNI TALASNI OBLICI ULAZNE STRUJE NAPAJANJA BEZ PFC ????????????



- Ulazna struja PC napajanja bez korekcije faktora snage
- Faktor snage: jako loš

ULAZNA STRUJA

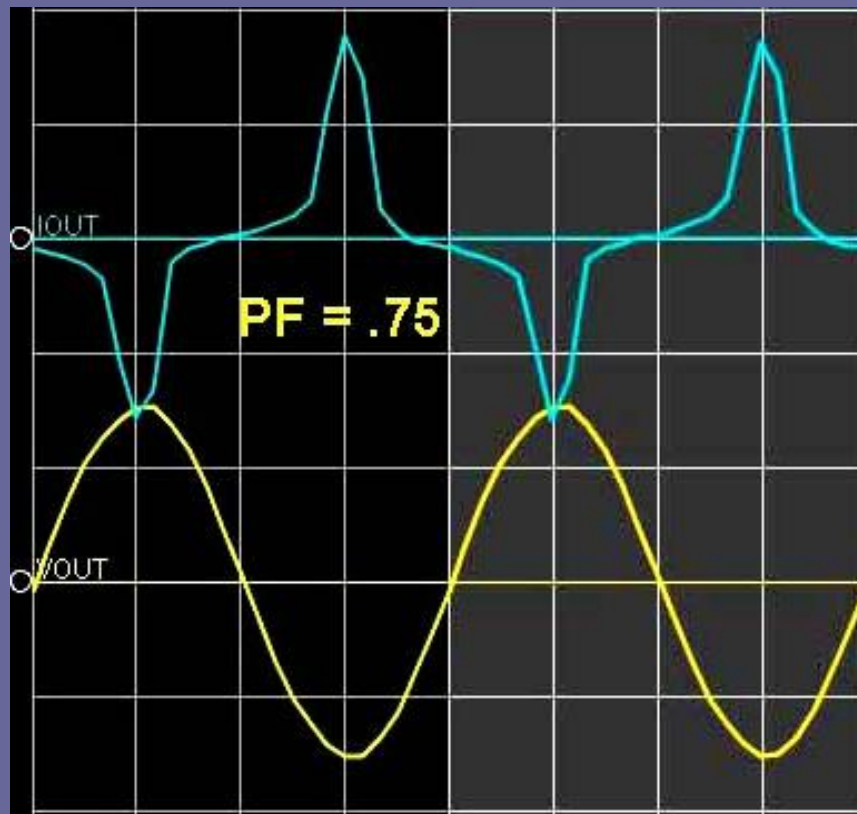


10A/c

MREŽNI NAPON



100V/c



- **Ulazna struja PC napajanja bez korekcije faktora snage ali sa prigušnicom postavljenom prema mrežnom napajanju**
- **Faktor snage: $PF=0.75$**

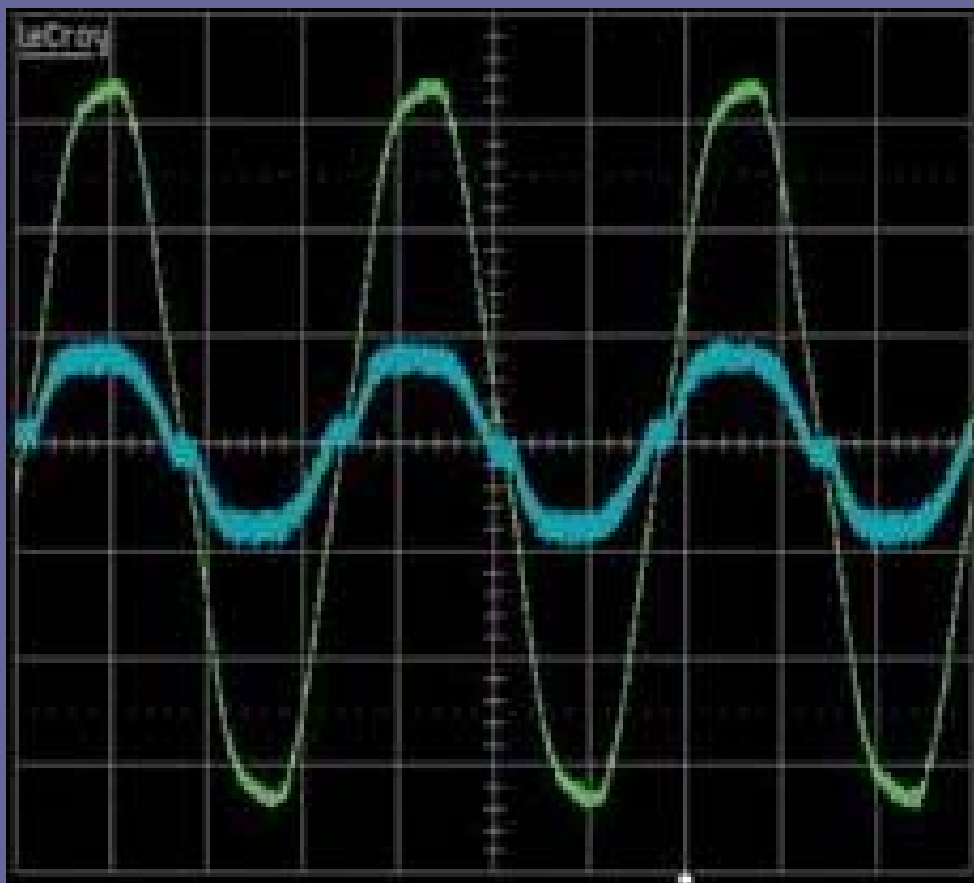
ULAZNA STRUJA

MREŽNI NAPON

5A/c

200V/c

U OVOM SLUČAJU NAPOJNA MREŽA “VIDI” PC RAČUNAR KAO OMSKU OTPORNOST

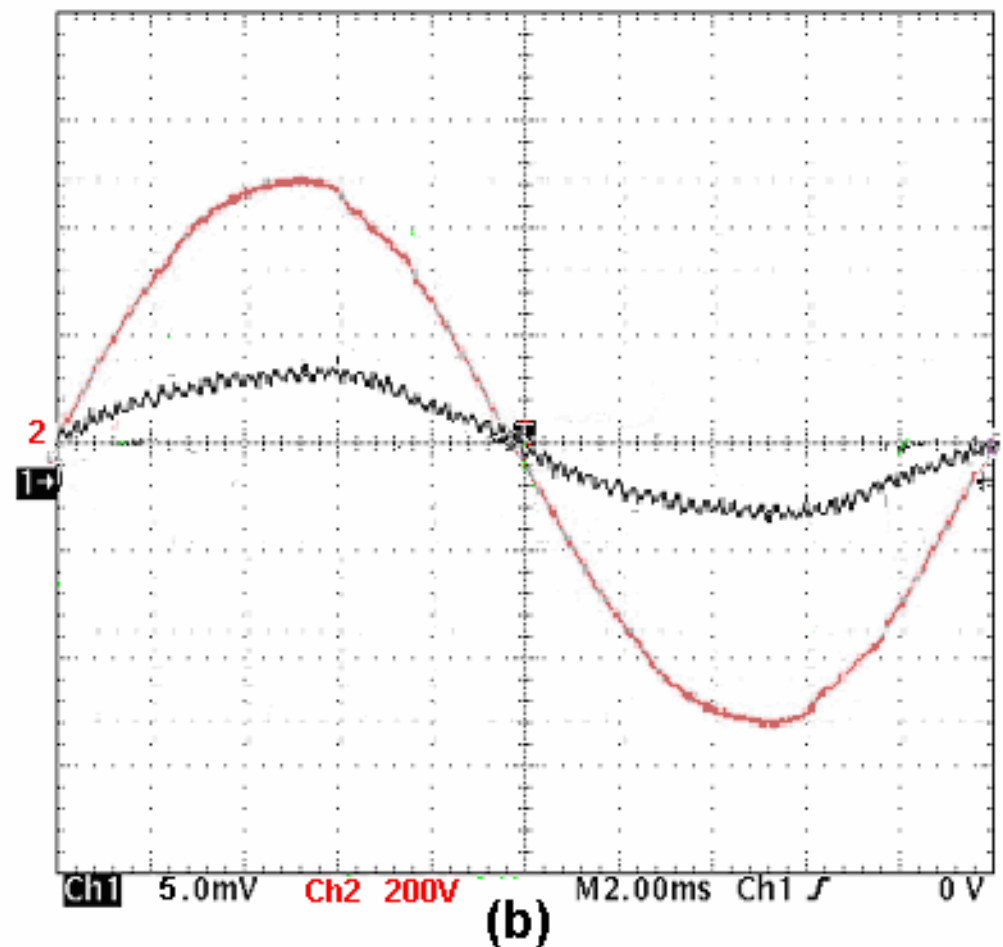
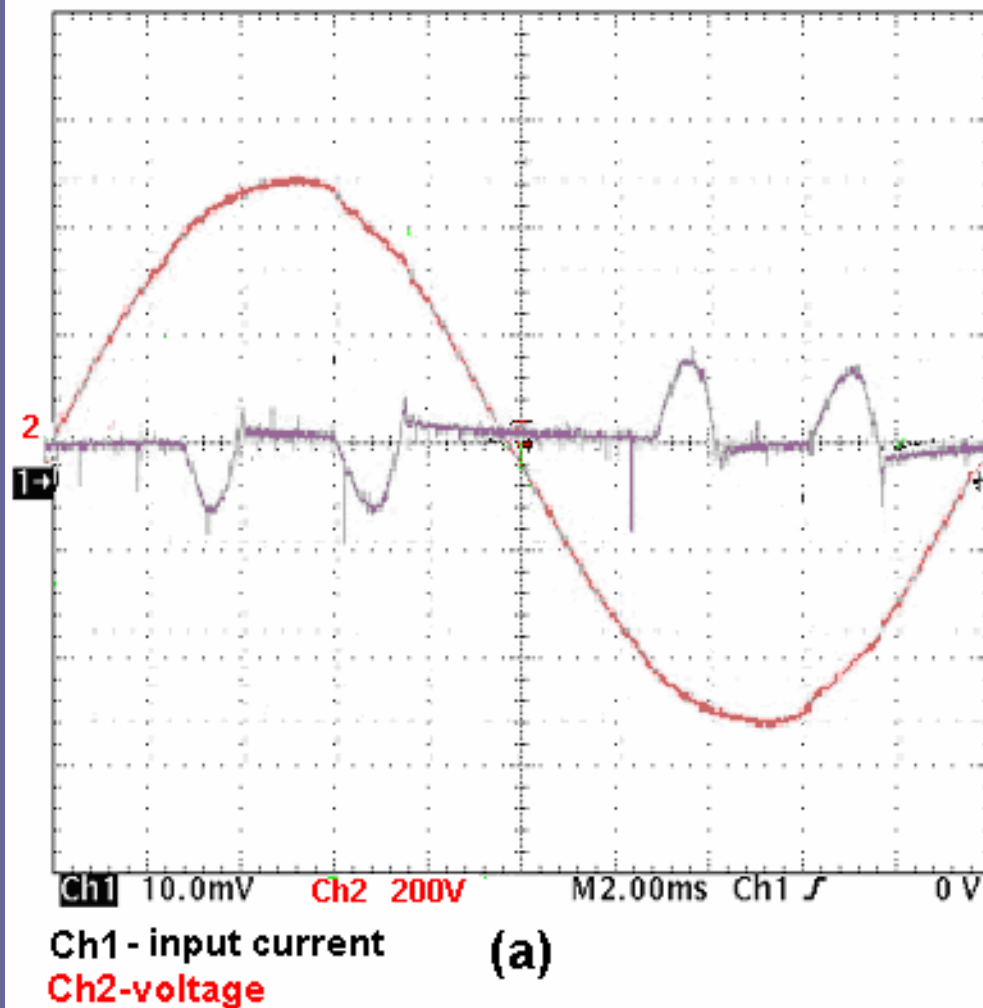


- Ulazna struja tipičnog PC napajanja sa korekcijom faktora snage
- Faktor snage: $PF=1$

ULAZNA STRUJA ————— 1A/c

MREŽNI NAPON ————— 100V/c

TALASNI OBLICI ZA TROFAZNI PFC



(a)- BEZ KOREKCIJE
FAKTORA SNAGE

(b) – SA KOREKCIJOM
FAKTORA SNAGE

ZAKLJUČCI

- ▣ KOREKCIJOM FAKTORA SNAGE SE POSTIŽU SLEDEĆI POZITIVNI EFEKTI:

+POVEĆANJE EFIKASNOSTI NAPOJNE MREŽE

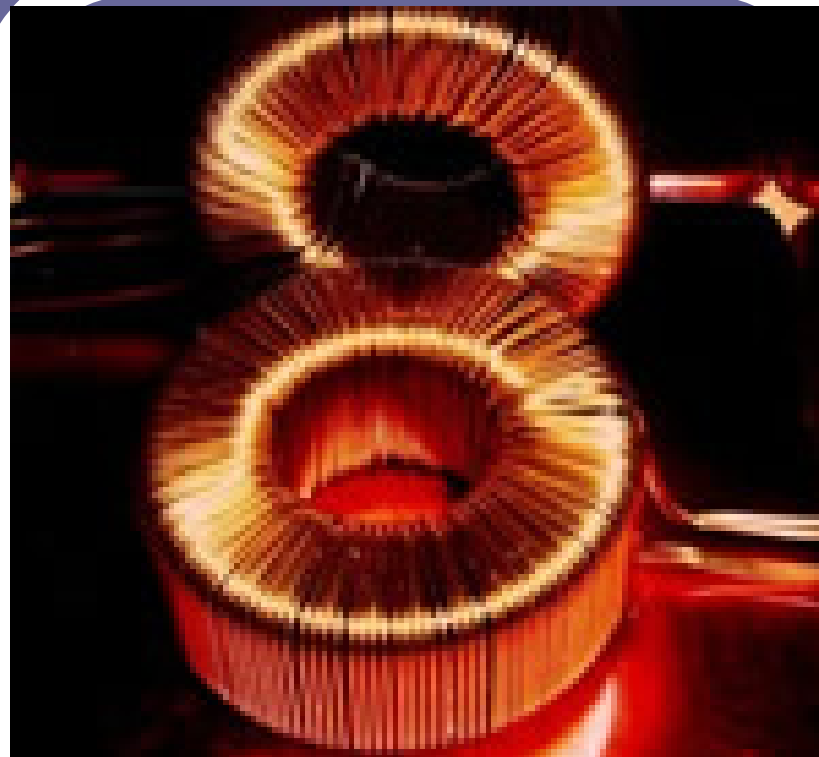
+REDUKCIJA “ZAGAĐENJA” NAPOJNE MREŽE
ŠTETNIM HARMONICIMA

- ▣ 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!!!!!!

▣ HVALA NA
PAŽNJI!!!!



- PITANJA?
- DILEME ?????

U Beogradu
13.12.2012 god.