

## Projektiranje Električnih Postrojenja-PEP

*filtrar predavanja*

## Sadržaj

Projektiranje Električnih Postrojenja-PEP.....	1
Uvodno predavanje .....	4
1_Predavanje „ Uvod u projektiranje“ .....	4
Projektiranje.....	4
Trgovačko društvo .....	4
Osnovni sudionici u gradnji postrojenja .....	5
Poznavanje metoda, postupaka projektiranja .....	5
Poznavanje raspoloživih proizvoda, elemenata i podsustava.....	6
Poznavanje standarda i preporuka.....	6
Poznavanje granskih normi .....	6
Nužna osnova (resursi) za projektiranje .....	7
1. Kadrovska osnova .....	7
PROJEKTANT.....	7
Ovlašteni projektant .....	7
Zahtjevi na projektante.....	7
2. Materijalna osnova .....	8
2.1 Alati za projektiranje .....	8
2.2 Oprema za kopiranje i uvezivanje projekata .....	8
2.3 Oprema za arhiviranje projekata .....	8
2.4 Prostor i osnovna oprema projektnog biroa .....	8
3. Tržište - Osiguranje poslova projektiranja EEP .....	8
2_Predavanje „Dokumentacija“ .....	10
DOKUMENTACIJA OBJEKTA.....	10
PROJEKTNI ZADATAK .....	10
IDEJNO RJEŠENJE .....	10
IDEJNI PROJEKT.....	11
INVESTICIJSKI ELABORAT.....	11
GLAVNI PROJEKT.....	11
NATJEČAJNA (TENDER) DOKUMENTACIJA .....	11
GLAVNI IZVEDBENI PROJEKT .....	12
UPUTE ZA MONTAŽU I IZVOĐENJE .....	12

PROJEKT IZVEDENOG STANJA.....	12
TEKSTUALNI DIO DOKUMENTACIJE .....	12
NACRTNI DIO DOKUMENTACIJE .....	13
OZNAČAVANJE ELEMENATA ELEKTRIČNIH POSTROJENJA.....	13
3_Predavanje „Električne sheme“ .....	16
ELEKTRIČNE SHEME, DIJAGRAMI I TABLICE .....	16
VRSTE SHEMA .....	16
4_Predavanje .....	17
“ OSNOVNE DEFINICIJE ZA IZBOR KARAKTERISTIKA STRUJNIH TRANSFORMATORA” .....	17
5_Predavanje “Proračun strujnih transformatora”.....	18
Faktor sigurnosti.....	19
• Klasa P .....	20
• Klasa TPS.....	20
• Klasa TPX .....	20
• Klasa TPY.....	20
• Klasa TPZ.....	20
<i>Strujni transformatori za mjerjenje</i> .....	20
Proračun strujnih transformatora .....	21
• Energetski transformator: .....	22
• Maksimalne struje jednopolnog kvara:.....	22
1. Jezgra za diferencijalnu zaštitu.....	22
2. Jezgra za nadstrujnu zaštitu .....	23
3. Jezgra za mjerjenje i regulaciju transformatora .....	24
• Potrošnja spojene opreme .....	24
6_Predavanje “ Izbor mjernih transformatora” .....	24

## Uvodno predavanje

Prof. dr. sc. Ante Marušić  
Dr. sc. Juraj Havelka

S. Badanjak: Osnove inženjeringu u izgradnji,  
Energetika marketing, Zagreb, 1996  
Zakon o prostornom uređenju i gradnji - N.N. RH,  
Zagreb, 2007, <http://www.nn.hr/clanci/sluzbeno/2007/2395.htm>

### Elementi ocjenjivanja

- a) Aktivno sudjelovanje u nastavi (P+L) 8 % blicevi su na labosima i predavanjima
- b) Domaća zadaća (jedan projekt) 20 %
- c) Brza provjera znanja (tri provjere) 12 %
- d) 1. međuispit 15 %
- e) 2. međuispit 15 %
- f) Završni ispit (ponovljeni ZI) 30 %

Minimalni postotak bodova za pristup završnom ispitu je 35,0 % i pozitivno ocijenjen projekt.

Za pozitivnu ocjenu (prolaz) treba ostvariti više od 50,0% mogućih bodova.

## 1\_Predavanje

### „Uvod u projektiranje“

**Projektiranje** je proces izrade dokumentacije novog sustava iz poznatih podataka raspoloživih proizvoda, elemenata i podsustava, primjenom verificiranih metoda i postupaka, a u skladu s propisima.

Definicija projektiranja prema Zakonu o prostornom uređenju i gradnji (Zakonu o gradnji):  
Projektiranje je izrada idejnog i glavnog projekta potrebnog za izdavanje lokacijske (načelne) i građevne dozvole, izrada izvedbenog projekta za potrebe gradnje te projekta za uklanjanje građevine.

**Trgovačko društvo** (d.d., d.o.o) koje se bavi projektiranjem:

- projektni ured,
- projektni biro.

Rezultat procesa projektiranja je **PROJEKT**.

- Idejni projekt
- Glavni projekt
- Izvedbeni projekt
- Projekt izvedenog stanja

## Osnovni sudionici u gradnji postrojenja

### Investitor

(u njegovo ime se gradi građevina)

- Projektant  
(odgovoran da projekti zadovoljavaju sve uvijete zakonodavca, investitora i tehničke struke)

- Izvođač  
(gradi građevinu u skladu s projektima)
- Nadzor  
(stručni nadzor građenja u ime investitora)
- Revident  
(obavlja kontrolu projekta)
- Ispitivač  
(ispituje da li je sve izgrađeno po projektu)

### Nužne pretpostavke (znanja) za projektiranje

## Poznavanje metoda, postupaka projektiranja

- Proračun kratkog spoja (proračun termičke i dinamičke opteretivosti dijelova postrojenja)
- Proračun tokova snaga
- Proračun uzemljenja
- Proračun rasvjete
- Proračun pokretanja motora
- Proračun gromobranske zaštite
- Proračun prenaponske zaštite
- Proračun istosmjernog razvoda
- Proračun izmjeničnog razvoda
- Proračun podešenja relejne zaštite
- Proračun klimatizacije
- Proračun hlađenja
- Proračun buke
- Proračun generatora – konstrukcija
- Proračun transformatora - konstrukcija
- Proračun sila i provjesa dalekovoda

- Proračun sila na dalekovodni stup
- Proračun temelja stupa
- Proračun niskonaponskih mreža (gubici i padovi napona)
- Proračun utjecaja dalekovoda na telekomunikacije
- Proračun utjecaja dalekovoda na cjevovode

#### Nužne pretpostavke (znanja) za projektiranje

### Poznavanje raspoloživih proizvoda, elemenata i podsustava

- Katalozi i prospekti proizvođača primarne i sekundarne opreme
- Projektantske podloge

#### Poznavanje zakona

(npr. Zakon o prostornom uređenju i gradnji)

- Primjena zakona je obvezna!

#### Poznavanje elektrotehničkih propisa i normi

- Primjena propisa i normi je obvezna!

#### Nužne pretpostavke (znanja) za projektiranje

### Poznavanje standarda i preporuka

- Standardi - preporučljiva je njihova primjena.
- Preporuke - nemaju snagu propisa, ali treba znati da su to sakupljena ekspertna znanja.

### Poznavanje granskih normi

- Granske norme (npr. Norme Hrvatske elektroprivrede)

Obvezna je njihova primjena pri projektiranju elektroenergetskih objekata HEP-a.

#### Norme

- HD – Europske harmonizirane norme s nacionalnim izuzecima
- HRN – Hrvatska norma
- HRN HD 637 S1: Električna postrojenja nazivnih izmjeničnih napona iznad 1 kV, 03/2002
- HRN ISO/CIE 8995: Osvijetljenost radnih mjesta u zatvorenom prostoru, 09/2003

## Značajniji međunarodni standardi za električna postrojenja

- IEC 909 – Proračun struja kratkog spoja
- IEC 185/186/44 – Strujni/naponski/mjerni tr.
- IEC 56 – VN prekidači
- IEC 129 – Rastavljači i zemljospojnici
- IEC 265-1 – VN sklopke
- IEC 99 – Odvodnici prenapona
- IEC 71 – Koordinacija izolacij

## Nužna osnova (resursi) za projektiranje

### 1. Kadrovska osnova

#### PROJEKTANT

- Ovlašteni projektant
- Projektant
- Projektant voditelj
- Koordinator projekta
- Suradnik u projektiranju

#### Ovlašteni projektant

- Položen stručni ispit (nakon dvije godine iskustva u struci)
- Upis u Hrvatsku komoru inženjera elektrotehnike <http://www.hkie.hr>

#### Zahtjevi na projektante

- Visoka razina stručnog znanja
- Poslovna umještost - poduzetnost, vođenje
- Sposobnost timskog rada - osnivanje, vođenje i nadziranje specijalističkih timova
- Sposobnost uzajamnog razumijevanja i prilagodbe
- Samostalnost i kreativnost
- Razvijene radne navike
- Profesionalni pristup i temeljitost u radu
- Komunikativnost
- Znanje primijenjene informatike
- Znanje stranih jezika
- Visok poslovni moral i etika te odanost poslodavcu

## 2. Materijalna osnova

### 2.1 Alati za projektiranje

- **Informatička oprema**

PC, radne stanice, grafičke radne stanice, pisači, ploteri, skeneri

- **Opća programska podrška**

Standardni programi za pisanje teksta (Word), tablično računanje (Excel), crtanje (AutoCAD), baze podataka (Access)

- **Specijalni programski paketi** za analizu i projektiranje

elektroenergetskih postrojenja i mreža (NEPLAN, ETAP, EasyPower, PSS, TOKSwin/PowerCAD)

- Specijalni programski paketi za projektiranje električnih postrojenja (E-CAE Electrical - Computer-Aided Engineering)

(CADdy, ePLAN - electric P8, RUPLAN, ELCAD)

- Oprema za mjerenja i ispitivanja

- mjerenja opterećenja, otpora uzemljenja, specifičnog otpora tla

### 2.2 Oprema za kopiranje i uvezivanje projekata

- Fotokopirni strojevi

• Kopirni strojevi s automatskom linijom za formatiranje nacrta

### 2.3 Oprema za arhiviranje projekata

- Standardno arhiviranje gotovih projekata

- Arhiviranje na mikrofilmovima

• Arhiviranje na CD/DVD mediju (izvorne datoteke, skeniranje)

- Zakonske obveze arhive

### 2.4 Prostor i osnovna oprema projektnog biroa

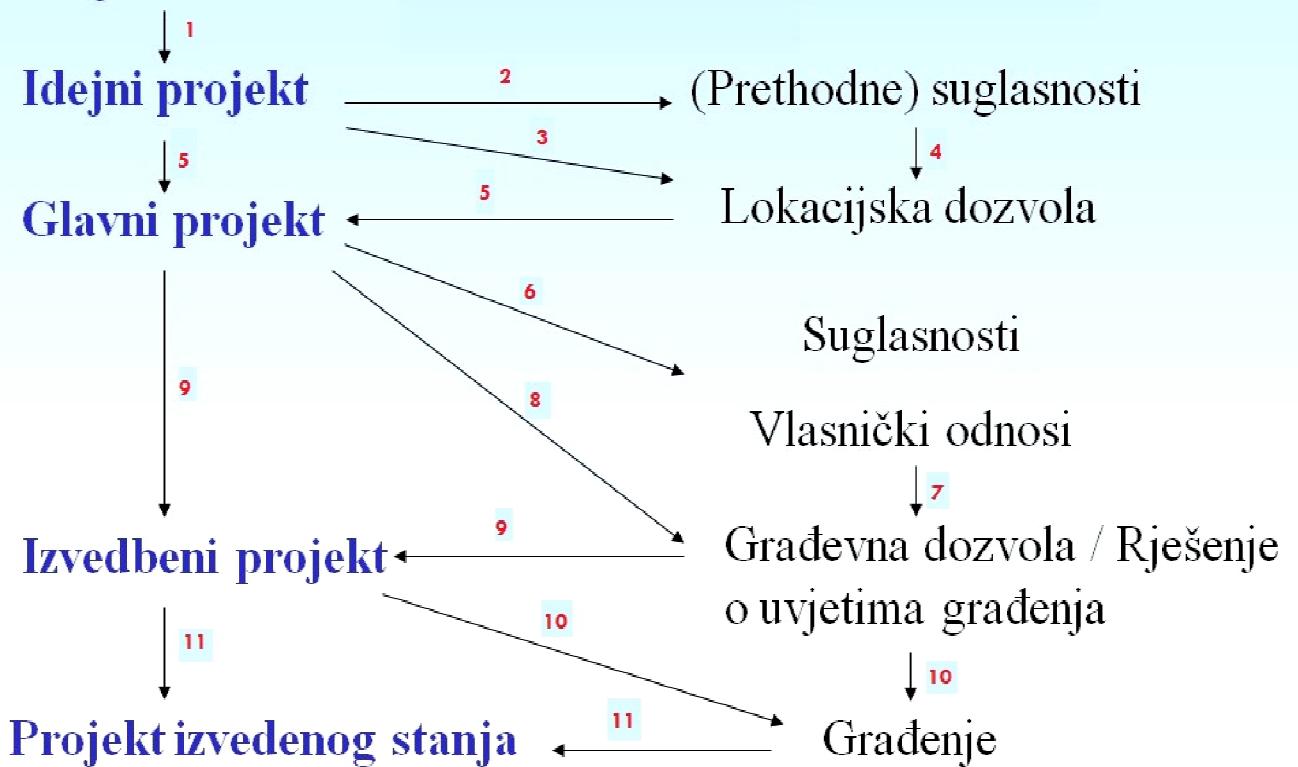
## 3. Tržište - Osiguranje poslova projektiranja EEP

- Kontinuitet u izradi projekata električnih postrojenja

- Cijena izrade projekta

# Osnovni tijek projektiranja

## Projektni zadatak



## 2\_Predavanje „Dokumentacija“

### DOKUMENTACIJA OBJEKTA

- Dokumentacija objekta je skup svih dokumenata (u pisanom, računskom, slikovnom ili drugom obliku) koji omogućuje izradu daljnjih stupnjeva tehničke dokumentacije, izgradnju, ali i održavanje objekta.
- Dokumentacija, kao završni dio projektiranja, omogućuje suvremenim način komuniciranja među stručnjacima koji su uključeni u izgradnju, ispitivanje, puštanje u pogon i održavanje elektroenergetskog objekta.
- Zadatak **projektanta** je svesti opseg dokumentacije na "optimalni minimum".
- Dokumentacija mora biti sustavna, jasna i jednostavna.
- Dokumentacija prati objekt (postrojenje, uređaj ili sklop) od ideje preko izrade do održavanja.
- **Projektant** je fizička osoba ovlaštena za projektiranje sukladno posebnom zakonu i propisima donesenim na temelju zakona.
- **Projektant** je odgovoran da projekti koje izrađuje zadovoljavaju uvjete iz ovog Zakona i posebnih zakona i drugih propisa. Ako u projektiranju sudjeluje više projektanata, investitor je dužan imenovati glavnog projektanta.
- **Glavni projektant** odgovoran je za cjelovitost i međusobnu usklađenost projekata. (*Zakon o prostornom uređenju i gradnji*)

### PROJEKTNI ZADATAK

Definira želju investitora. Sadrži sve osnovne zahtjeve projekta obzirom na: tehničku stranu projekta (tehnički opis, zahtijevane propise, norme i pravilnike, zahtijevane karakteristike aparata i postrojenja i tehničke upitnike za glavnu opremu), ekonomski uvjete, vremenske rokove, pravnu stranu projekta te skice, jednopolne sheme i elektroenergetsko rješenje.

Projektni zadatak ima značajan utjecaj na kvalitetu cijelog projekta, jer je temelj cijelog postupka izrade dokumentacije.

Projektni zadatak izrađuje naručitelj (investitor) sam ili uz pomoć projektanta.

Stručnjaci s puno iskustva i znanja definiraju okvire projekta.

### IDEJNO RJEŠENJE

Određuje osnovne parametre željenog rješenja, odabire se vrsta opreme i izrađuje troškovnik. Prilikom izrade troškovnika traže se informativne ponude ili se procjenjuje trošak realizacije određenog rješenja. Izrađuje se više varijanti koje se uspoređuju po kvaliteti i troškovima. Za svaku varijantu treba biti jasno tehničko rješenje i njegovi učinci.

Na temelju razrađenih idejnih rješenja traži se optimalno tehničko-ekonomsko rješenje.

## IDEJNI PROJEKT

"Idejni projekt je skup međusobno usklađenih nacrta i dokumenata kojima se daju osnovna oblikovno funkcionalna i tehnička rješenja građevine i smještaj u prostoru." (*Zakon o prostornom uređenju i gradnji*)

Odabранo idejno rješenje detaljnije se razrađuje u idejnom projektu sa svrhom izrade investicijskog elaborata te je podloga za glavni projekt.

Idejni projekt sadrži:

- opis načina napajanja, kategorizaciju potrošača, energetsku bilancu,
- opis signalizacije, mjerjenja, nadzora, upravljanja i zaštite,
- tehnički opis,
- nacrte,
- izvadak iz katastarskog plana,
- rezultate istražnih radova,
- pokazatelje ispravnosti tehničkog rješenja.

## INVESTICIJSKI ELABORAT

Sadrži sve što i idejni projekt, a dodaje se još i ekomska analiza:

- rentabilnost,
- analiza odnosa na tržištu,
- opravdanost povećanja kapaciteta (zamjena ili modernizacija opreme,
- opravdanost investicije,
- način financiranja.

Služi za obvezno dokazivanje potrebnih sredstava za investiciju.

## GLAVNI PROJEKT

Predstavlja detaljnu razradu idejnog projekta s potpunim usuglašavanjem pojedinih dijelova projekta te svim podacima za izvođenje, tj izgradnju objekta.

**Glavni projekt** sadrži:

- Opći dokumenti
- Projektni zadatak
- Tehnički opis
- Tehnički proračuni
- Specifikacija opreme
- Nacrti (situacija, jednopolne sheme, dispozicije opreme, pregledni nacrti, blok sheme, ...)
- Elaborati (zaštite na radu, zaštite okoliša, protupožarne zaštite i osiguranja kvalitete).

Služi kao osnova za izradu izvedbene dokumentacije (glavnog izvedbenog projekta) te tender dokumentacije.

## NATJEČAJNA (TENDER) DOKUMENTACIJA

Na temelju obrade glavnog projekta izrađuje se specifikacija opreme, što uključuje:

- tehnički opis,
- tehničke karakteristike opreme,
- specifikaciju radova,
- nacrte.

Na temelju ove tender dokumentacije objavljuje se natječaj za dobavljača opreme i izvođača radova, koji u zadanom roku dostavljaju investitoru svoje ponude. Investitor odabire najpovoljniju ponudu.

## GLAVNI IZVEDBENI PROJEKT

Izrađuje se na osnovi glavnog projekta nakon odabira proizvođača opreme, dobavljača i izvođača radova. Sadrži sve što i glavni projekt te u nacrtnom dijelu još i:

- strujne sheme,
- priključne planove (stezaljki, uređaja),
- kabelske liste,
- nacrte kabelskih trasa,
- liste aparata,
- pregledne nacrte ormara.

Ako se ne izrađuje zasebni izvedbeni projekt (prije izrade glavnog projekta definiran je isporučilac opreme), tada navedeni nacrti trebaju biti izrađeni u glavnom projektu.

## UPUTE ZA MONTAŽU I IZVOĐENJE

U nekim ugovorima (npr. gdje montažu izvodi netko drugi ili gdje se uvodi nova oprema i tehnologija) izvoditelj je dužan izraditi i predati detaljne upute za montažu i upotrebu ugovorenog električnog postrojenja. Na domaćem tržištu, ova obaveza Izvoditelja, još nije raširena.

## PROJEKT IZVEDENOG STANJA

### (DOKUMENTACIJA ZA POGON I ODRŽAVANJE)

Izrađuju se nakon završetka radova. Sadrži detaljne upute za pogon, održavanje i manje popravke u pogonu. Dokumentacija glavnog projekta i dokumentacija za izvođenje, s unesenim korekcijama izvršenim u tijeku proizvodnje i izgradnje. Dokumentacija izvedenog stanja se u skladu s ugovorom isporučuje Investitoru u prikladnom formatu (tiskanom obliku i/ili digitalnom obliku npr. CD/DVD). Dokumentacija izvedenog stanja pohranjuje se i kod Izvođača.

## TEKSTUALNI DIO DOKUMENTACIJE

- **TEHNIČKI OPIS** - PREDSTAVLJA UVOD U DOKUMENTACIJU I OBJEKT (POSTROJENJE, UREĐAJ, SKLOP)
- SADRŽI OPIS ULOGE OBJEKTA U TEHNOLOŠKOM PROCESU, OSNOVNE ZNAČAJKE OBJEKTA, OPIS OSNOVNIH FIZIKALNIH POJAVA I ZBIVANJA U OBJEKTU
- **TEHNIČKO-EKONOMSKO OBRAZLOŽENJE** - SADRŽI OBRAZLOŽENJE EKONOMSKE POTREBE REALIZACIJE OBJEKTA, OBRAZLOŽENJE IZBORA JEDNE OD VARIJANTI IDEJNOG PROJEKTA I TROŠKOVE REALIZACIJE
- **OBVEZNI PRORAČUNI** – PREDSTAVLJAJU SVE PRORAČUNE KOJE JE NUŽNO ILI POTREBNO IZVESTI ZA SAM PROJEKT
- PRORAČUNI SU OSNOVA ZA DIMENZIONIRANJE POJEDINIХ ELEMENATA I SKLOPOVA U OBJEKTU
  
- **UPUTE ZA RUKOVANJE**
- **UPUTE ZA ISPITIVANJE, PODEŠAVANJE I ODRŽAVANJE**
- **OSTALE UPUTE PREMA POTREBI**

- **POPIS OPREME** - IZRAĐUJE SE ZA SVAKI DIO OBJEKTA POSEBNO
- OMOGUĆUJE BRZO PRONALAŽENJE SVAKOG ELEMENTA
- **TROŠKOVNICI**
- TROŠKOVNIK OPREME (NA OSNOVI POPISA OPREME)
- TROŠKOVNIK RADNE SNAGE
- TROŠKOVNIK OSTALIH MATERIJALNIH TROŠKOVA

### NACRTNI DIO DOKUMENTACIJE

- ZA PRIKAZ ELEMENATA KORISTE SE GRAFIČKI SIMBOLI
- JEDINSTVENA MEĐUNARODNA IEC NORMA
- HRVATSKE NORME ZA PODRUČJE ELEKTROTEHNIKE FORMIRAJU SE PREUZIMANJEM I PREVOĐENJEM IEC NORMI
- SIMBOL OPISUJE DJELOVANJE NEKOG ELEMENTA POMOĆU PROPISANIH OZNAKA ZA FUNKCIONALNE SASTAVNE DIJELOVE

### OZNAČAVANJE ELEMENATA ELEKTRIČNIH POSTROJENJA

IEC 750 definira način označavanja elemenata u tehničkoj dokumentaciji električnih postrojenja.

Svaki element se opisuje s 4 grupe oznaka pri čemu se one razlikuju po prefiksu:

- = Viša razina pridruženja (funkcijska pripadnost)
- + Lokacija elementa
- Oznaka elementa
- : Oznaka priključka

### Oznaka više pripadnosti (=)

	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>		<b>4</b>	<b>5</b>
=	<b>N</b>	<b>AA</b>	<b>NN</b>	.	<b>AA</b>	<b>NN</b>

1. Brojanje sistema ili postrojenja
2. Oznaka postrojenja
3. Dio postrojenja (polje)
4. i 5. Detaljnija podjela (priključni ormarić)

Oznaka više pripadnosti (=)

Oznaka postrojenja:

C - 380 kV

D - 220 kV

E - 110 kV  
 H - 30 i 35 kV  
 J - 20 kV  
 K - 10 kV  
 N - <1 kV  
 Q - mjerenje  
 R - zaštita  
 T - energetski transformator  
 U - upravljanje  
 X - procesno računalo  
 Y – telekomunikacije

## Oznaka lokacije (+)

	1	2	3		4	5
+	N	AA	NN	.	AA	NN

1. Brojanje sistema ili postrojenja
2. Oznaka postrojenja
3. Dio postrojenja (polje)
4. i 5. Detaljnija podjela (priključni ormarić)

### Oznaka lokacije (+)

¶Oznaka postrojenja:

C - 380 kV  
 D - 220 kV  
 E - 110 kV  
 H - 30 i 35 kV  
 J - 20 kV  
 K - 10 kV  
 N - <1 kV  
 Q - mjerenje  
 R - zaštita  
 T - energetski transformator  
 U - upravljanje  
 X - procesno računalo  
 Y – telekomunikacije

## Oznaka elementa (-)

	1	2	3
-	A	NNN	AN

1. Vrsta
2. Broj
3. Funkcija (A - OFF, E - ON, L - oznaka vodiča)

### Oznaka elementa (-)

- A - složeni uređaj Q - sklopni aparati
- B - pretvarač neel. i el. veličina R - otpornici
- C - kondenzatori S - sklopni uređaji za upravljačke krugove
- D - binarni elementi T - transformatori
- E - razno U - modulatori, pretvarači el. veličina
- F - zaštitni elementi V - cijevi i poluvodiči
- G - generatori W - kabeli, sabirnice, antene
- H - signalni elementi X - stezaljke (redne stezaljke), utičnice
- K - releji i sklopnici Y - mehanički uređaji s el. pogonom
- L - prigušnice Z - filtri, limiteri
- M - motori
- N - pojačala
- P - mjerni elementi

## Oznaka stezaljke elementa (:)

	1
:	AA..NN

1. Oznaka stezaljke sadrži oznaku stezaljke, kao što je označena na aparatru.

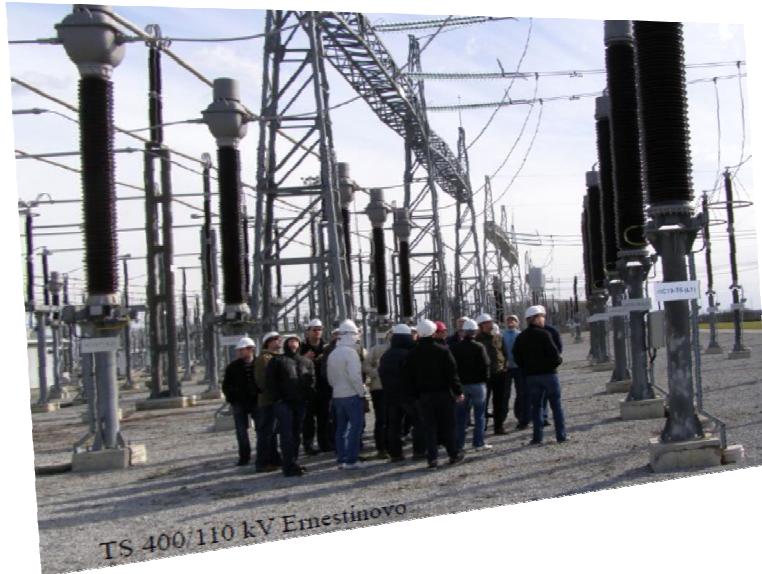
Primjeri označavanja elemenata električnog postrojenja

=E5+R1-F301:1

Stezaljka 1 zaštitnog releja F301, koji se nalazi u relejnem ormaru +R1, a funkcijски pripada 110 KV-nom polju E5.

=E5+E5.S1-S201:2

Stezaljka 2 tipkala S201, koje se nalazi u niskonaponskom ormariću S1 110 kV-nog polja E5, a kojem i funkcijski pripada.



### 3\_Predavanje „Električne sheme“

## **ELEKTRIČNE SHEME, DIJAGRAMI I TABLICE**

- **SHEMA** PRIKAZUJE NAČIN NA KOJI SU POJEDINI DIJELOVI MREŽE, POSTROJENJA, SKUPINE UREĐAJA ILI UREĐAJI MEĐUSOBNO POVEZANI I U KAKVOM SU FUNKCIJSKOM ODNOSU.
- **DIJAGRAM**PRIKAZUJE ODNOSE IZMEĐU RAZNIH OPERACIJA, OPERACIJA I VREMENA, OPERACIJA I FIZIKALNIH VELIČINA, STANJA RAZNIH ELEMENATA
- **TABLICA** NADOMJEŠTA ILI DOPUNJAVA SHEMU ILI DIJAGRAM

### **VRSTE SHEMA**

1. PREGLEDNA SHEMA
2. JEDNOPOLNA SHEMA

3. BLOK SHEMA
4. STRUJNA SHEMA
5. NADOMJESNA SHEMA
6. DIJAGRAM ILI TABLICA SLIJEDA OPERACIJA
7. DIJAGRAM ILI TABLICA VREMENSKOG SLIJEDA
8. PRIKLJUČNI PLAN (ILI SHEMA) UNUTARNJIH SPOJEVA
9. *PRIKLJUČNI PLAN (ILI SHEMA) UREDAJA (APARATA)*
10. PRIKLJUČNI PLAN REDNIH STEZALJKI
11. LISTA KABELA
12. DISPOZICIJSKI CRTEŽ

#### **4\_Predavanje**

**“OSNOVNE DEFINICIJE ZA IZBOR KARAKTERISTIKA STRUJNIH TRANSFORMATORA”**

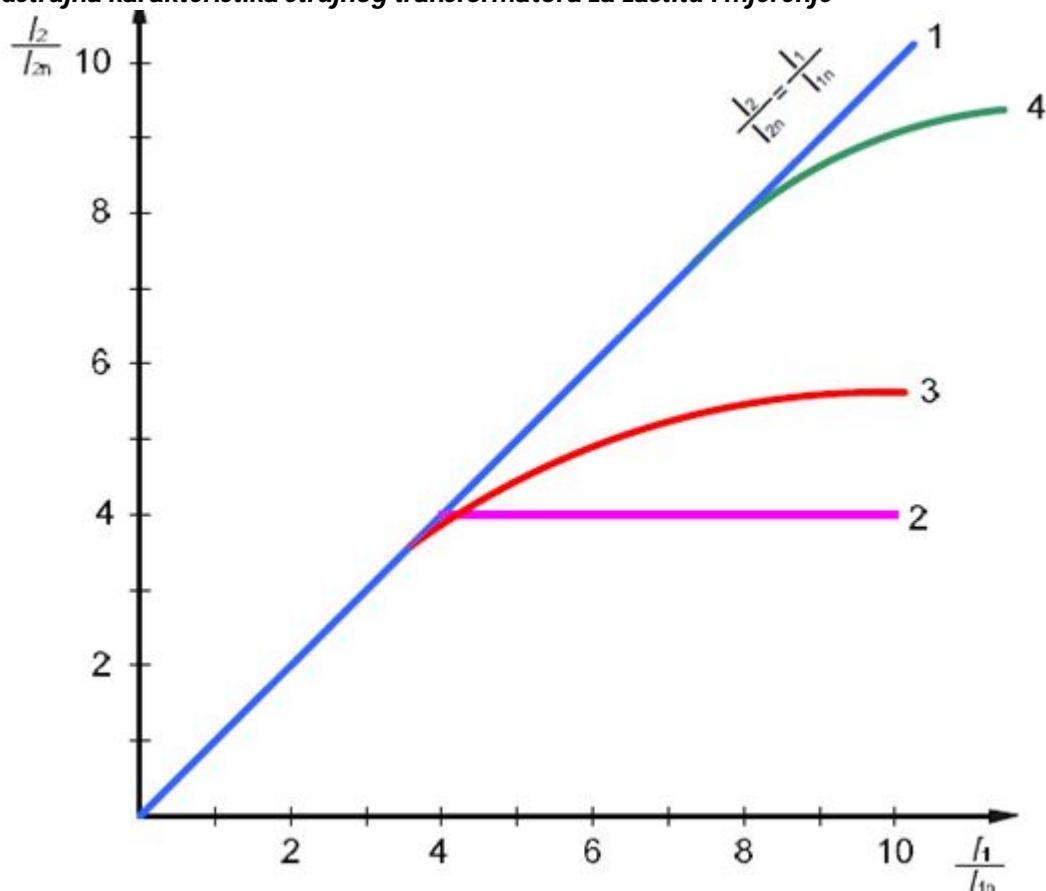
[http://www.fer.hr/\\_download/repository/Strujni-transformator%5B3%5D.pdf](http://www.fer.hr/_download/repository/Strujni-transformator%5B3%5D.pdf)

## 5\_Predavanje "Proračun strujnih transformatora"

Karakteristike mjernih transformatora definirane su IEC standardom

- IEC 60044-1 Strujni transformatori
- IEC 60044-2 Induktivni naponski transformatori
- IEC 60044-3 Kombinirani naponski transformatori
- IEC 60044-5 Kapacitivni naponski transformatori
- IEC 60044-6 Strujni transformatori pri prijelaznim stanjima
- IEC 60044-7 Elektronički naponski transformatori
- IEC 60044-8 Elektronički strujni transformatori

**Nadstrujna karakteristika strujnog transformatora za zaštitu i mjerjenje**



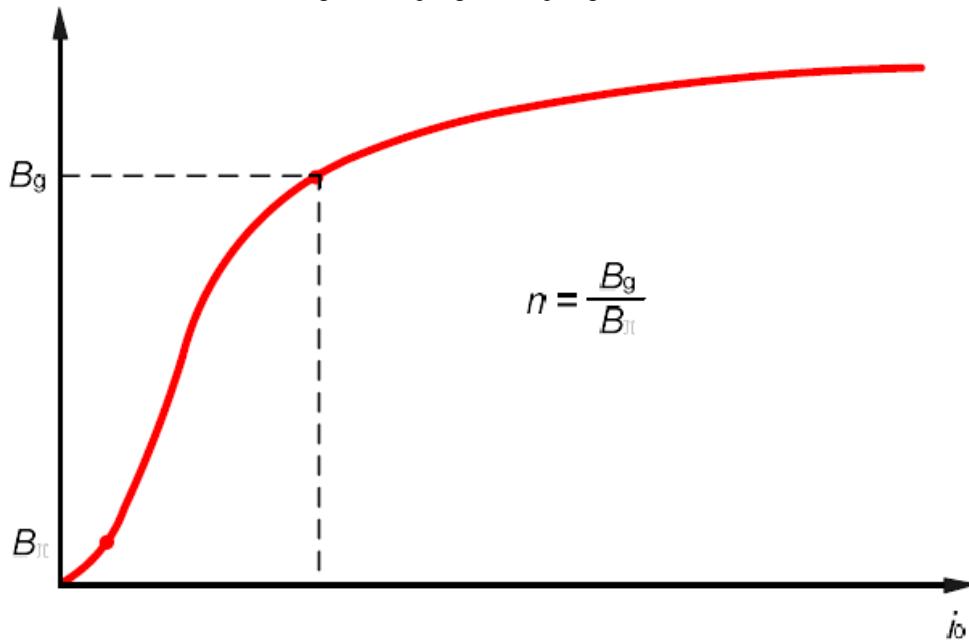
1 - idealna karakteristika ST za zaštitu,

2 - idealna karakteristika ST za mjerjenje,

3, 4 - strujna karakteristika ST za mjerjenje pri 100% i 50% opterećenja

- **Granični faktor točnosti** je omjer nazivne primarne granične struje točnosti i nazivne primarne struje. Ustaljena oznaka (starija literatura) za granični faktor točnosti ili nadstrujni broj je **n**. Standardne vrijednosti graničnog faktora točnosti su 5, 10, 15, 20 i 30.
- Graničnim faktorom točnosti približno je određena indukcija pri nazivnoj struci i opterećenju  $B_n$  u odnosu na indukciju koljena  $B_g$  na krivulji magnetiziranja magnetskog kruga.

### Nelinearna karakteristika magnetske jezgre strujnog transformatora



### Faktor sigurnosti

Obzirom na vladanje strujnog transformatora pri strujama većim od nazivne razlikujemo strujne transformatore za mjerjenje i strujne transformatore za zaštitu. Vladanje strujnog transformatora za mjerjenje u području struja viših od nazivne karakterizirano je nazivnom sigurnosnom strujom  $I_{1s}$  koju definiramo relacijom:

$$\frac{I_{2s}}{I_{2n}} \leq 0,9 \cdot \frac{I_{1s}}{I_{1n}} = 0,9 \cdot F_s$$

- gdje je  $F_s$  faktor sigurnosti.
- Standardizirane vrijednosti su  $F_s=5$  i  $F_s=10$ .
- **Nazivna termička struja kratkog spoja** je efektivna vrijednost primarne struje koju će transformator izdržati u vremenu od 1 sekunde, a da ne pretrpi znatna oštećenja pri kratkospojenom sekundarnom namotu. Ukoliko kratki spoj djeluje više od 1 sekunde, nova termička granica određuje se relacijom:

$$I'_{th} = \frac{I_{th}}{\sqrt{t}}$$

- Standardne efektivne vrijednosti primarnih struja (kA) su:

6.3 – 8 – 10 – 12.5 – 16 – 20 – 25 – 31.5 – 40 – 50 – 63 – 80 – 100

- **Dinamička granična struja**  $I_{din}$  je tjemena vrijednost koju strujni transformator može izdržati pri

kratkospojenom sekundarnom namotu, a da ga ne oštete sile koje uzrokuje ta struja.

- S gledišta pogona dijela EES polazi se od pretpostavke da za definirane parametre ne smije doći do zasićenja magnetskog kruga u vremenu bitnom za pravilan rad zaštitnog uređaja pri nastanku kvarova u mreži.

Strujni transformatori za zaštitu podijeljeni su u slijedeće klase:

- **Klasa P**

- Točnost po graničnim uvjetima definirana je pomoću složene pogreške pri struji  $n^* I_{pn}$ .

- **Klasa TPS**

- Transformator male rasipne reaktancije kojemu se definira pogreška omjera broja zavoja i zahtjeva se da stvarni omjer ne prelazi 0,25% od nazivnoga. Nadalje se zahtjeva da struja magnetiziranja, pri magnetskom toku u jezgri koji je jednak onom pri graničnim uvjetima točnosti, ne prelazi 5% od nazivne kratkotrajne termičke struje preračunate na sekundarnu stranu.

- **Klasa TPX**

- Točnost pri graničnim uvjetima definira se maksimalnom trenutnom pogreškom pri struji kratkog spoja  $K_{SSC} \cdot I_{pn}$ , za vrijeme specificiranoga radnog ciklusa. Pri tome je  $K_{SSC}$  nazivni faktor simetrične struje kratkog spoja, tj. omjer efektivne vrijednosti simetrične struje kratkog spoja ( $I_{psc}$ ) i efektivne vrijednosti nazivne primarne struje ( $I_{1n}$ ).

- **Klasa TPY**

- Točnost pri graničnim uvjetima definirana je maksimalnom trenutnom pogreškom pri struji kratkog spoja  $K_{SSC} \cdot I_{1n}$ , za vrijeme specificiranoga radnog ciklusa APU.

- **Klasa TPZ**

- Točnost pri graničnim uvjetima definira se maksimalnom trenutnom pogreškom pri struji kratkog spoja  $K_{SSC} \cdot I_{1n}$ , za vrijeme jednostrukog radnog ciklusa.

### ***Strujni transformatori za mjerjenje***

- Da bi mjerni instrumenti priključeni na strujni transformator (ili jezgru) za mjerjenje bili što bolje zaštićeni od struja kratkog spoja ili strujnih udara iz mreže, faktor sigurnosti ( $F_S$ ) mora biti nizak.
- Na taj se način postiže da pri nazivnom teretu  $Z_n$  i primarnim strujama većim od  $I_1 = F_S \cdot I_{1n}$  nastaje zasićenje, zbog kojega se na sekundarnu stranu prenosi struja bitno manja od one koja bi proizašla iz

nazivnog omjera transformacije.

#### Označavanje priključaka ST

Svi priključci označeni sa P1, S1 i C1 trebaju istovremeno imati isti polaritet.

Priklučci primara		
Priklučci sekundara	<p><i>Transformator s jednostruškim prijenosnim omjerom</i></p>	<p><i>Transformator sa središnjim priključkom na sekundarnom namotaju</i></p>
Priklučci primara		
Priklučci sekundara	<p><i>Transformator s primarnim namotom u dvije sekcije namijenjen spajanju u serijskom ili paralelnom smislu</i></p>	<p><i>Transformator s 2 sekundarna namota; svaki sa svojom magnetskom jezgrom. (dvije alternativne oznake za priključke sekundara)</i></p>

### Proračun strujnih transformatora

Karakteristike TS 110/10(20) KV DOBRI:

- GIS izvedba – 110 KV strana
- Dva dovodna kabelska polja (110 KV)
- Dva transformsarska polja, jedno rezervno
- 10(20) KV strana uzemljena posredno
- 10(20) KV strana se sastoji od 50 polja izvedenih zrakom izoliranim sklopnim blokovima tipa BVK

Ulagani podaci za proračun

- **Energetski transformator:**

- Nazivna snaga  $S_n$ : 40 MVA;
- Nazivni napon  $U_{n1}/U_{n2}$ : 110/10,5(21) kV
- Nazivna struja  $I_{n1}/I_{n2}$ : 210/2200(1100) A
- Napon kratkog spoja uk: 18,0 %
- Gubici tereta  $P_g$ : 164,5 kW
- Maksimalno dozvoljeno trajanje kratkog spoja transformatora: 2 s

- **Maksimalne struje jednopoljnog kvara:**

- *kvar na sabirnicama:  $I_{kms}=25870$  A,  $T_{Ikms}=12$  ms;*
- *bliški kvar na vodnom polju:  $I_{kmv}=16690$  A,  $T_{Ikmv}=12$  ms;*
- *kvar na kraju voda:  $I_{kmv}=16000$  A,  $T_{Ikmv}=12$  ms.*

## 1. Jezgra za diferencijalnu zaštitu

- Prva jezgra strujnog transformatora spaja se na diferencijalni relej **RET521** koji je ujedno i osnovna zaštita energetskog transformatora.
- Ovim relejom omogućene su slijedeće funkcije:
  - diferencijalna zaštita transformatora;
  - diferencijalna zaštita 110 kV namota od jednopolnih kvarova (REF110);
  - diferencijalna zaštita 10,5 kV namota od jednopolnih kvarova (REF10);
  - nadstrujna zaštita 110 kV strane  $I>$ ,  $I>>$ ;
  - nadstrujna zaštita 10,5 kV strane  $I>$ ;
  - trenutna nadstrujna zaštita 10,5 kV strane u funkciji zaštite između strujnih transformatora i prekidača.

- **Vlastita potrošnja jezgre iznosi:**

$$P_{vl} = I_n^2 \cdot R_{vl} \quad P_{vl} = 5^2 \cdot 0,5 = 12,5 \text{ VA}$$

- **Potrošnja spojnih vodiča  $P_v$  iznosi:**

$$P_v = I_n^2 \cdot \frac{I}{\chi \cdot S} \quad P_v = 5^2 \cdot \frac{50}{56 \cdot 4} = 5,75 \text{ VA.}$$

- **Otpor spojnih vodiča iznosi:  $R_v = 0,23 \Omega$**

- **Potrošnja releja RET 521:  $P_r = 0,25 \text{ VA}$**

- **Otpor mjernog ulaza releja:**

$$R_r = \frac{P_r}{I_n^2} \quad R_r = \frac{0,25}{5^2} = 0,01 \Omega$$

- Zahtjevi releja RET521 na strujne transformatore:

- Potreban granični napon točnosti  $U_{gp}$  iznosi:

$$U_{gp} = 30 \cdot I_{nts} \cdot (R_{vl} + R_v + R_r)$$

$$U_{gp} = 30 \cdot \frac{2200}{2500} \cdot 5 \cdot (0,6 + 0,23 + 0,01) = 111 \text{ V}$$

- Stvarni granični napon točnosti primijenjenog strujnog transformatora  $U_g$  iznosi:

$$U_g = n \cdot I_{ns} \cdot \left( R_{vl} + \frac{S_n}{I_n^2} \right) \quad U_g = 20 \cdot 5 \cdot \left( 0,5 + \frac{30}{5^2} \right) = 170 \text{ V.}$$

Kako je stvarni granični napon veći od potrebnog, strujni transformatori **zadovoljavaju** zahtjeve releja **RET521**.

## 2. Jezgra za nadstrujnu zaštitu

- Prijenosni omjer: 2500/5 A;
- Druga jezgra: 10 VA; 10P10;  $R_2 \leq 1 \Omega$ ;
- Druga jezgra se spaja na terminal polja **REF543** i strujni modul zaštite od električnog luka **SM**
- Proračun se vrši na identičan način kao i za jezgru za diferencijalnu zaštitu s time što su zahtjevi releja nešto drugačiji:
- Potreban nadstrujni broj iznosi:

$$n' \geq \frac{I_k}{I_n} \quad n' \geq \frac{16000}{2500} \Rightarrow n' \geq 6,4$$

- Stvarni nadstrujni broj strujnog transformatora iznosi:

$$n' \geq n \cdot \frac{P_n + P_{vl}}{P_v + P_{SM} + P_r + P_{vl}} \quad n' \geq 10 \cdot \frac{10 + 25}{3,5 + 0,1 + 0,5 + 25} \Rightarrow n' \geq 12$$

- Kako je stvarni nadstrujni broj veći od potrebnog, može se zaključiti da specificirani strujni transformatori **zadovoljavaju** zahtjeve terminala polja **REF543** i strujnog modula zaštite od električnog luka **SM**.

### 3. Jezgra za mjerjenje i regulaciju transformatora

- Prijenosni omjer: 2500/5 A
- Treća jezgra: 10 VA; Fs10; kl. 0,5;
- Jezgra se spaja na mjerni uređaj **MT-10S** i regulator napona **SPAU 341**
- Kod mjernih jezgri za energetska mjerjenja jedini zahtjev po pitanju snage je da snaga jezgre bude veća od ukupnog priključenog tereta.
- Potrošnja spojnih vodiča Pv iznosi:

$$P_v = I_n^2 \cdot \frac{I}{\chi \cdot S} \quad P_v = 5^2 \cdot \frac{50}{56 \cdot 4} = 5,75 \text{ VA.}$$

- **Potrošnja spojene opreme**

- Potrošnja strujnog ulaza mjernog uređaja MT-10S kod nizivne struje ulaza (5 A): P1 = 0,1 VA.
- Potrošnja strujnog ulaza regulatora napona SPAU341 kod nizivne struje ulaza (5 A): P2 = 0,5 VA.
- Ukupan teret čine spojni vodiči, mjerni uređaj MT-10S i regulator napona, a iznosi:

$$P_t = 5,75 + 0,1 + 0,5 = 6,35 \text{ VA}$$

- Kako je ukupan priključeni teret manji od nizivne snage jezgre, odabrana jezgra **zadovoljava** zahtjeve.

### 6\_Predavanje " Izbor mjernih transformatora"

[http://www.fer.hr/\\_download/repository/Izbor\\_SMT%5B1%5D.pdf](http://www.fer.hr/_download/repository/Izbor_SMT%5B1%5D.pdf)