



**Univerzitet u Beogradu**  
**Elektrotehnički fakultet**

# **PROJEKTOVANJE POMOĆU RAČUNARA**

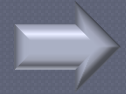
## **U ELEKTROENERGETICI**

**Osnovne akademske studije**

**Dr Zlatan Stojković, redovni profesor**  
**[zstojkovic@etf.rs](mailto:zstojkovic@etf.rs)**  
**<http://ees.etf.rs>**

EMTP/ATP

---

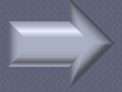
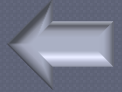


Programski alat EMTP/ATP – numerička simulacija elektromagnetnih i elektromehaničkih prelaznih procesa u EES-u.

Simulacija kompleksne mreže proizvoljne strukture.

Modeli:

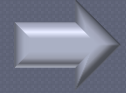
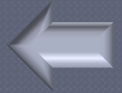
1. rotacione mašine
2. transformatori
3. vodovi
4. prekidači
5. odvodnici prenapona
6. sistemi automatskog upravljanja
7. energetska elektronika
8. komponente sa nelinearnim karakterisitikama



---

## EMTP/ATP:

1. Pretprocesor (ATPDraw)
2. Glavni program
3. Postprocesor



ATPDraw za Windows je grafički pretprocesor za ATP verziju programskog alata EMTP. Omogućava se kreiranje i editovanje modela električne mreže koji će biti simuliran alatom ATP.

Oznake datoteka:

1. .CIR – informacije o ekvivalentnoj šemi,
2. .ATP – ulazna datoteka za programski alat ATP,
3. .MOD – tekstualna datoteka sa opisom modela.

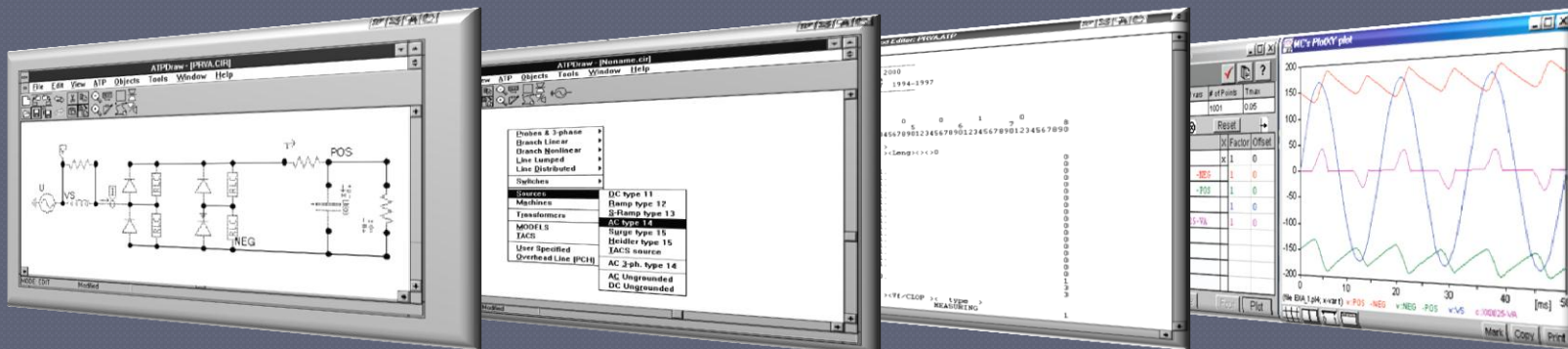


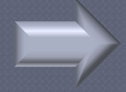
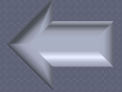
*Primer*

Funkcije ATPDraw pretprocesora:

1. Selekcija i spajanje komponenti,
2. Editovanje elemenata i zadavanje podataka o elementima,
3. Zadavanje imena čvorova, povezivanje elemenata i definisanje uzemljenja,
4. Formiranje ulazne ATP datoteke,
5. Izvršenje simulacija.



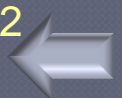




Najčešće korišćene komponente:

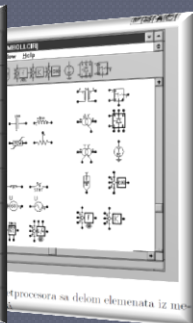
- Grupa A: koncentrisana otpornost, induktivnost i kapacitivnost
- Grupa B: modeli zasnovani na metodu putujućih talasa, preciznije modelovanje u odnosu na model vodova i kablova sa  $\pi$ -sekcijama
- Grupa C: modeli zasnovani na nelinearnoj impedansi: otpornik odvodnika prenapona, zasićenje induktivnih elemenata, vremenski promenljive otpornosti (luk prekidača)
- Grupa D: idelani prekidači
- Grupa E: idelani strujni i naponski izvori
- Grupa F: trofazne sinhronne mašine (Parkov sistem jednačina)
- Grupa G: generalizovan model univerzalne mašine
- Grupa H: sistemi automatskog upravljanja

*Primer*



Komponenta	Ine komponente	ATP kartica	Opis
otpornik	RESISTOR	BRANCH type 0	Otpornost u $\Omega$
Kondenzator	CAPACTOR	BRANCH type 0	Kapacitivnost u $\mu F$ , za $C_{sp} = 0$
Induktivni element	INDUCTOR	BRANCH type 0	Induktivnost u mH za $X_{sp} = 0$
RLC	RLC	BRANCH type 0	R, L i C u seriji
RLC 3-ph	RLC 3	BRANCH type 0	Trofazno RLC lako u seriji
C (0)	CAP 10	BRANCH + početni uslovi	Kapacitivnost sa početnim uslovima
L (0)	IND 10	BRANCH + početni uslovi	Induktivnost sa početnim uslovima

Komponenta	Ine komponente	ATP kartica	Opis
		BRANCH type 99	Strujno zavisna otpornost
		BRANCH type 98	Strujno zavisna induktivnost
		BRANCH type 91	Strujno zavisna induktivnost
		BRANCH type 97	Vremenski zavisna otpornost
		BRANCH type 92	Strujno zavisna otpornost u eksponencijalnoj funkciji
		BRANCH type 92	Trofazna strujno zavisna otpornost
		BRANCH type 91	TACS / MODELS kvantitativna otpornost

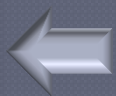


Pisecpiv. 1  
 Opis  
 Jednofazni RLC pi kvivalent  
 Dvofazni RLC pi kvivalent (nesim.)  
 Trofazni RLC pi kvivalent (nesim.)

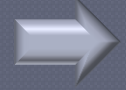
Komponenta	Ine komponente	ATP kartica	Opis
		SWITCH type 11	Vremenski kontrolisani prekidač
		SWITCH type 9	Trofazni vremenski kontrolisani prekidač simetričan
		SWITCH type 8	Vremenski kontrolisani prekidač nesimetričan
		SWITCH type 11	Nepovremenski kontrolisani prekidač
		SWITCH type 11	Diode, varicak tip 11 u kvantitativnoj funkciji
		SWITCH type 11	Varij. TACS / MODELS tip 11, TACS / MODELS kvantitativna funkcija
		SWITCH type 0	Mnogostrežni
		TACS / MODELS type 12	Dvofazni kvantitativni prekidač
		SWITCH	Statistički definisani prekidač
		SWITCH	Statistički definisani prekidač



Komponenta	Ine komponente	ATP kartica	Opis
		BRCE type 11	Jednosmerni izvor struja ili napona
		BRCE type 12	Usponska funkcija struja ili napona
		BRCE type 13	Usponska funkcija sa dve strane struja ili napona
		BRCE type 14	Naponski izvor struja ili napona
		BRCE type 14	Trofazni naponski izvor struja ili napona
		BRCE type 25	Dvofazna eksponencijalna funkcija struja ili napona
		BRCE type 40	TACS / MODELS kvantitativni izvor struja ili napona
		BRCE type 44	Naponski naponski izvor struja ili napona



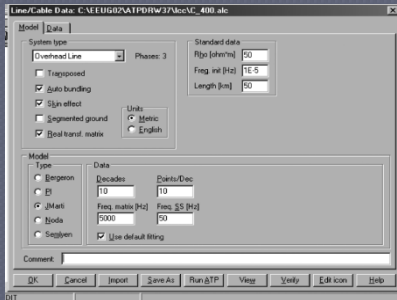




Za početnike u korišćenju programa EMTP/ATP formirano je 11 primera u kojima su ilustrovani postupci za rešavanje praktičnih problema iz elektroenergetike.

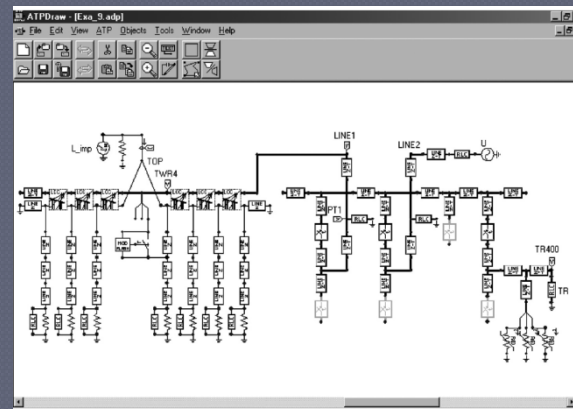
Primer	Opis
1.	Jednofrekventna i dvofrekventna šema sa koncentrisanim parametrima
2.	Prelazni povratni napon
3.	Proračun parametara voda primenom pomoćnog programa LINE CONSTANTS
4.	Proračun atmosferskih prenapona
5.	Sklopne operacije na kondenzatorskim baterijama
6.	Rezonansa između paralelnih vodova vrlo visokog napona
7.	Isključenje sa ponovnim uključanjem vodova
8.	Odvodnici prenapona
9.	Ferorezonansa naponskih transformatora
10.	Podsinhrona rezonansa
11.	TACS model

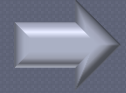
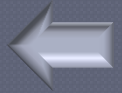
## 1. LINE CONSTANTS



## 2. CABLE CONSTANTS

- Nadzemni vodovi
- Kablovski vodovi
- Oklopljeni sistemi





Model kabla bez oklopa:

- Cable in – označava poziciju kabla (vazduh ili tlo)
- NPC – broj kablova
- Rho (Rho2, Rho3) – specifična električna otpornost tla (drugog, trećeg sloja)
- Freq – frekvencija u Hz
- DEP12, DEP23 – debljina prvog i drugog sloja u m
- mu1, mu2, mu3 – relativna permeabilnost slojeva
- eps1, eps2, eps3 – relativna dielektrična konstanta slojeva

Model kabla sa oklopom:

- RP1 (RP2) – unutrašnji (spoljašnji) poluprečnik provodnog oklopa
- RP3 – spoljašnji poluprečnik spoljašnjeg izolacionog sloja
- Rho – specifična električna otpornost provodnog oklopa
- mu – relativna permeabilnost provodnog oklopa
- eps1 - relativna dielektrična konstanta unutrašnjeg izolacionog sloja
- eps2 - relativna dielektrična konstanta spoljašnjeg sloja

# Primeri - sklopni prenaponi u SF6 postrojenjima

SF6 postrojenja:

- Visoka pouzdanost
- Niski troškovi životnog ciklusa
- Mali zahtevani prostor
- Jednofazno oklopljena
- Trofazno oklopljena (do 170 kV)
- Metalni oklop od aluminijuma, uzemljen
- Hermetički zatvoreno
- Odsustvo meteoroloških uticaja, uticaja nadmorske visine
- Odsustvo smetnji pri koroni
- Samoobnovljiva izolacija
- Velika moć dejonizacije, malo razlaganje pod dejstvom luka, nizak napon luka, brzo uspostavljanje dielektrične čvrstoće
- Mali uticaj temperature



# Primeri - sklopni prenaponi u SF6 postrojenjima

## Rastavljač:

- Fizičko odvajanje dela kola
- Uključenje kapacitivnih struja neopterećenih sabirnica:
  - Visok gradijent električnog polja između luka i uzemljenog oklopa
  - Veće struje zbog većih kapacitivnosti prema zemlji
  - Manje talasne impedanse
  - Veći gradijent prelaznog napona i struje

## Sagledavaju se slučajevi:

1. Uključenje kratke deonice u praznom hodu sa strane opterećenja
2. Uključenje dugih sekcija
3. Uključenje pri opoziciji faza

*Primer*

# Primeri - sklopni prenaponi u SF6 postrojenjima

Primer 1 – Elektrimagnetni prelazni procesi u sekundarnim kolima mernih transformatora u SF6 postrojenju.

*Primer*

Primer 2 – Proračun porasta potencijala metalnog oklopa SF6 postrojenja izazvanog sklopnim operacijama rastavljačem.

*Primer*