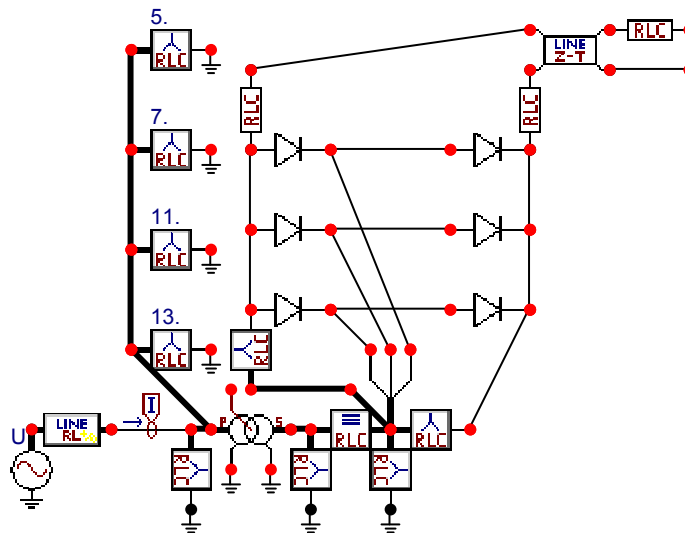


TROJFÁZOVÉ VÝKONOVÉ MENIČE

Analýza obvodov výkonových meničov prináša v dôsledku opakovaného spínania a v dôsledku javov spojených so spínaním množstvo rôznych komplikácií, ktoré obmedzujú použitie matematických analýz. Našťastie v dnešnej dobe existujú výpočtové programy ako EMTP a PSPICE, ktoré umožňujú úspešne realizovať presné výpočty pri riešení problému. V tejto kapitole je popísaný princíp analýzy takého obvodu, a to na jednoduchom príklade trojfázového usmerňovača (viď. *Preklad textov prof. Eiichi Haginomoriho pre prácu s EMTP-ATP*, kapitola 8).

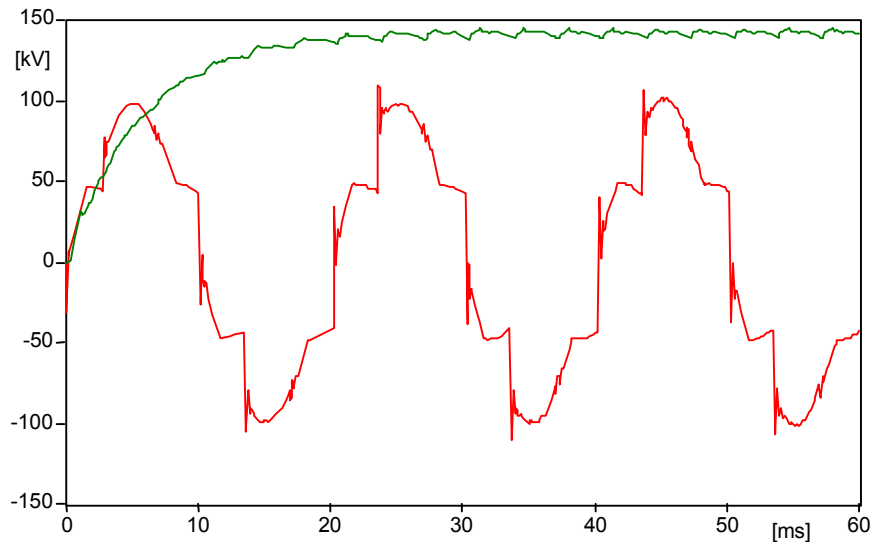
1 Popis zapojenia

Obr. 1 ukazuje schému, v ktorej sú k zdroju pripojené prídavné filtračné obvody (5., 7., 11. a 13. harmonickej) a k jednotlivým diódam sú pripojené prepäťové ochrany. K transformátoru je pripojený striedavý trojfázový zdroj s vnútornou impedanciou a s napätím 287,5 kV. Na jednosmernú stranu zdroja je cez jednosmerné reaktory pripojené prenosové 100 km vedenie. Na koniec vedenia je pripojená záťaž.

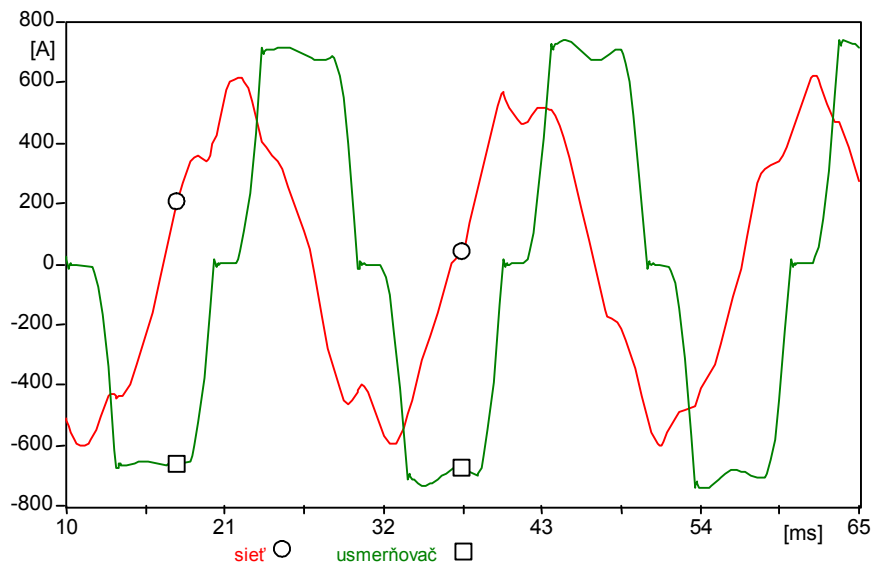


Obr. 1 Schéma trojfázového neriadeného usmerňovača s filtráciou vyšších harmonických sieťového prúdu

Pri použití tyristorov v riadenom usmerňovači by sa privedenie impulzu na riadiacu elektródu tyristora realizovalo riadiacim systémom TACS. Na sekundárnej strane transformátora je napätie 120 kV. Obr. 2 ukazuje jednosmerné napätie na záťaži a priebeh napätia fázy A na vstupe do usmerňovača. Na Obr. 3 je primárny prúd a prúd tečúci z fázy A do usmerňovača. Bez použitia filtra má sieťový prúd prakticky rovnaký priebeh ako prúd do usmerňovača. Vplyv filtra vyšších harmonických sa dá posúdiť z obsahu vyšších harmonických. S použitým filtrom je najvyššia úroveň pri 5. harmonickej 5 % vzhľadom k prvej harmonickej, zatiaľ čo bez filtra bola pri 5. harmonickej hodnota 16 % a pri 7. harmonickej 8 %. Na eliminovanie vplyvu vyšších harmonických sa okrem filtrácie používajú tiež viacfázové zapojenia usmerňovačov.



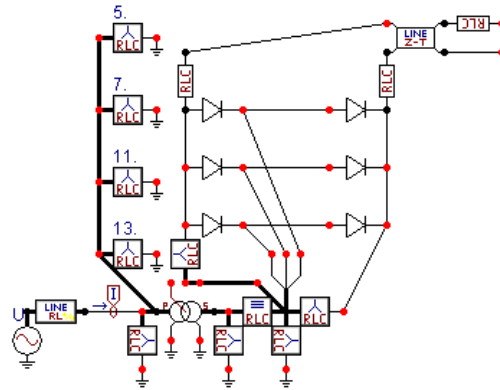
Obr. 2 Napätie na záťaži a priebeh napätia fázy A na vstupe do usmerňovača



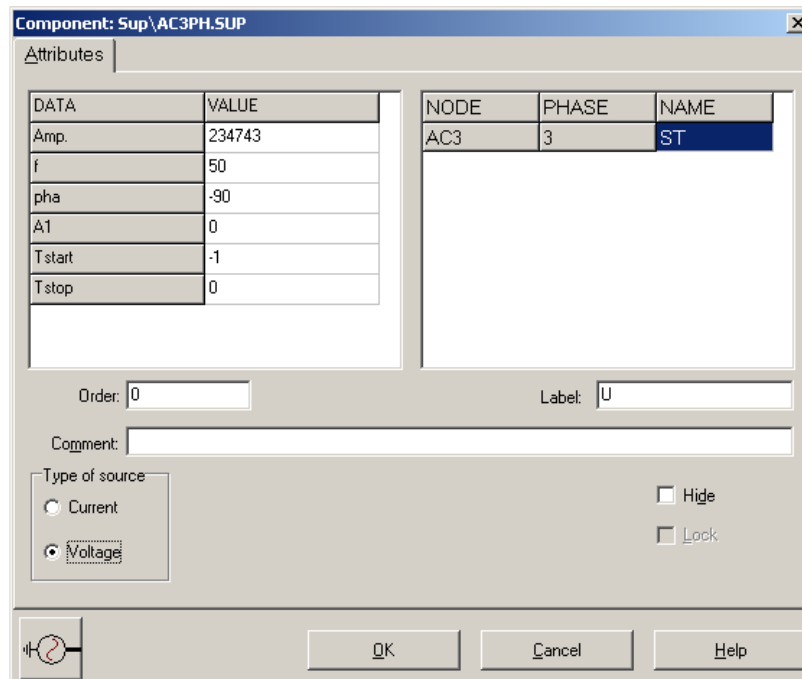
Obr. 3 Priebeh prúdov fázy A – prúd siete a prúd do usmerňovača

Postupnosť krokov pri zadávaní údajov v programe ATP:

V ATPDraw sa vytvorí schéma zapojenia podľa obr. 4. Na napäťovom zdroji nastavíme v položke **Amp** hodnotu 234743 (t.j. $\frac{287500 \cdot \sqrt{2}}{\sqrt{3}}$), v položke **Tstart** hodnotu -1 a v položke **Tstop** hodnotu 0, čo má za následok nekonečný napäťový zdroj. V **Type of source** ponecháme voľbu **Voltage**. Fázové natočenie zvolíme v položke **Pha** -90 a frekvenciu v položke **f** 50. (obr. 5).

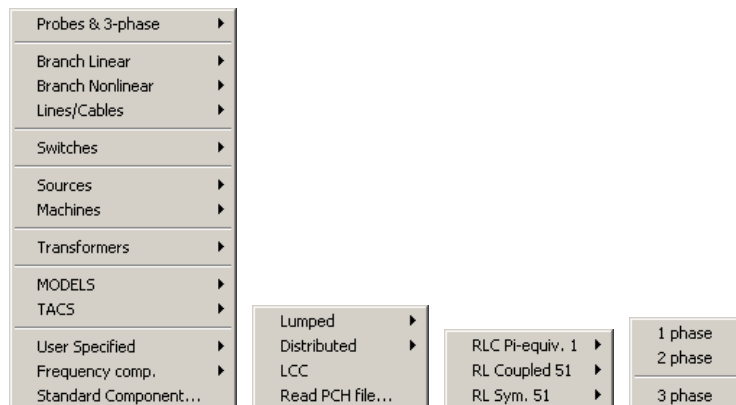


Obr. 4 Schéma zapojenia v ATPDraw



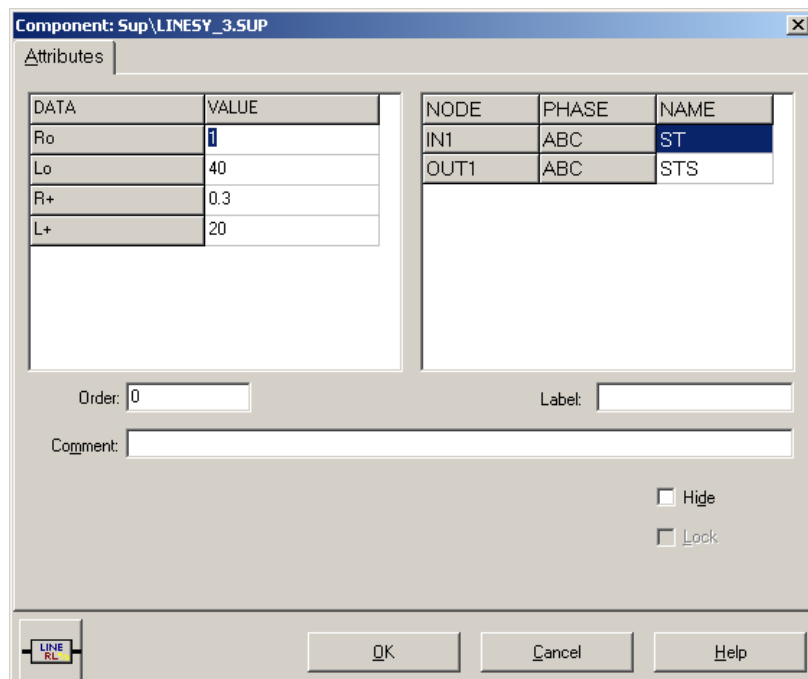
Obr. 5 Nastavenie parametrov pre napäťový zdroj U

Nasledovným postupom (obr. 6) vyberieme vnútornú impedanciu transformátora, charakterizované vedením RL (Lines/Cables → Lumped → RLC Pi-equiv. 1 → 3 phase).



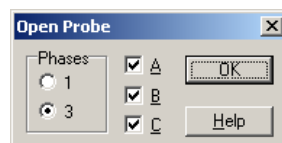
Obr. 6 Vloženie prvku – vedenie RL – do schémy

V tomto prvku zadáme do položky **Ro** hodnotu 1, do **Lo** hodnotu 40, do **R+** hodnotu 0.3 a do **L+** hodnotu 20.



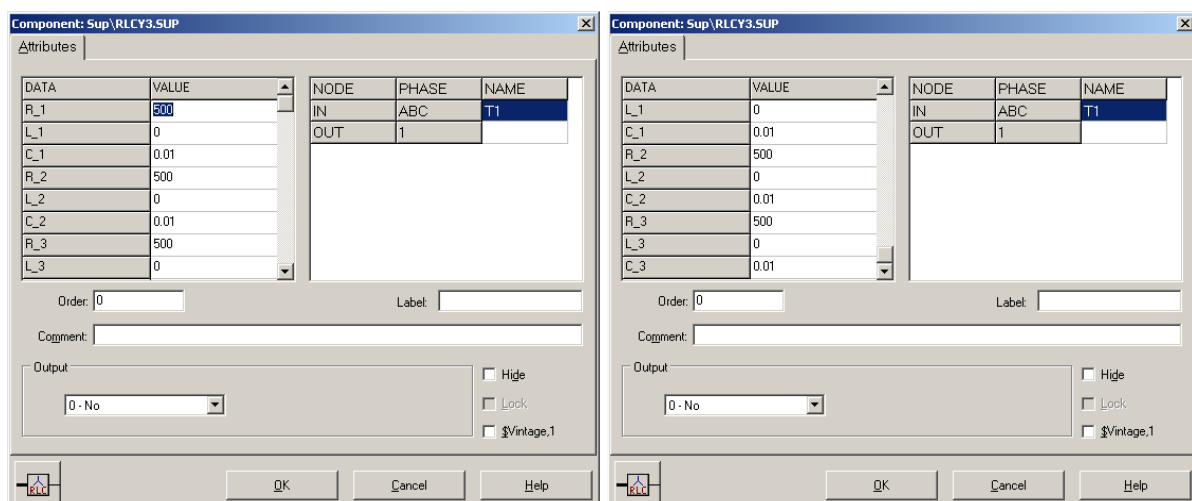
Obr. 7 Nastavenie parametrov pre vnútornú impedanciu transformátora

Prúd budeme snímať vo všetkých fázach, preto nastavíme počet fáz 3 (obr. 8).



Obr. 8 Nastavenie počtu fáz

V prvom filtračnom prvku zadáme hodnoty podľa nasledujúcej tabuľky.



Obr. 9 Nastavenie parametrov filtračného člena

Podobne zadáme hodnoty pre filtre 5., 7., 11. a 13. harmonickej zložky napätia podľa nasledujúcich tabuliek.

DATA	VALUE	NODE	PHASE	NAME
R_1	0.01	IN	ABC	T1
L_1	100	OUT	1	
C_1	4.0528			
R_2	0.01			
L_2	100			
C_2	4.0528			
R_3	0.01			
L_3	100			

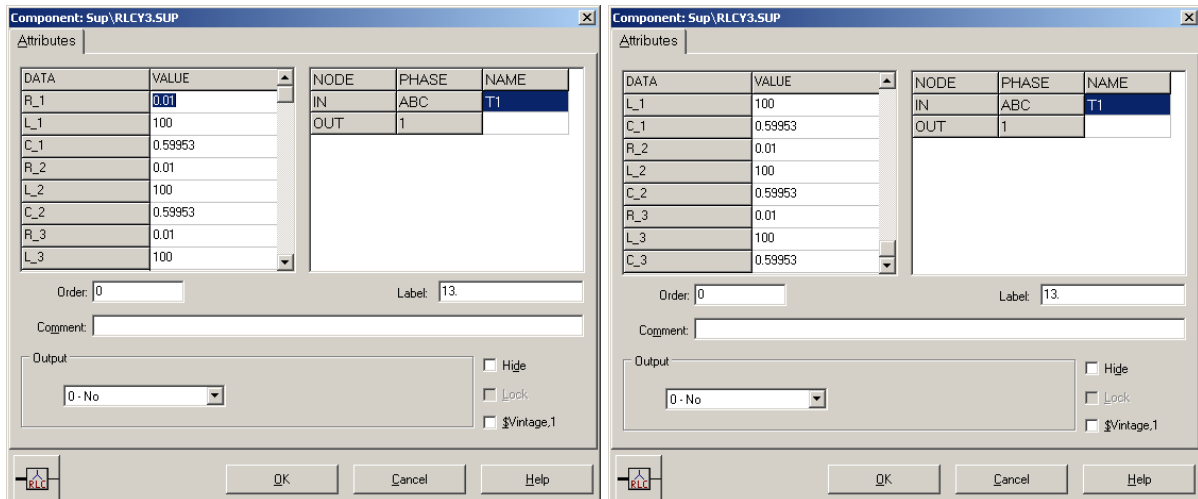
Obr. 10 Nastavenie parametrov filtračného člena 5. harmonickej

DATA	VALUE	NODE	PHASE	NAME
R_1	0.01	IN	ABC	T1
L_1	100	OUT	1	
C_1	2.0678			
R_2	0.01			
L_2	100			
C_2	2.0678			
R_3	0.01			
L_3	100			

Obr. 11 Nastavenie parametrov filtračného člena 7. harmonickej

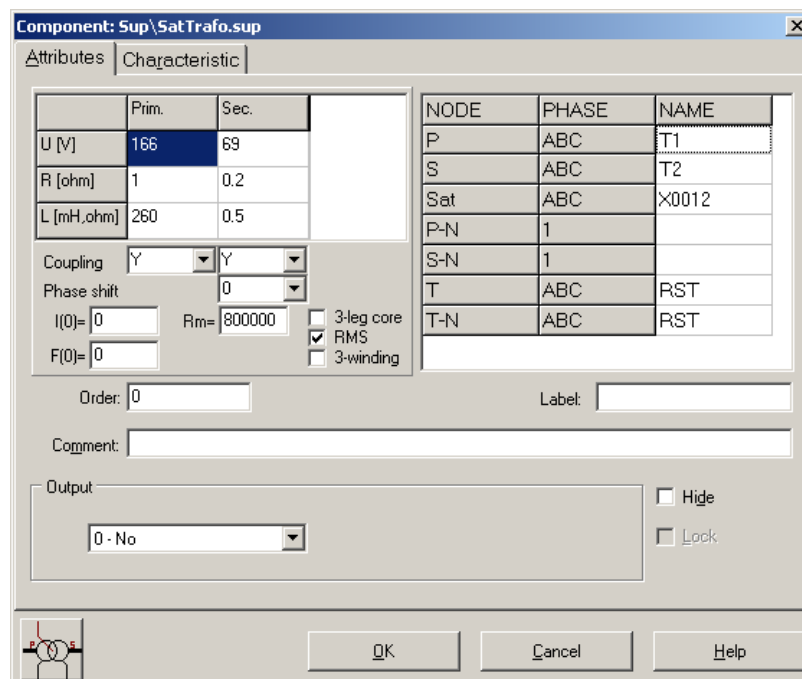
DATA	VALUE	NODE	PHASE	NAME
R_1	0.01	IN	ABC	T1
L_1	100	OUT	1	
C_1	0.83737			
R_2	0.01			
L_2	100			
C_2	0.83737			
R_3	0.01			
L_3	100			

Obr. 12 Nastavenie parametrov filtračného člena 11. harmonickej

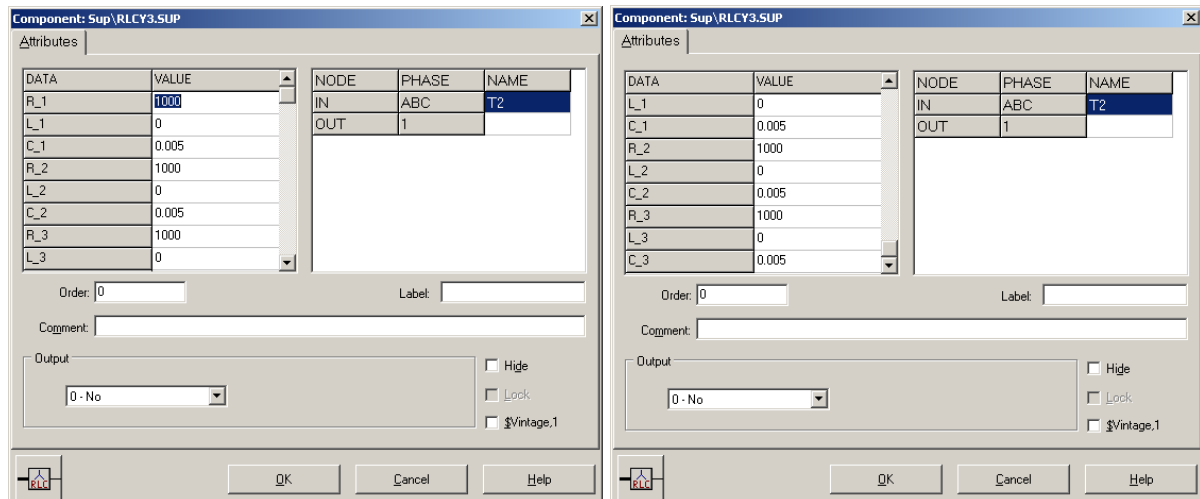


Obr. 13 Nastavenie parametrov filtračného člena 13. harmonickej

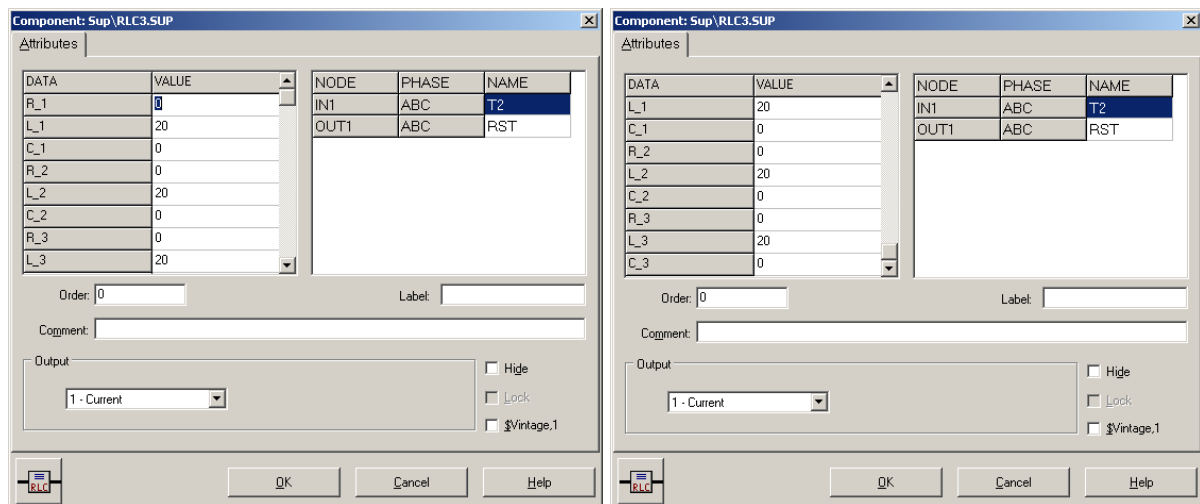
Vo vlastnostiach saturačného 2-vinuťového transformátora zadáme hodnoty primárneho ($\frac{287,5}{\sqrt{3}} = 166 \text{ kV}$) a sekundárneho napätia ($\frac{120}{\sqrt{3}} = 69,3 \text{ kV}$) a hodnoty rezistancie R a induktancie L primárneho a sekundárneho vinutia a ďalšie údaje podľa nasledovnej tabuľky.



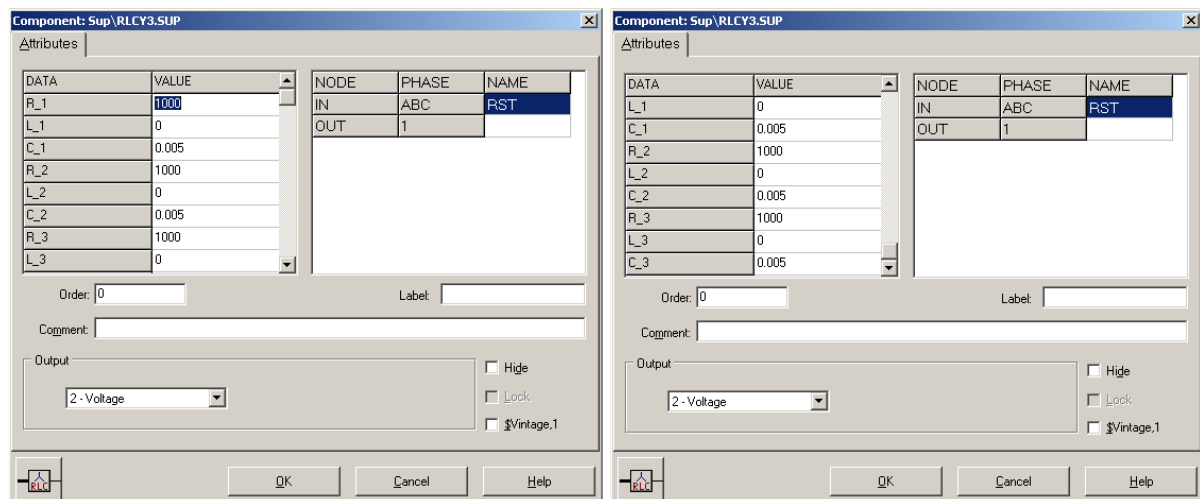
Obr. 14 Nastavenie parametrov transformátora



Obr. 15 Nastavenie parametrov paralelnej vetvy náhradného článku



Obr. 16 Nastavenie parametrov sériovej vetvy náhradného článku



Obr. 17 Nastavenie parametrov paralelnej vetvy náhradného článku

Component: Sup\RLCY3.SUP

DATA	VALUE	NODE	PHASE	NAME
R_1	5000	IN	ABC	RST
L_1	0	OUT	1	POS
C_1	0.005			
R_2	5000			
L_2	0			
C_2	0.005			
R_3	5000			
L_3	0			

Order: 0 Label:

Comment:

Output: Hide Lock \$Vintage,1

Component: Sup\RLCY3.SUP

DATA	VALUE	NODE	PHASE	NAME
L_1	0	IN	ABC	RST
C_1	0.005	OUT	1	POS
R_2	5000			
L_2	0			
C_2	0.005			
R_3	5000			
L_3	0			
C_3	0.005			

Order: 0 Label:

Comment:

Output: Hide Lock \$Vintage,1

Obr. 18 Nastavenie parametrov prepät'ovej ochrany

Component: Sup\RLCY3.SUP

DATA	VALUE	NODE	PHASE	NAME
R_1	5000	IN	ABC	RST
L_1	0	OUT	1	NEG
C_1	0.005			
R_2	5000			
L_2	0			
C_2	0.005			
R_3	5000			
L_3	0			

Order: 0 Label:

Comment:

Output: Hide Lock \$Vintage,1

Component: Sup\RLCY3.SUP

DATA	VALUE	NODE	PHASE	NAME
L_1	0	IN	ABC	RST
C_1	0.005	OUT	1	NEG
R_2	5000			
L_2	0			
C_2	0.005			
R_3	5000			
L_3	0			
C_3	0.005			

Order: 0 Label:

Comment:

Output: Hide Lock \$Vintage,1

Obr. 19 Nastavenie parametrov prepät'ovej ochrany

Component: Sup\DIODE.SUP

DATA	VALUE	NODE	PHASE	NAME
Vig	0	ANO	1	NEG
Ihold	0	CAT	C	RST
Tdeion	0			
CLOSED	0			

Order: 0 Label:

Comment:

Output: Hide Lock

Component: Sup\DIODE.SUP

DATA	VALUE	NODE	PHASE	NAME
Vig	0	ANO	C	RST
Ihold	0	CAT	1	POS
Tdeion	0			
CLOSED	0			

Order: 0 Label:

Comment:

Output: Hide Lock

Obr. 20 Nastavenie parametrov usmerňovacích diód

Component: Sup\RLC.SUP

DATA	VALUE	NODE	PHASE	NAME
R	0.05	From	1	NEGL
L	500	To	1	NEGL
C	0			

Order: 0 Label:

Comment:

Output: 0 - No Hide Lock \$Vintage,1

Buttons: RLC, OK, Cancel, Help

Obr. 21 Nastavenie parametrov pre jednosmerné reaktory na vyhladenie napätia

Component: Sup\LINEZT_2.SUP

DATA	VALUE	NODE	PHASE	NAME
R/+	0.05	INA	1	NEGL
R/0	0.2	INB	1	POSL
A+	300	OUTA	1	NEGLE
A0	750	OUTB	1	POSLE
B+	300000			
B0	250000			
I	100			
ILINE	1			

Order: 0 Label:

Comment:

Output: 0 - No Hide Lock \$Vintage,1

Buttons: LINEZT, OK, Cancel, Help

Obr. 22 Nastavenie parametrov prenosového 100 km vedenia

Component: Sup\RLC.SUP

DATA	VALUE	NODE	PHASE	NAME
R	200	From	1	NEGLE
L	30	To	1	POSLE
C	0			

Order: 0 Label:

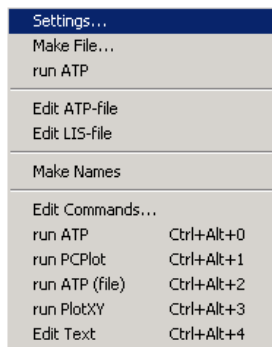
Comment:

Output: 2 - Voltage Hide Lock \$Vintage,1

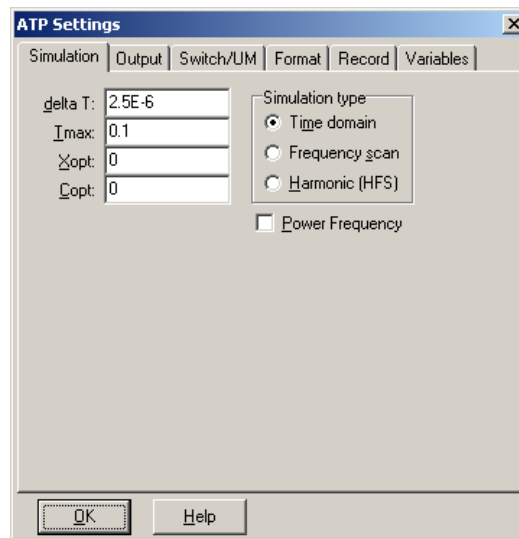
Buttons: RLC, OK, Cancel, Help

Obr. 23 Nastavenie parametrov záťaže

Časové podmienky simulácie sa nastavujú voľbou z horného menu **ATP Settings** a **Simulation** (obr. 24). Keďže sa jedná o krátky prechodný dej, krok výpočtu musíme tomu prispôbiť **delta T** $2.5E-6$ s a podobne aj doba výpočtu, napr. **Tmax** 0.1 s (obr. 25).

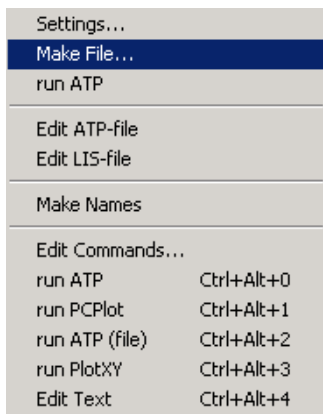


Obr. 24 ATP – Settings

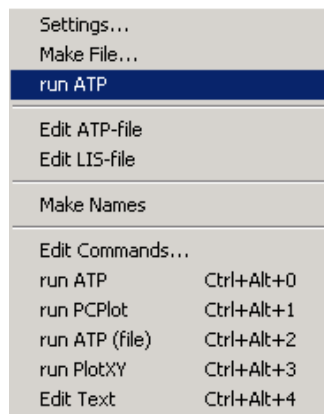


Obr. 25 Dialógové okno Settings – Simulation

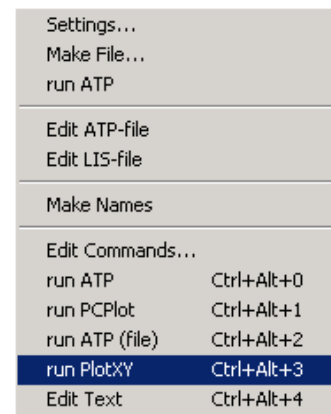
Príkazom **Make File** v hornom menu **ATP** sa vytvorí v podadresári ATP dátový súbor pre ATP s rovnakým názvom s príponou *.atp (obr. 26). Príkazom **run ATP** v hornom menu **ATP** sa spustí výpočet v programe ATP, ktorého výsledkom sú súbory s príponou *.lis a *.pl4 (obr. 27). V prostredí ATPDraw sa voľbou z horného menu **ATP run PlotXY** spustí grafický postprocesor (obr. 28).



Obr. 26 ATP – Make File...

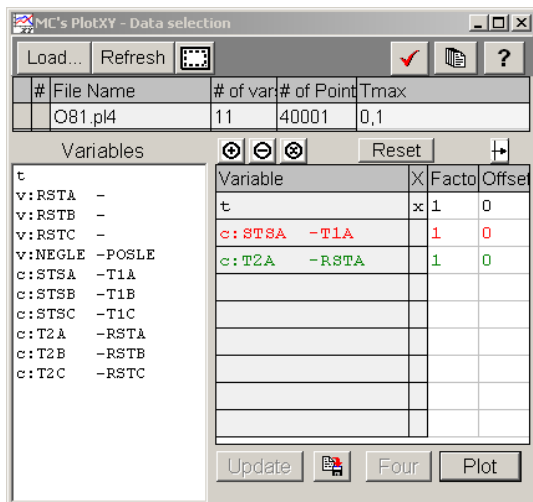


Obr. 27 ATP – run ATP

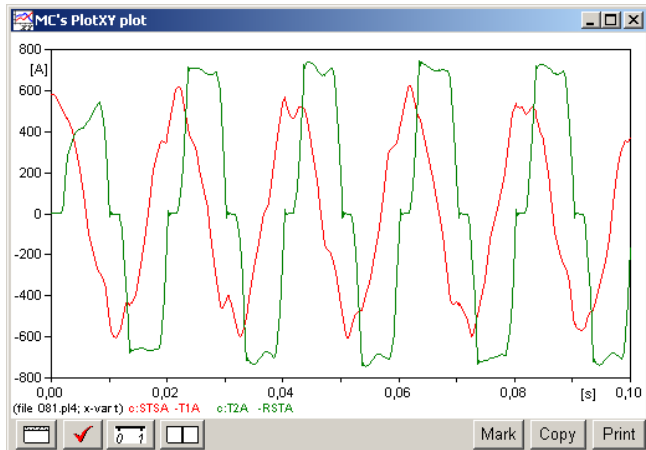


Obr. 28 ATP – run PlotXY

A v ňom je s označením **c: STSA–T1A** uvedený prúd siete a **c: T2A–RSTA** priebeh prúdu do usmerňovača fázy A. Stlačením ľavého tlačidla myši sa dané priebehy označia pre zobrazenie a stlačením tlačidla **Plot** sa následne zobrazia.

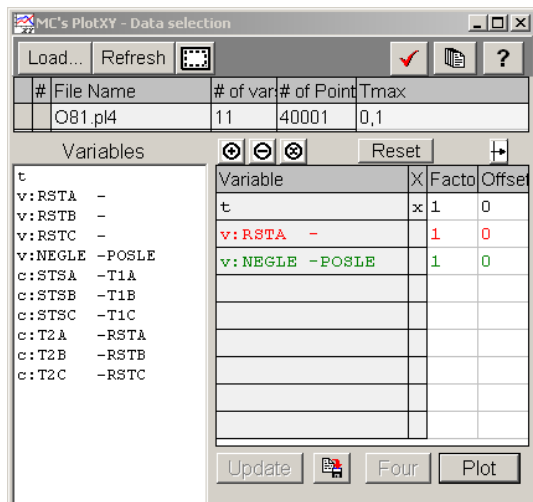


Obr. 29 Dialógové okno programu PlotXY pre vykreslenie priebehov

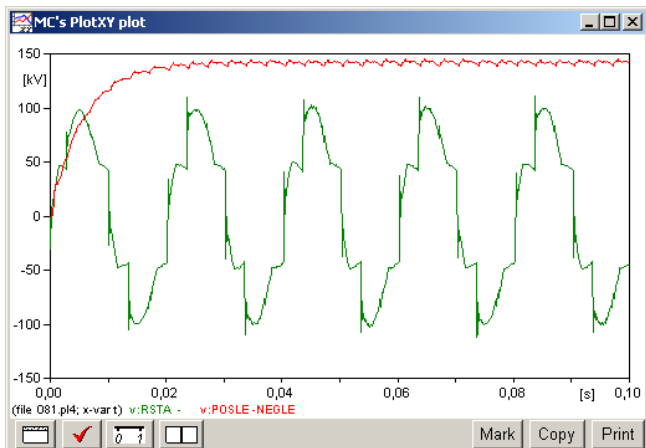


Obr. 30 Priebeh prúdov fázy A – prúd siete a prúd do usmerňovača

Podobne, s označením **v: RSTA–** je uvedené napätie na záťaži a **v: NEGLE–POSLE** priebeh napätia fázy A na vstupe do usmerňovača. Stlačením ľavého tlačidla myši sa dané priebehy označia pre zobrazenie a stlačením tlačidla **Plot** sa následne zobrazia.



Obr. 31 Dialógové okno programu PlotXY pre vykreslenie priebehov



Obr. 32 Usmernené napätie na záťaži a priebeh napätia fázy A na vstupe do usmerňovača