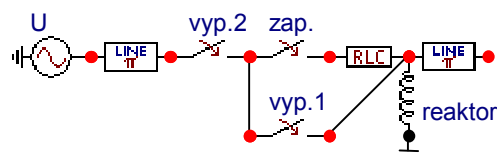


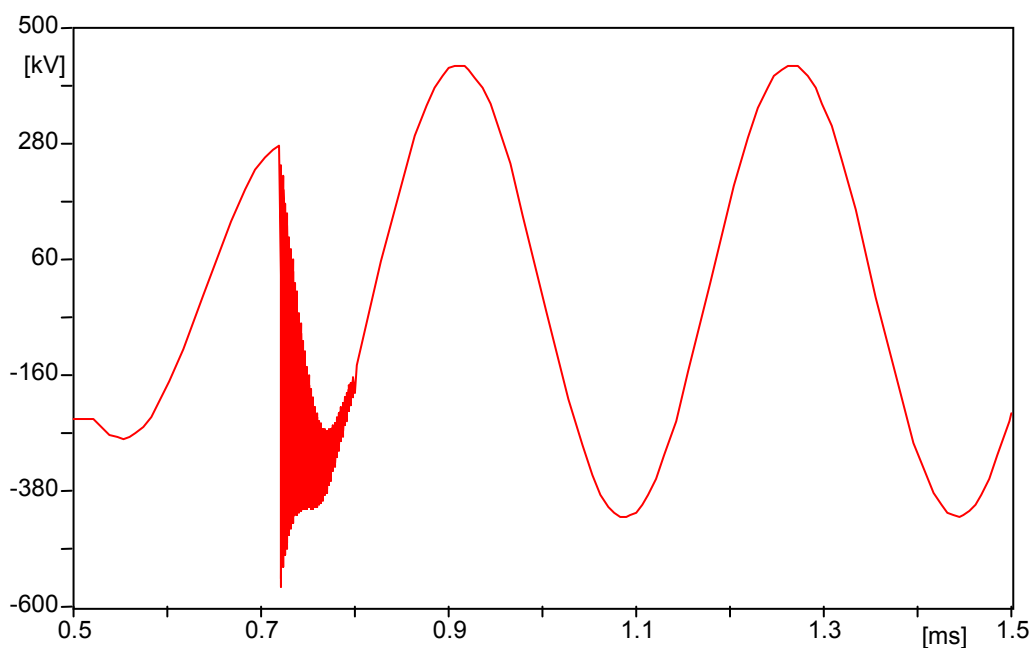
PRERUŠENIE INDUKČNÉHO PRÚDU

Relatívne malý indukčný prúd je prúd budičov, transformátora naprázdno, rozbehový prúd motora apod. Takýto prúd s amplitúdou niekoľkých jednotiek až stoviek ampérov je často prerušovaný ešte pred prechodom nulou. Akumulovaná energia magnetického poľa vytvorí na kapacitách obvodu prepätie. Typický jednofázový obvod na Obr. 1 znázorňuje vypnutie paralelného reaktora (viď. *Preklad textov prof. Eiichi Haginomoriho pre prácu s EMTP-ATP*, kapitola 4).



Obr. 1 Vypínanie jednofázového reaktora

Pri vzdialení kontaktov vypínača v okamihu, kedy sa prúd blíži nule, dôjde k vzájomnému pôsobeniu prvkov obvodu a oblúka, ktorý horí medzi kontaktmi vypínača. Prúd začne oscilovať a môže byť ľahko prerušovaný aj pred prechodom nulou. Frekvencia oscilácií je veľmi vysoká, až niekoľko stoviek kHz a prerušenie prúdu sa preto javí ako okamžité. Obr. 2 ukazuje priebeh napätia na reaktore. Po vypnutí prvým vypínačom zostáva na reaktore záporné napätie. Po novom pripojení reaktora (v čase 0,72 ms) začne napätie oscilovať. To zodpovedá opakovanému prierazu vo vypínači. Amplitúda oscilácií pritom dosiahne v danom prípade 560 kV pri amplitúde napätia zdroja 245 kV. Po nasledovnom vypnutí druhým vypínačom (v čase 0,8 ms) vykazuje napätie na reaktore tlmené oscilácie nízkej frekvencie danej indukčnosťou reaktora a kapacitou vedenia (π článok na Obr. 1).



Obr. 2 Napätie na reaktore pri vypínaní

Zhasnutie oblúka vo vypínači nastane pri prúde 5 až 50 A pri vzduchových a SF₆ vypínačoch. Experimentálne a tiež analýzou bolo určené, že veľkosť prúdu prerušenia závisí od druhej mocniny kapacitancie pripojenej k vypínaču. Prepätie bude vyššie v prípade malej kapacity, väčšej indukčnosti a frekvencie oscilácií. V závislosti od veľkosti kapacity a indukčnosti začína pri hodnotách rádovo kHz. Škodlivé účinky prepätí sa preto dajú eliminovať použitím prepäťových ochrán. Veľkosť prepätia je možné vyjadriť zo zákona zachovania energie:

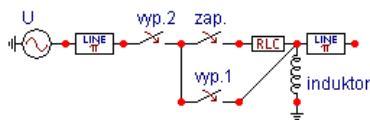
$$\frac{1}{2} \cdot C \cdot U^2 = \frac{1}{2} \cdot L \cdot i_c^2 + \frac{1}{2} \cdot C \cdot U_0^2 \quad (1)$$

kde U je veľkosť prepätia, i_c hodnota prúdu prerušenia a U_0 amplitúda napätia zdroja.

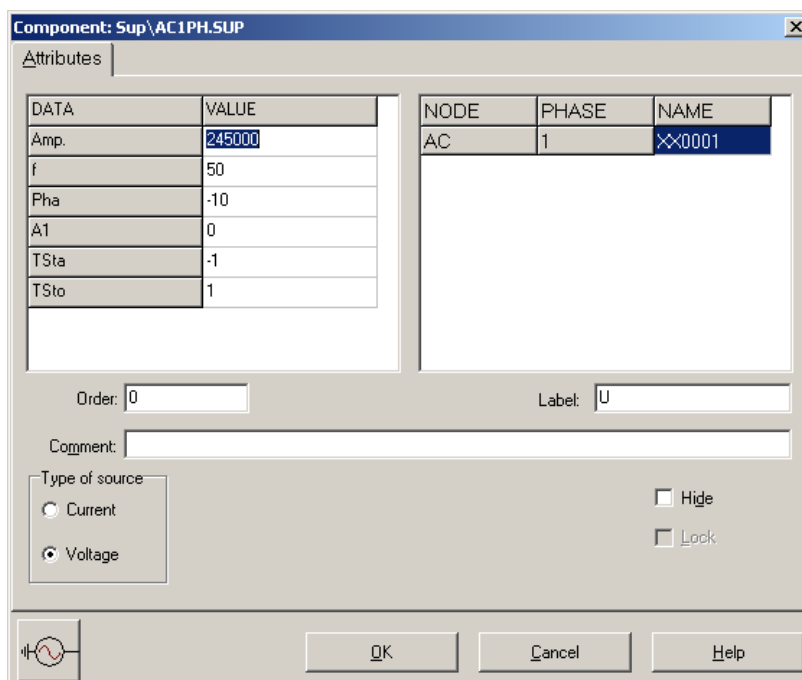
Keďže kontakty vypínača sú v okamihu prerušenia prúdu ešte blízko, môže nastať vplyvom prepätia opakovaný prieraz. Vyvolané oscilácie s frekvenciou stoviek kHz majú značne vyššie hodnoty napätia. Pri vysokej frekvencii nie je namáhanie izolácie vinutia cievky rovnomerné a hrozí nebezpečenstvo prierazu na vstupných závitoch. Problémy vysokej frekvencie neodstránia prepäťové ochrany a používa sa preto časová synchronizácia počas vzdľavovania kontaktov.

Postupnosť krokov pri zadávaní údajov v programe ATP:

V ATPDraw sa vytvorí schéma zapojenia podľa obr. 3. Na napäťovom zdroji nastavíme v položke **Amp** hodnotu 245000 a v položke **Tsta** –1 a **Tsto** hodnotu 1, čo má za následok napäťový zdroj po dobu 1 sekundy. V **Type of source** ponecháme voľbu **Voltage**. Fázové natočenie zvolíme v položke **Pha** –10 a frekvenciu v položke **f** 50.

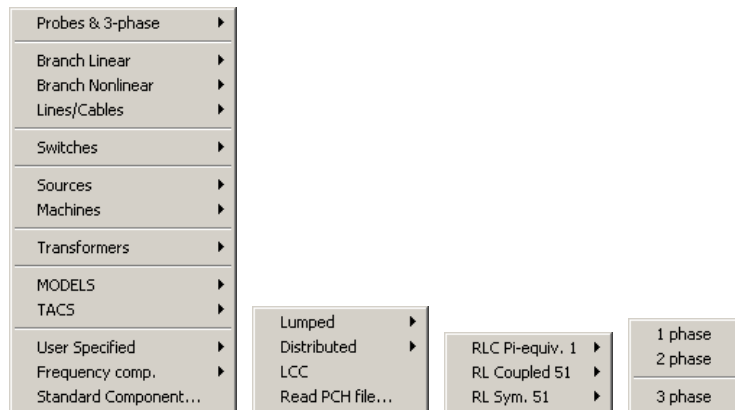


Obr. 3 Schéma zapojenia v ATPDraw

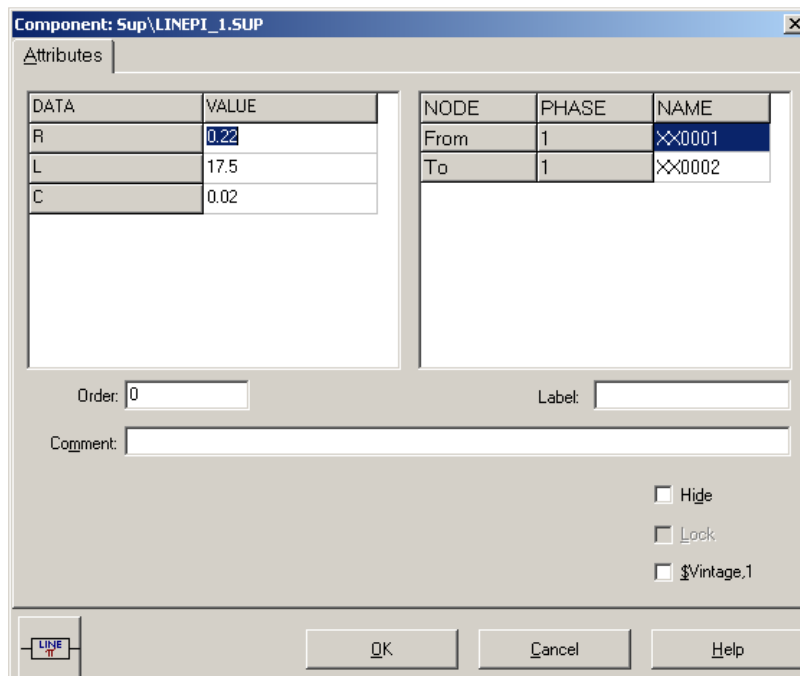


Obr. 4 Nastavenie parametrov pre napäťový zdroj U

Nasledovným postupom (obr. 5) vyberieme π -článok (Lines/Cables \rightarrow Lumped \rightarrow RLC Pi-equiv. 1 \rightarrow 1 phase). Do položky **R** zadáme hodnotu 0.22, do **L** hodnotu 17.5 a do **C** hodnotu 0.02.



Obr. 5 Vloženie π -článku



Obr. 6 Nastavenie parametrov π -článku

Na vypínači 2 (vyp. 2) zadáme v položke **T-cl** hodnotu -1 , v **T-op** hodnotu 0.0008 a v položke **Imar** hodnotu 1 .

The screenshot shows a dialog box titled 'Component: Sup\SWITCHTC.SUP'. It has an 'Attributes' tab. On the left, there is a table with columns 'DATA' and 'VALUE'. On the right, there is a table with columns 'NODE', 'PHASE', and 'NAME'. Below these tables are fields for 'Order', 'Label', and 'Comment'. There is also an 'Output' section with a dropdown menu and checkboxes for 'Hide' and 'Lock'. At the bottom are buttons for 'OK', 'Cancel', and 'Help'.

DATA	VALUE
T-cl	-1
T-op	0.0008
Imar	1

NODE	PHASE	NAME
SWF	1	XX0002
SWT	1	XX0005

Order: 0 Label: vyp.2

Comment:

Output: 0 - No

Hide Lock

OK Cancel Help

Obr. 7 Nastavenie parametrov vypínača 2

Na vypínači (zap.) zadáme v položke **T-cl** hodnotu 0.00072 , v **T-op** hodnotu 1 a v položke **Imar** hodnotu 0 .

The screenshot shows a dialog box titled 'Component: Sup\SWITCHTC.SUP'. It has an 'Attributes' tab. On the left, there is a table with columns 'DATA' and 'VALUE'. On the right, there is a table with columns 'NODE', 'PHASE', and 'NAME'. Below these tables are fields for 'Order', 'Label', and 'Comment'. There is also an 'Output' section with a dropdown menu and checkboxes for 'Hide' and 'Lock'. At the bottom are buttons for 'OK', 'Cancel', and 'Help'.

DATA	VALUE
T-cl	0.00072
T-op	1
Imar	0

NODE	PHASE	NAME
SWF	1	XX0005
SWT	1	XX0009

Order: 0 Label: zap.

Comment:

Output: 0 - No

Hide Lock

OK Cancel Help

Obr. 8 Nastavenie parametrov vypínača

Na vypínači 1 (vyp. 1) zadáme v položke **T-cl** hodnotu -1 , v **T-op** hodnotu 0 a v položke **Imar** hodnotu 5 .

DATA	VALUE
T-cl	-1
T-op	0
Imar	5

NODE	PHASE	NAME
SWF	1	XX0005
SWT	1	XX0011

Order: 0 Label: vyp.1

Comment:

Output: 0 - No Hide Lock

OK Cancel Help

Obr. 9 Nastavenie parametrov vypínača 1

V RLC prvku zadáme do položky **R** zadáme hodnotu 0.03 , do **L** hodnotu 0.03 a do **C** hodnotu 0 .

DATA	VALUE
R	0.03
L	0.03
C	0

From	PHASE	NAME
From	1	XX0009
To	1	XX0011

Order: 0 Label:

Comment:

Output: 0 - No Hide Lock Vintage,1

OK Cancel Help

Obr. 10 Nastavenie parametrov RLC prvku

V položke reaktora **L** zadáme hodnotu 1600. Keďže chceme zistiť veľkosť prúdu a napätia na reaktore, v položke **Output** nastavíme voľbu **Current & Voltage**.

DATA	VALUE	NODE	PHASE	NAME
L	1600	From	1	
		To	1	XX0011

Order: 0 Label: induktor

Comment:

Output: 3 - Current&Voltage

Hide
 Lock
 \$Vintage.1

OK Cancel Help

Obr. 11 Nastavenie parametrov reaktora

Do jednotlivých položiek π -článku postupne zadáme hodnoty: do položky **R** zadáme hodnotu 10, do **L** hodnotu 10 a do **C** hodnotu 0.002.

DATA	VALUE	NODE	PHASE	NAME
R	10	From	1	XX0011
L	0	To	1	XX0015
C	0.002			

Order: 0 Label:

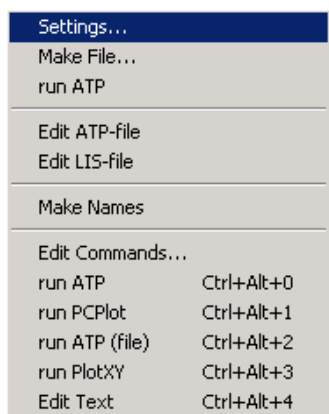
Comment:

Hide
 Lock
 \$Vintage.1

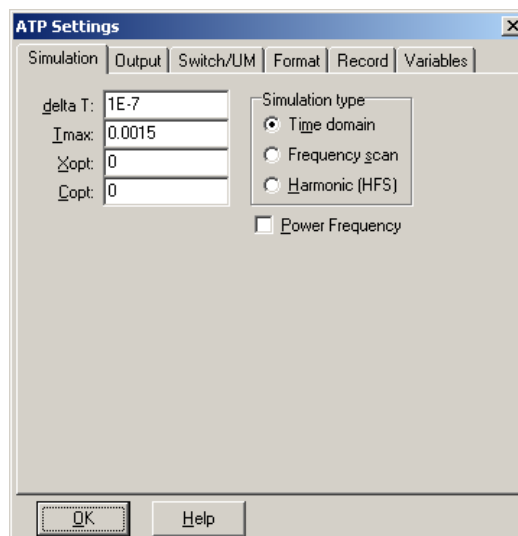
LINE PI OK Cancel Help

Obr. 12 Nastavenie parametrov π -článku

Časové podmienky simulácie sa nastavujú voľbou z horného menu **ATP Settings** a **Simulation** (obr. 13). Keďže sa jedná o krátky prechodný dej, krok výpočtu musíme tomu prispôbiť **delta T** $1E-7$ s a podobne aj doba výpočtu, napr. **Tmax** 0.0015 s (obr. 14).

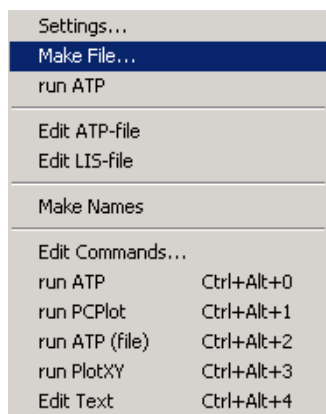


Obr. 13 ATP – Settings

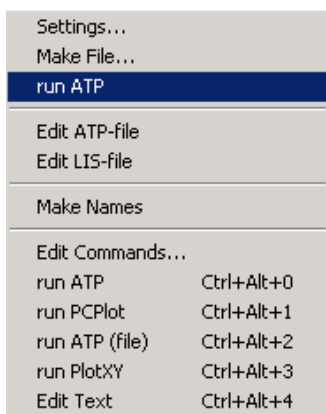


Obr. 14 Dialógové okno Settings – Simulation

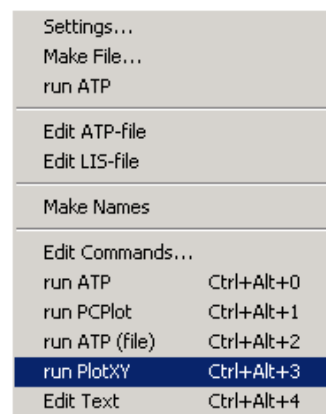
Príkazom **Make File** v hornom menu **ATP** sa vytvorí v podadresári ATP dátový súbor pre ATP s rovnakým názvom s príponou *.atp (obr. 15). Príkazom **run ATP** v hornom menu **ATP** sa spustí výpočet v programe ATP, ktorého výsledkom sú súbory s príponou *.lis a *.pl4 (obr. 16). V prostredí ATPDraw sa voľbou z horného menu **ATP run PlotXY** spustí grafický postprocesor (obr. 17).



Obr. 15 ATP – Make File...

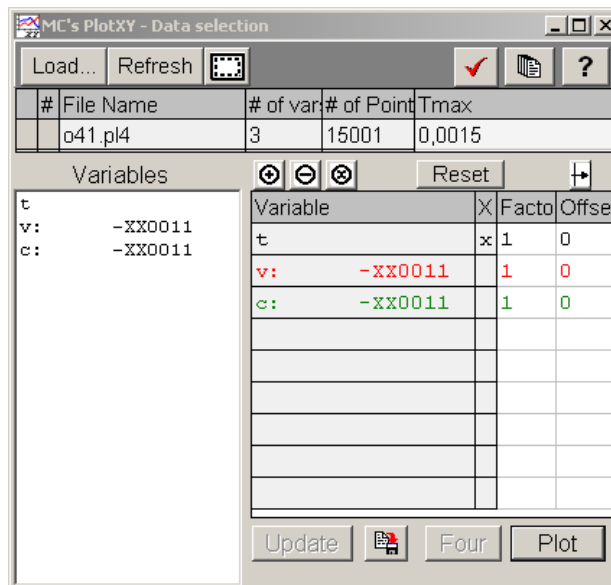


Obr. 16 ATP – run ATP

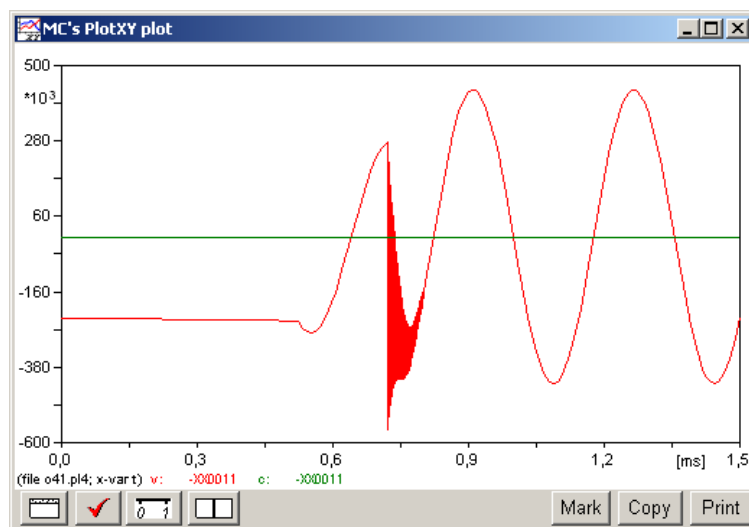


Obr. 17 ATP – run PlotXY

A v ňom je s označením **c: XX0011** uvedený požadovaný priebeh prúdu a **v: XX0011** priebeh napätia na reaktore. Stlačením ľavého tlačidla myši sa dané priebehy označia pre zobrazenie a stlačením tlačidla **Plot** sa následne zobrazia.



Obr. 18 Dialógové okno programu PlotXY pre vykreslenie priebehov



Obr. 19 Priebeh prúdu vo vyššie uvedenom obvode