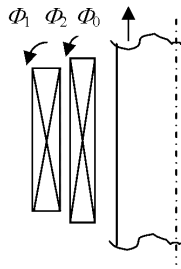


## TRANSFORMÁTORY



Obr. 1 Dvojvinuťový transformátor

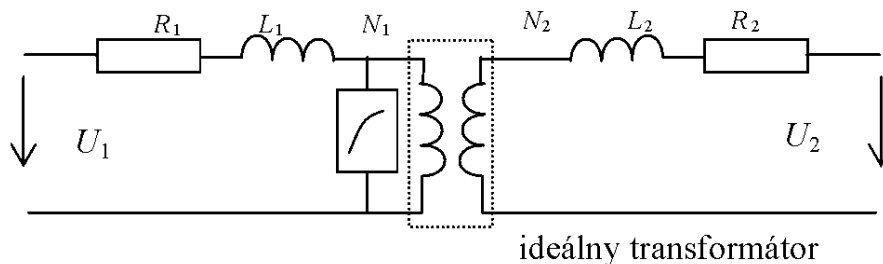
Na Obr. 1 je naznačený rez dvojvinuťovým transformátorom, pre ktorý platia rovnice:

$$u_1 = \frac{d}{dt}(\Phi_0 + \Phi_1) \cdot N_1 + i_1 \cdot R_1 \quad u_2 = \frac{d}{dt}(\Phi_0 + \Phi_2) \cdot N_2 + i_2 \cdot R_2 \quad (1)$$

kde  $\Phi_0$ ,  $\Phi_1$  a  $\Phi_2$  sú toky spojované všeobecne s oboma vinutiami (primárne, sekundárne). Tok  $\Phi_0$  sa uplatňuje predovšetkým vo vnútri železného jadra a určuje magnetizačnú charakteristiku. Tok  $\Phi_0$  je spoločný v oboch rovniciach a z rovníc (1) vyplýva:

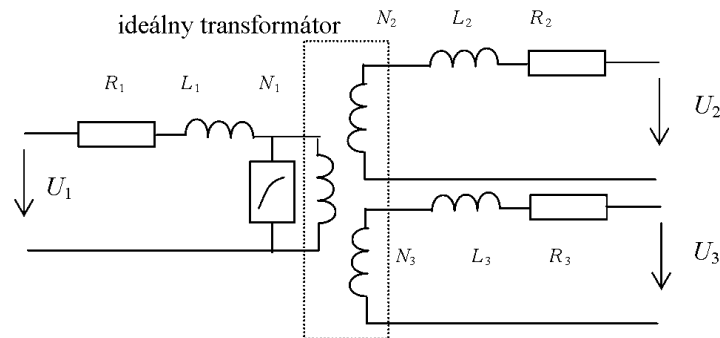
$$N_2 \cdot \left( u_1 - \frac{d}{dt} \Phi_1 - i_1 \cdot R_1 \right) = N_1 \cdot \left( u_2 - \frac{d}{dt} \Phi_2 - i_2 \cdot R_2 \right) \quad (2)$$

Táto rovnica zodpovedá náhradnej schéme s ideálnym transformátorom podľa Obr. 2. Obvod toku  $\Phi_0$  (magnetizačného toku) môže byť pripojený na akúkoľvek stranu ideálneho transformátora. Rozptylovým tokom  $\Phi_1$  a  $\Phi_2$  zodpovedajú indukčnosti  $L_1$ ,  $L_2$  a  $R_1$ ,  $R_2$  sú odpory vinutí.



Obr. 2 Náhradná schéma dvojvinuťového transformátora

Model transformátora s tromi vinutiami je znázornený na Obr. 3. Tento model zodpovedá predpokladu, že každé vinutie má svoj tok. V skutočnosti nemôže mať vinutie 1 a vinutie 2 celkom rovnaký tok, ako vinutie 2 a vinutie 3. Ale pre väčšinu prípadov je model dostatočne presný. Uvedené modely sú použiteľné do frekvencií niekoľko kHz. Pre vyššie frekvencie, nad 10 kHz, alebo v prípade atmosférického alebo spínacieho prepätia nie je rozloženie napätia v primárnom vinutí lineárne v dôsledku parazitných kapacít voči zemi a vo vnútri vinutia. Pre takéto prípady by malo byť prvé vinutie modelované vo viacerých sekciách. Každá sekcia má svoju vlastnú a vzájomnú indukčnosť k ostatným.

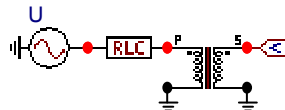


Obr. 3 Náhradná schéma trojvinuťového transformátora

Potom je celkové vinutie vrátane primárneho, sekundárneho, atď. reprezentované tzv. indukčnou maticou. Súčasne je potrebné poznať prevedenie kovového jadra. Pri vysokých frekvenciách už nedochádza takmer k žiadnemu prieniku toku dovnútra kovového jadra. Pre frekvenčný rozsah zodpovedajúci atmosférickým impulzom nahradí železné jadro vzduch. Indukčná matica má tvar ( $L$  sú vlastné a  $M$  vzájomné indukčnosti jednotlivých, v tomto prípade štyroch, cievok):

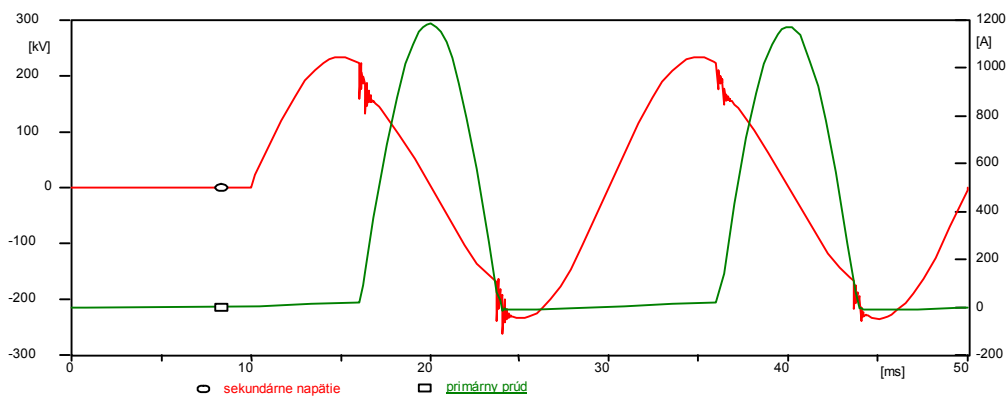
$$\begin{matrix} L_{11} \\ M_{12} & L_{22} \\ M_{13} & M_{23} & L_{33} \\ M_{14} & M_{24} & M_{34} & L_{44} \end{matrix} \quad (3)$$

Príklad pripojenia transformátora 550/300 kV k sieti na Obr. 4 uvažuje jednopólovú schému a v EMTP využíva procedúru SATURABLE TRANSFORMER, ktorou sa v ATPDraw zadávajú hodnoty prvkov náhradnej schémy vrátane charakteristiky naprázdno: (viď. *Preklad textov prof. Eiichi Haginomoriho pre prácu s EMTP-ATP*, kapitola 5).



Obr. 4 Jednofázový dvojinuťový transformátor pripojený k sieti

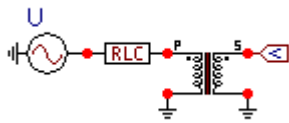
V dôsledku saturácie danej magnetizačnou charakteristikou tečie v okamihu pripojenia transformátora k sieti do transformátora veľký magnetizačný jednosmerný prúd, ako ukazuje Obr. 5.



Obr. 5 Pripojenie transformátora k sieti a priebeh sekundárneho napätia a primárneho prúdu

### Postupnosť krokov pri zadávaní údajov v programe ATP:

V ATPDraw sa vytvorí schéma zapojenia podľa obr. 6. Na napäťovom zdroji nastavíme v položke **Amp** hodnotu 428660.7, v položke **Tsta** hodnotu 0.01 a v položke **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** -90 a frekvenciu v položke **f** 50. (obr. 7).



Obr. 6 Schéma zapojenia v ATPDraw

DATA	VALUE	NODE	PHASE	NAME
Amp.	428660.7	AC	1	××0001
f	50			
Pha	-90			
A1	0			
TSta	0.01			
TSto	1			

Order: 0 Label: U

Comment:

Type of source:  
 Current  
 Voltage

Hide  
 Lock

Buttons: OK, Cancel, Help

Obr. 7 Nastavenie parametrov pre napäťový zdroj U

V RLC prvku zadáme do položky **R** hodnotu 0.5, do **L** hodnotu 30 a do **C** hodnotu 0. Keďže chceme snímať veľkosť prúdu na tomto prvku, v položke **Output** nastavíme voľbu **Current**.

DATA	VALUE	NODE	PHASE	NAME
R	0.5	From	1	××0001
L	30	To	1	××0003
C	0			

Order: 0 Label:

Comment:

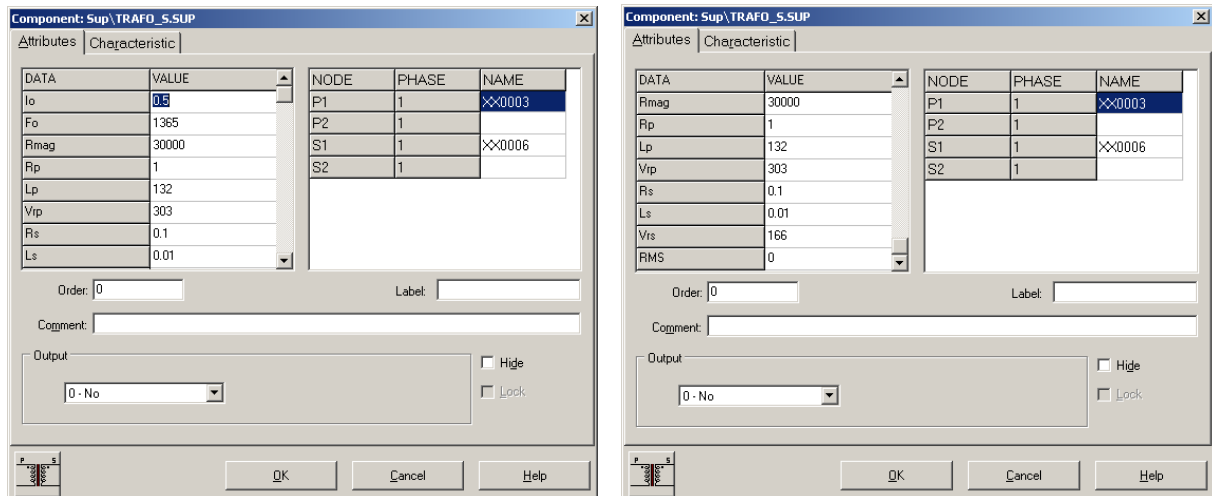
Output:  
 1 - Current

Hide  
 Lock  
 \$Vintage,1

Buttons: OK, Cancel, Help

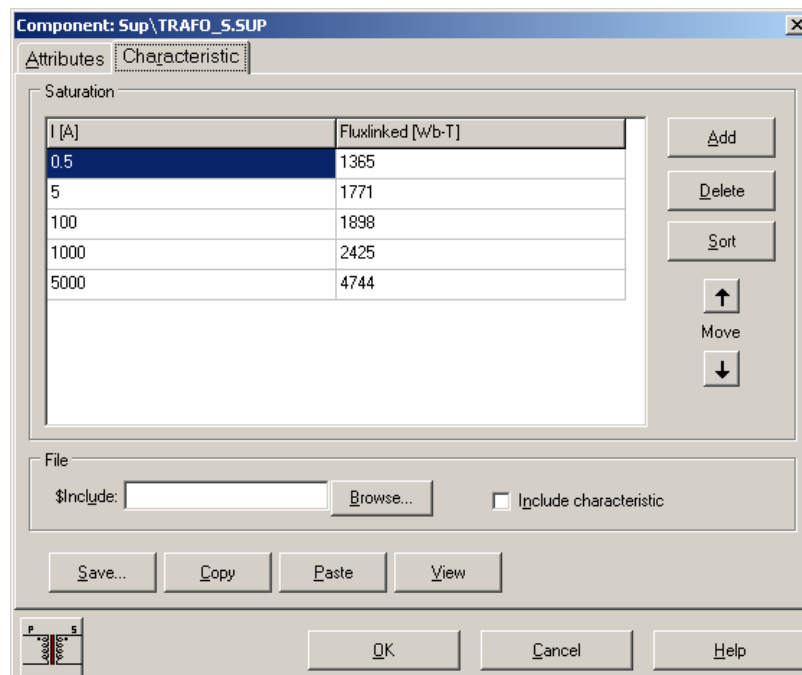
Obr. 8 Nastavenie parametrov RLC prvku

Pre transformátor zadáme v záložke **Attributes** do jednotlivých položiek hodnoty podľa nasledovnej tabuľky.



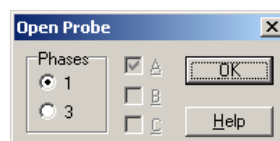
Obr. 9 Nastavenie parametrov saturačného transformátora

Podobne, v záložke **Characteristic** zadáme hodnoty krivky saturácie podľa nasledovnej tabuľky.



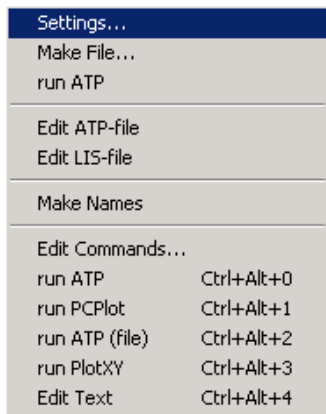
Obr. 10 Nastavenie parametrov saturačného transformátora

Budeme snímať 1-fázové napätie, preto nastavíme počet fáz 1 (obr. 11).

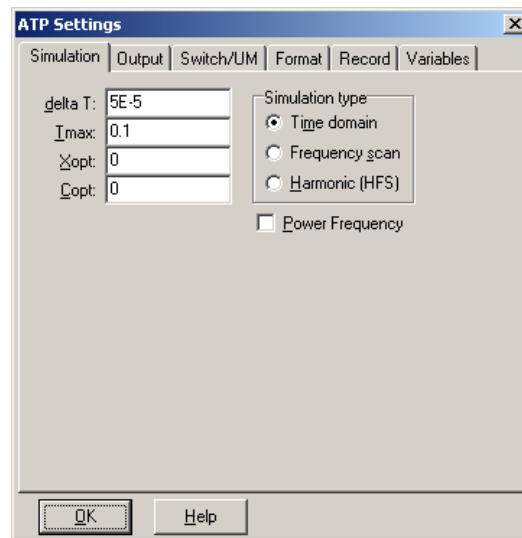


Obr. 11 Nastavenie počtu fáz

Časové podmienky simulácie sa nastavujú voľbou z horného menu **ATP Settings** a **Simulation** (obr. 12). Keďže sa jedná o krátky prechodný dej, krok výpočtu musíme tomu prispôbiť **delta T**  $5E-5$  s a podobne aj doba výpočtu, napr. **Tmax** 0.1 s (obr. 13).

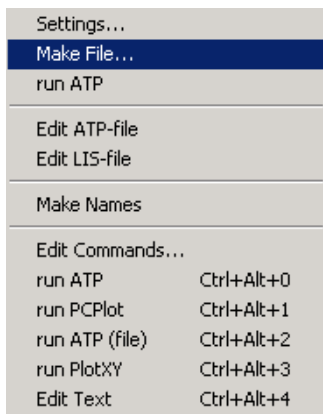


Obr. 12 ATP – Settings

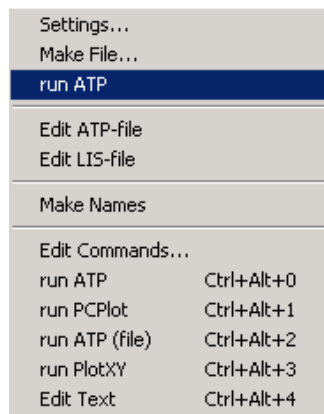


Obr. 13 Dialógové okno Settings – Simulation

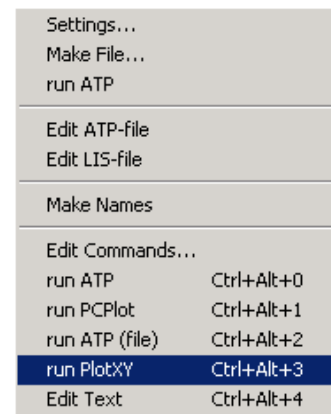
Príkazom **Make File** v hornom menu **ATP** sa vytvorí v podadresári ATP dátový súbor pre ATP s rovnakým názvom s príponou \*.atp (obr. 14). Príkazom **run ATP** v hornom menu **ATP** sa spustí výpočet v programe ATP, ktorého výsledkom sú súbory s príponou \*.lis a \*.pl4 (obr. 15). V prostredí ATPDraw sa voľbou z horného menu **ATP run PlotXY** spustí grafický postprocesor (obr. 16).



Obr. 14 ATP – Make File...

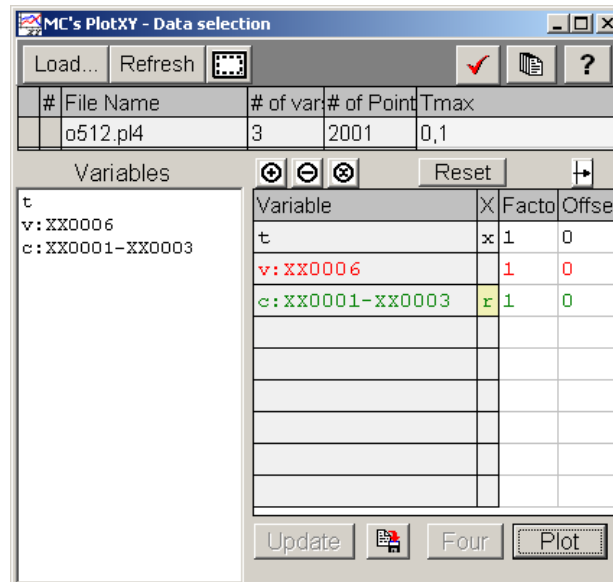


Obr. 15 ATP – run ATP

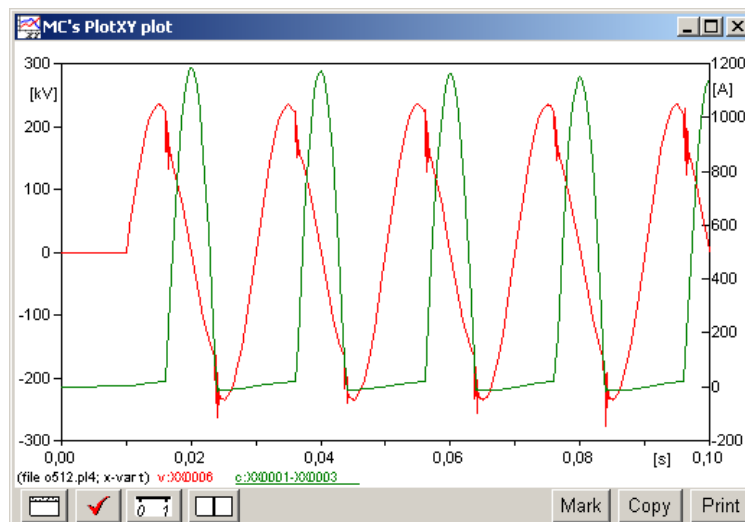


Obr. 16 ATP – run PlotXY

A v ňom je s označením **v: XX0006** uvedený priebeh sekundárneho napätia na vinutí transformátora a **c: XX0001 – XX0003** priebeh prúdu na RLC prvku (primárny prúd). Stlačením ľavého tlačidla myši (označenie priebehu napätia) a pravého tlačidla myši (označenie priebehu prúdu) sa dané priebehy označia pre zobrazenie a stlačením tlačidla **Plot** sa následne zobrazia.



Obr. 17 Dialógové okno programu PlotXY pre vykreslenie priebehov



Obr. 18 Priebeh prúdu a napätia vo vyššie uvedenom obvode