ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ ZČU V PLZNI

Řešení přechodných dějů na transformátoru v nástroji DYNAST

Cvičení PJS

doc. Ing. Karel Noháč, Ph.D., ZČU, FEL, KEE

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

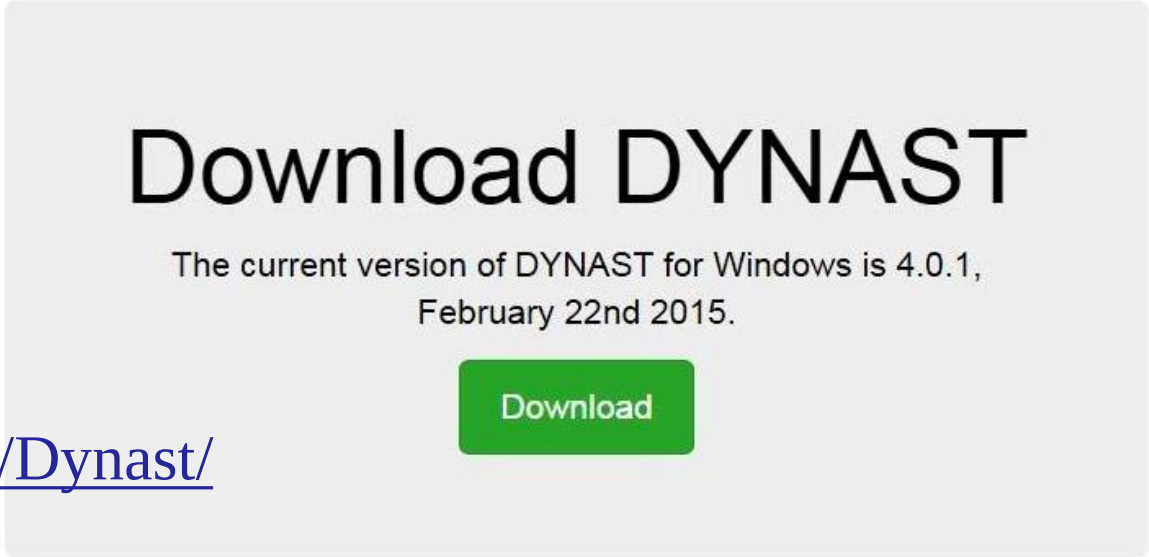
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI

KATEDRA ELEKTROENERGETIKY

Výpočet přechodného děje na transformátoru

Pro výpočet přechodného děje zapnutí do stavu nakrátko využit simulační nástroj DYNAST:

https://home.zcu.cz/~nohac/Dynast/



System requirements

- IBM compatible PC computer
- MS Windows 2000/NT/XP/Vista/7/8

Installation instructions

- Download the installation file to a temporary directory
- Run the downloaded installation file
- Follow the instructions of the setup program

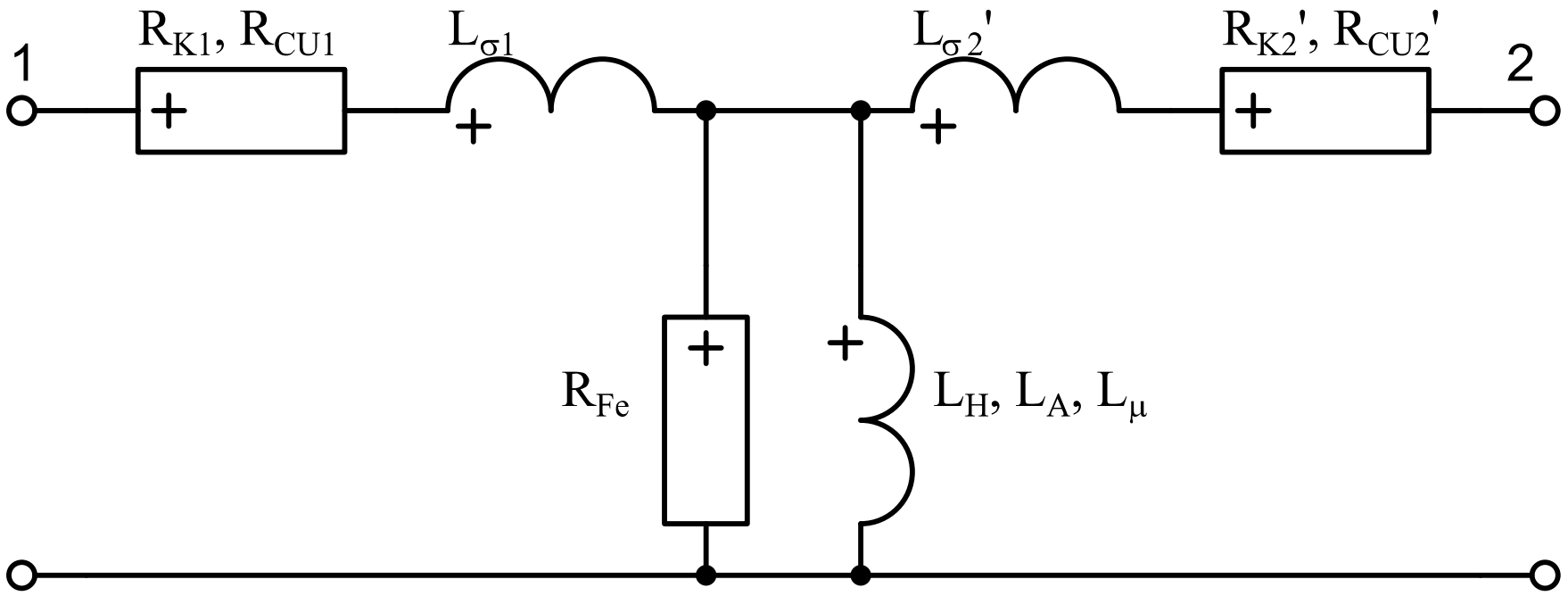
Documentation

- User's Guide for DYNAST

Examples

Re-solvable examples of solved equations and simulated real systems that can be modified and re-submitted just by clicking a button

Náhradní schéma transformátoru



Parametry transformátoru

$u_K = 10\,\%$

$i_0 = 1\,\%$

$U_{N1} = 110\ kV$

$U_{N2} = 22\ kV$

$S_{NT} = 10\ MVA$

$\Delta P_0 = 0.3\,\%$

$\Delta P_K = 1.0\,\%$

```
Ukp=10;
I0p=1;
Un1=110;
Un2=22;
Snt=10;

dP0p=0.3;
dPkp=1;
```

Parametry transformátoru

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$$

$$R_K = r_K Z_{NT} = \frac{\Delta p_{K\%}}{100} \cdot \frac{U_{N1}^{\ 2}}{S_{NT}}$$

$$R_{K1} = \frac{R_K}{2}$$

$$Z_K = z_K Z_{NT} = \frac{u_{K\%}}{100} \cdot \frac{U_{N1}^{\ 2}}{S_{NT}}$$

$$X_\sigma = \sqrt{Z_K^{\ 2} - R_K^{\ 2}}$$

$$L_\sigma = \frac{X_\sigma}{\omega} \qquad L_{\sigma 1} = \frac{L_\sigma}{2}$$

$$G_{Fe} = g_{Fe} Y_{NT} = \frac{\Delta p_{0\%}}{100} \cdot \frac{S_{NT}}{U_{N1}^{\ 2}}$$

$$R_{Fe} = G_{Fe}^{\ -1}$$

$$Y_0 = y_0 Y_{NT} = \frac{i_{0\%}}{100} \cdot \frac{S_{NT}}{U_{N1}^{\ 2}}$$

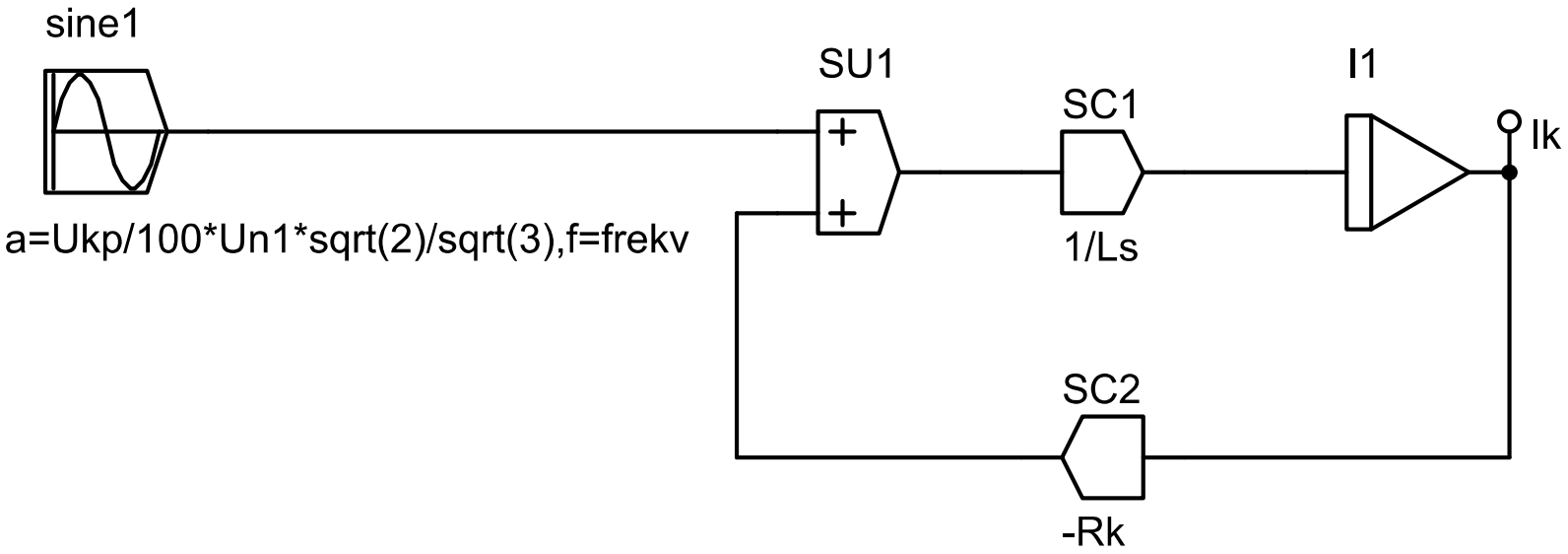
$$X_H = \left(\sqrt{Y_0^{\ 2} - G_{Fe}^{\ 2}} \right)^{-1} \qquad L_H = \frac{X_H}{\omega}$$

```
frekv=50;
omega=2pi*frekv;

Rk=(dPkp/100)*(Un1**2/Snt);
Rk1=Rk/2;
Zk=(Ukp/100)*(Un1**2/Snt);
Xs=sqrt(Zk**2-Rk**2);
Ls=Xs/omega;
Ls1=Ls/2;

Gfe=(dP0p/100)*(Snt/Un1**2);
Rfe=1/Gfe;
Y0=(I0p/100)*(Snt/Un1**2);
Xh=1/sqrt(Y0**2-Gfe**2);
Lh=Xh/omega;
```

Transformátor nakrátko

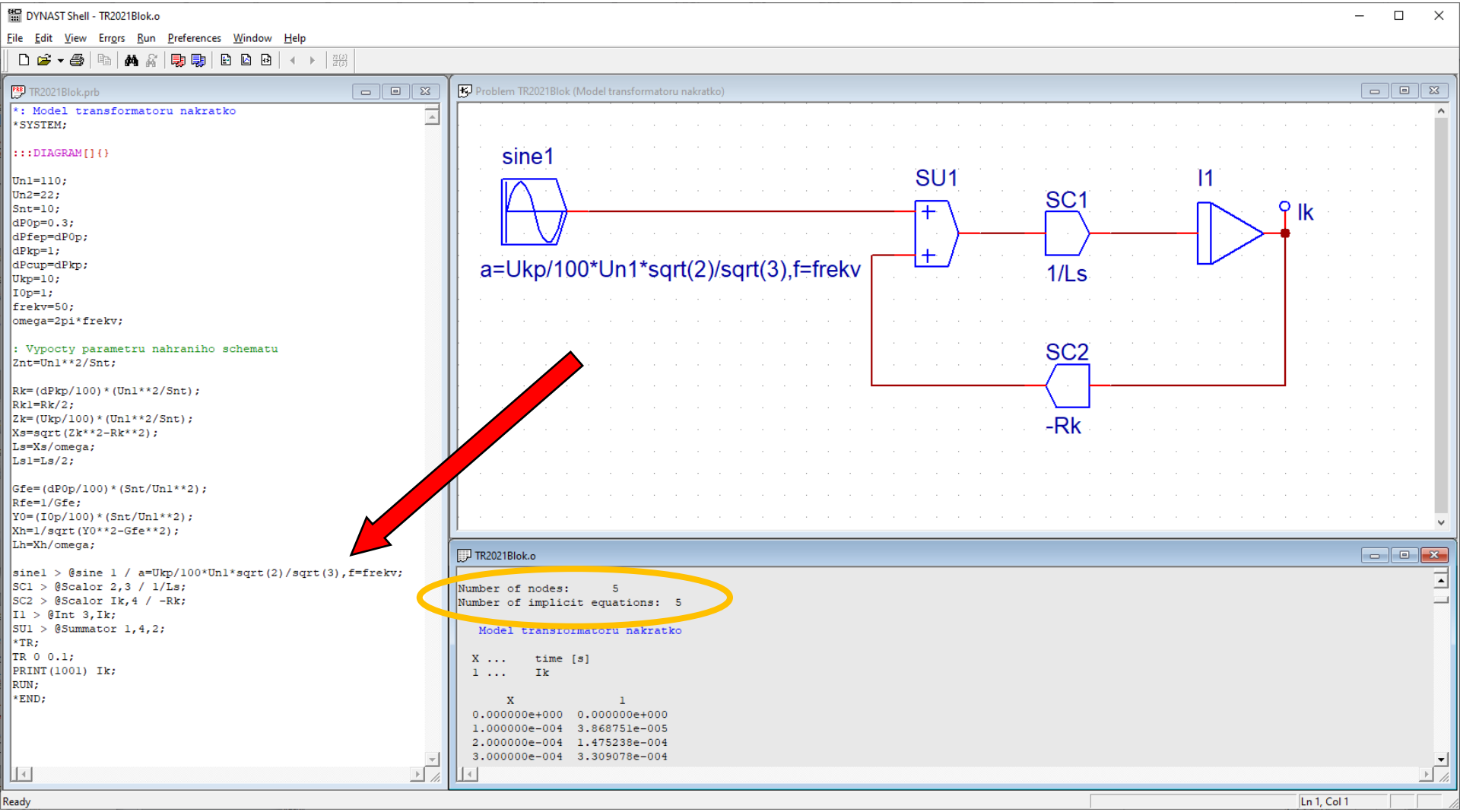
$$L_\sigma \frac{di_K}{dt} + i_K \cdot R_K = \frac{u_K[\%]}{100} U_m \sin(\omega \cdot t) \qquad U_m = \frac{U_n}{\sqrt{3}} \sqrt{2}$$

$$\frac{di_K}{dt} = \frac{\frac{u_K[\%]}{100} U_m \sin(\omega \cdot t) - i_K \cdot R_K}{L_\sigma}$$



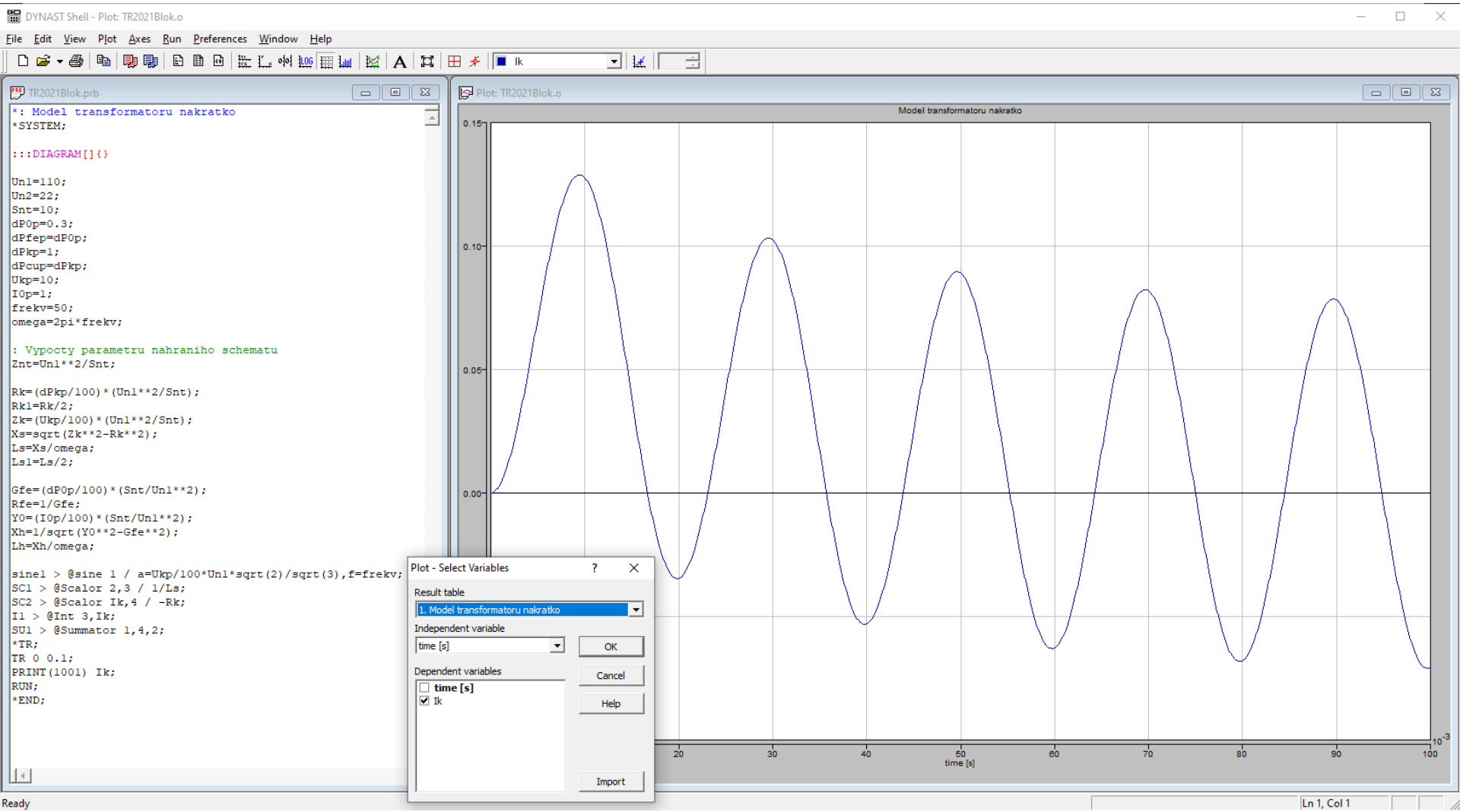
Zpracování pomocí bloků ala Simulink

Transformátor nakrátko



Zpracování pomocí bloků ala Simulink

Transformátor nakrátko



Zpracování pomocí bloků ala Simulink

Transformátor nakrátko

Řešení implicitní numerickou metodou bez zanedbání L_H:

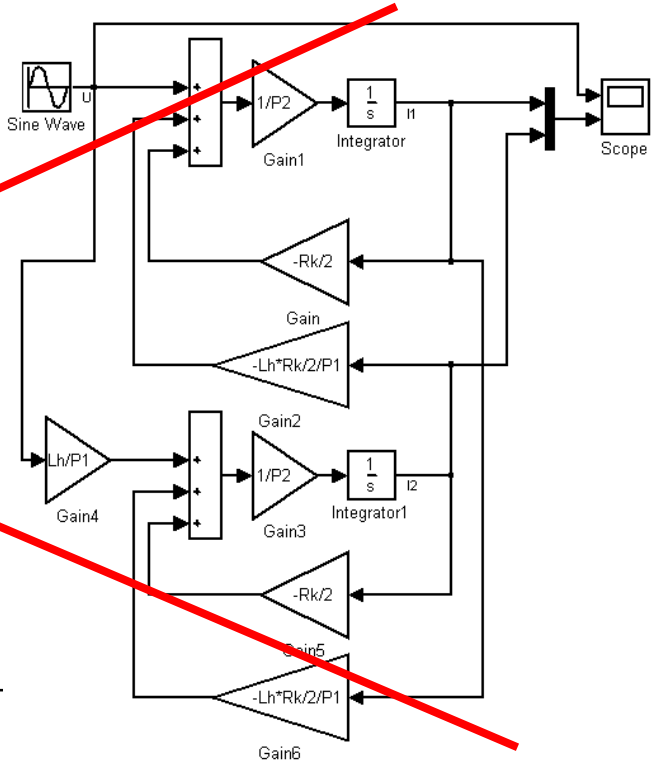
$$\frac{L_\sigma}{2}\frac{di_1}{dt} + i_1 \cdot \frac{R_K}{2} + L_h \frac{di_1}{dt} - L_h \frac{di_2}{dt} = \frac{u_K[\%]}{100} U_m \sin(\omega \cdot t)$$

$$-L_h \frac{di_1}{dt} + L_h \frac{di_2}{dt} + \frac{L_\sigma}{2}\frac{di_2}{dt} + i_2 \cdot \frac{R_K}{2} = 0$$

$$P_1 = \frac{L_\sigma}{2} + L_h \qquad P_2 = \frac{L_\sigma}{2} + L_h - \frac{L_h^{\,2}}{P_1}$$

$$\frac{di_1}{dt} = \frac{\frac{u_K[\%]}{100} U_m \sin(\omega \cdot t) - i_1 \cdot \frac{R_K}{2} - L_h \cdot i_2 \frac{R_K}{2} \cdot \frac{1}{P_1}}{P_2}$$

$$\frac{di_2}{dt} = \frac{\frac{L_h \cdot \frac{u_K[\%]}{100} U_m \sin(\omega \cdot t)}{P_1} - \frac{L_h \cdot i_1 \cdot \frac{R_K}{2}}{P_1} - i_2 \frac{R_K}{2}}{P_2}$$



Transformátor nakrátko

Řešení implicitní numerickou metodou bez zanedbání L_H:

$$\frac{L_\sigma}{2}\frac{di_1}{dt} + i_1 \cdot \frac{R_K}{2} + L_h \frac{di_1}{dt} - L_h \frac{di_2}{dt} = \frac{u_K[\%]}{100} U_m \sin(\omega \cdot t)$$

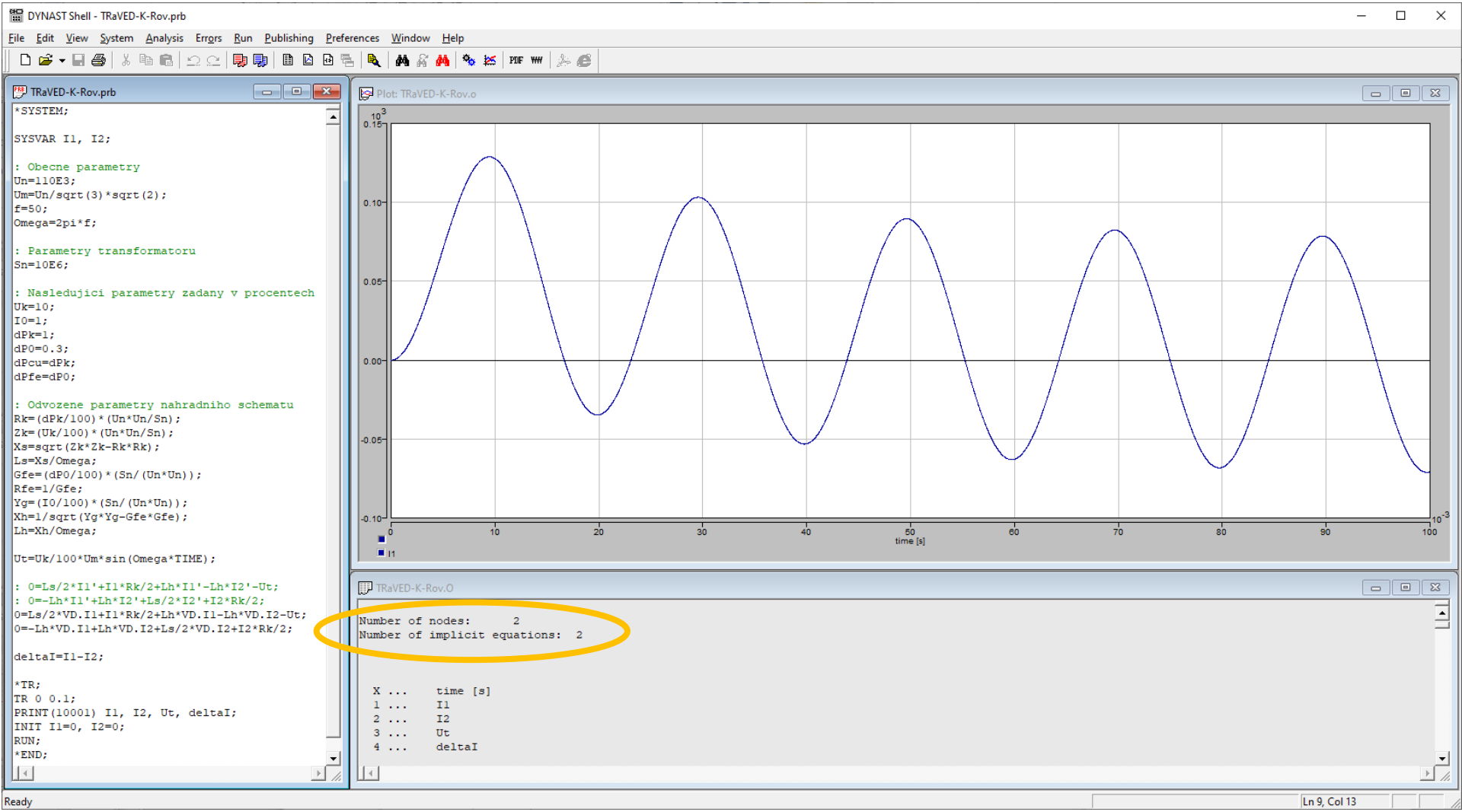
$$-L_h \frac{di_1}{dt} + L_h \frac{di_2}{dt} + \frac{L_\sigma}{2}\frac{di_2}{dt} + i_2 \cdot \frac{R_K}{2} = 0$$ 

```
Ut=Uk/100*Um*sin(Omega*TIME);

0=Ls/2*VD.I1+I1*Rk/2+Lh*VD.I1-Lh*VD.I2-Ut;


0=-Lh*VD.I1+Lh*VD.I2+Ls/2*VD.I2+I2*Rk/2;
```

Zpracování pomocí soustavy implicitních diferenciálních rovnic

Transformátor nakrátko

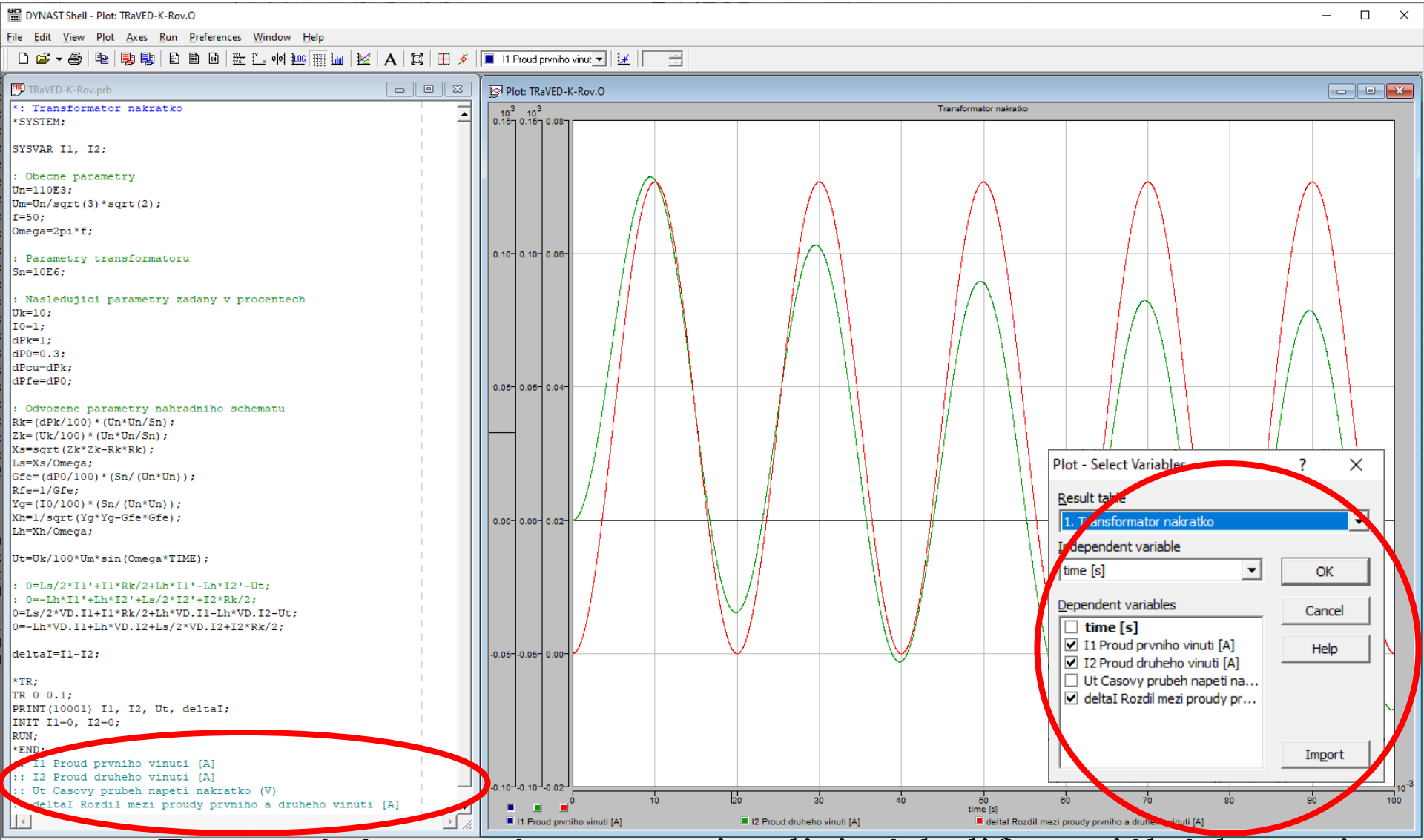
Řešení implicitní numerickou metodou bez zanedbání L_H:



Zpracování pomocí soustavy implicitních diferenciálních rovnic

Transformátor nakrátko

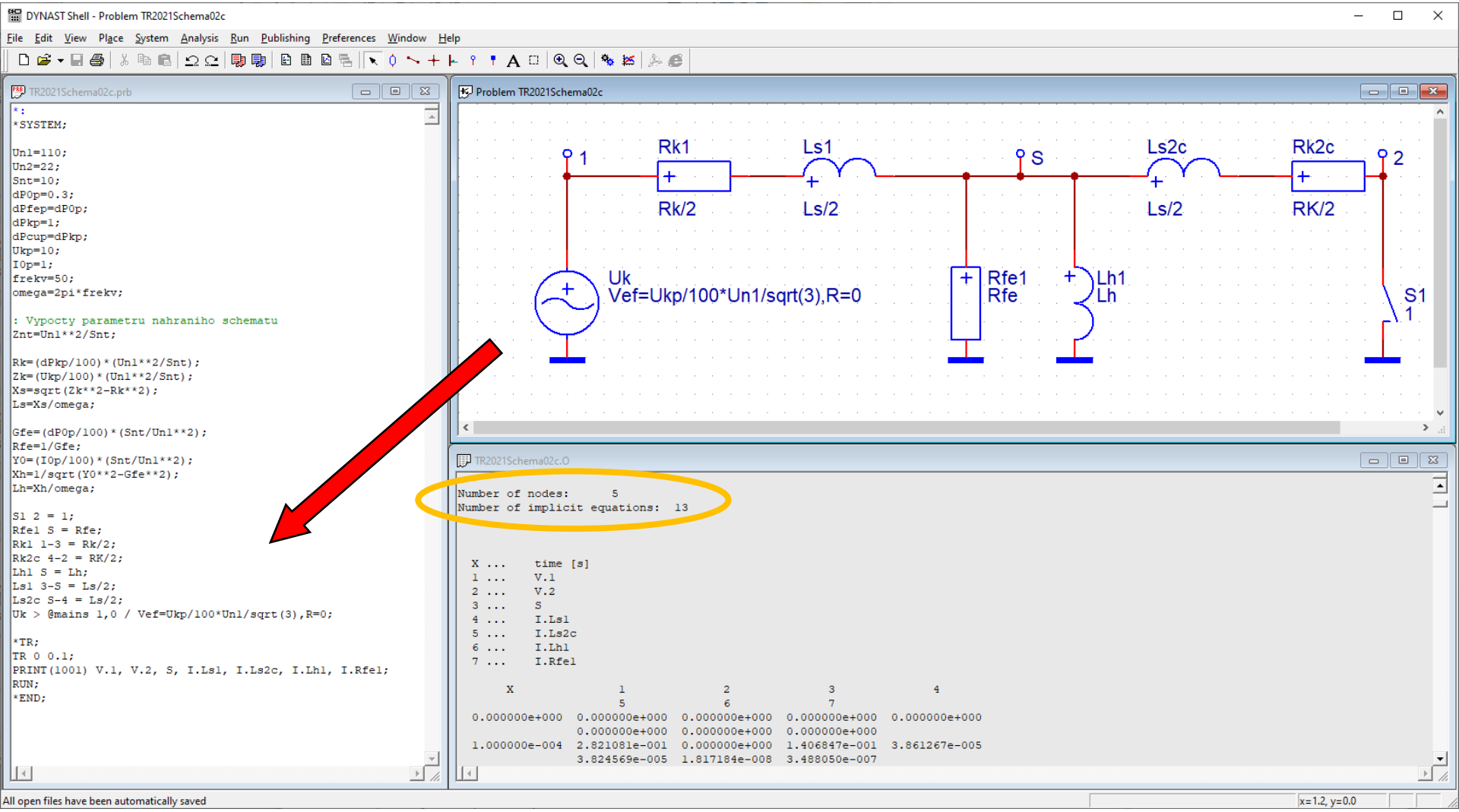
Řešení implicitní numerickou metodou bez zanedbání L_H:



Zpracování pomocí soustavy implicitních diferenciálních rovnic

Transformátor nakrátko

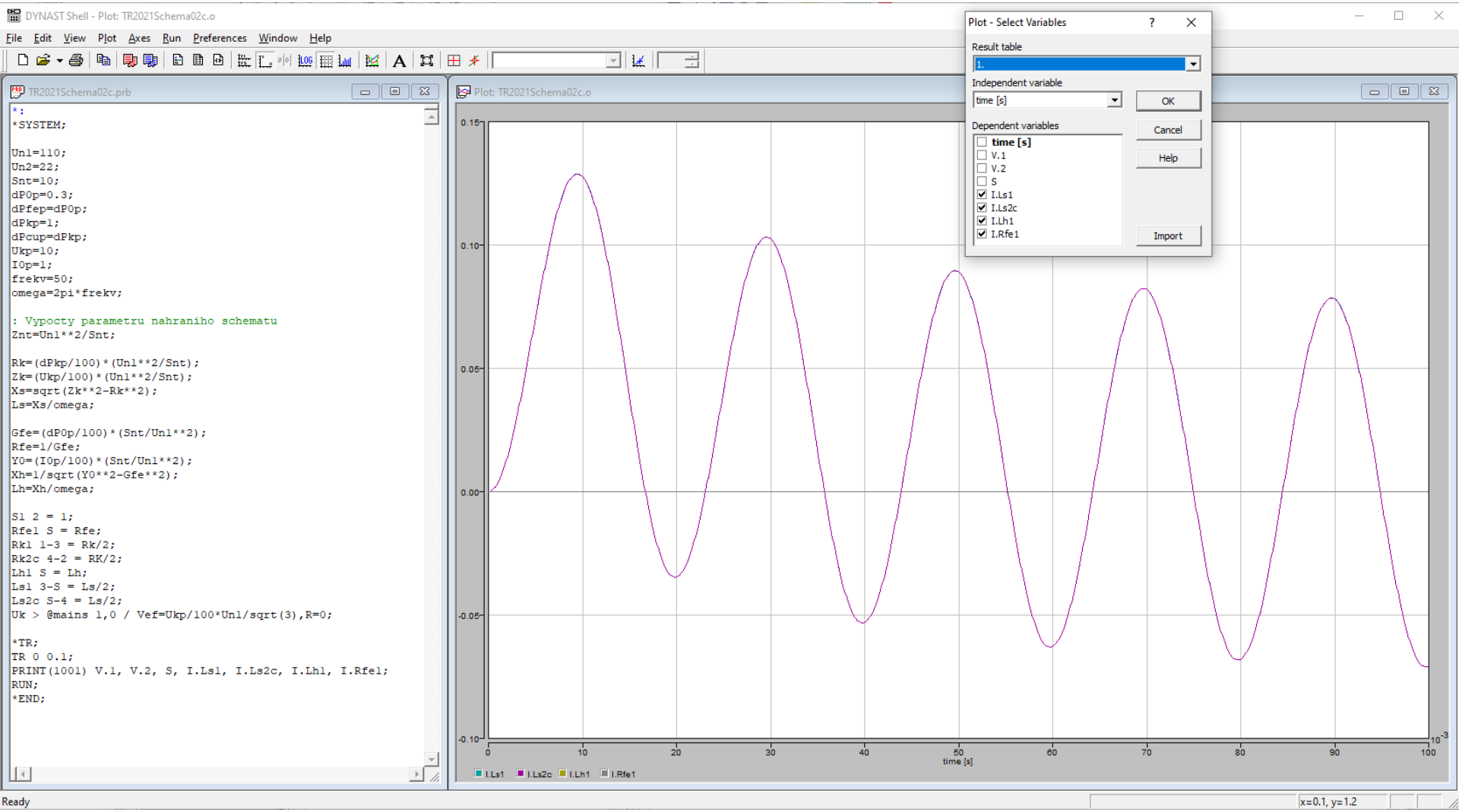
Řešení numerickou metodou s kompletní topologií:



Zpracování pomocí obvodového schéma

Transformátor nakrátko

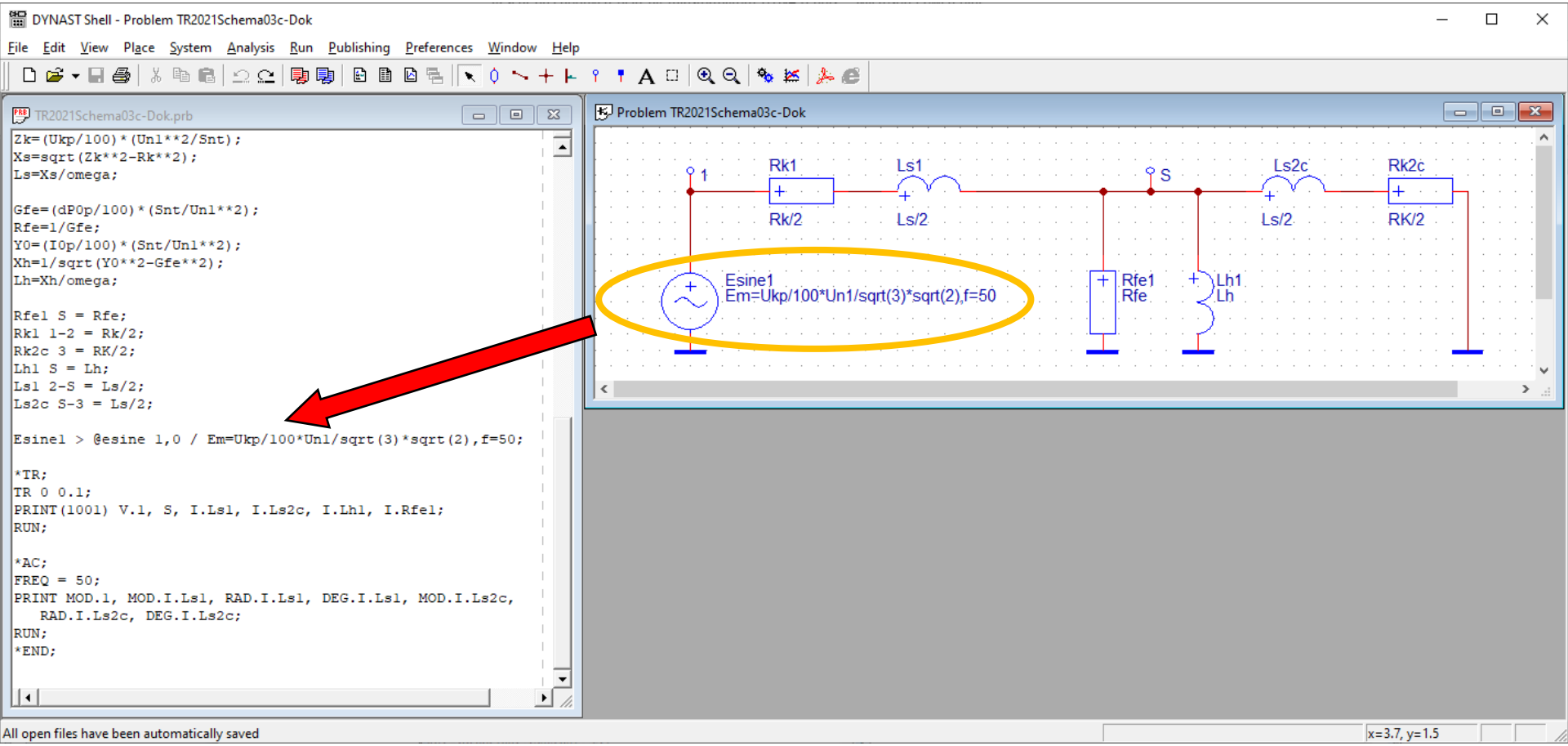
Řešení numerickou metodou s kompletní topologií:



Zpracování pomocí obvodového schéma

Transformátor nakrátko

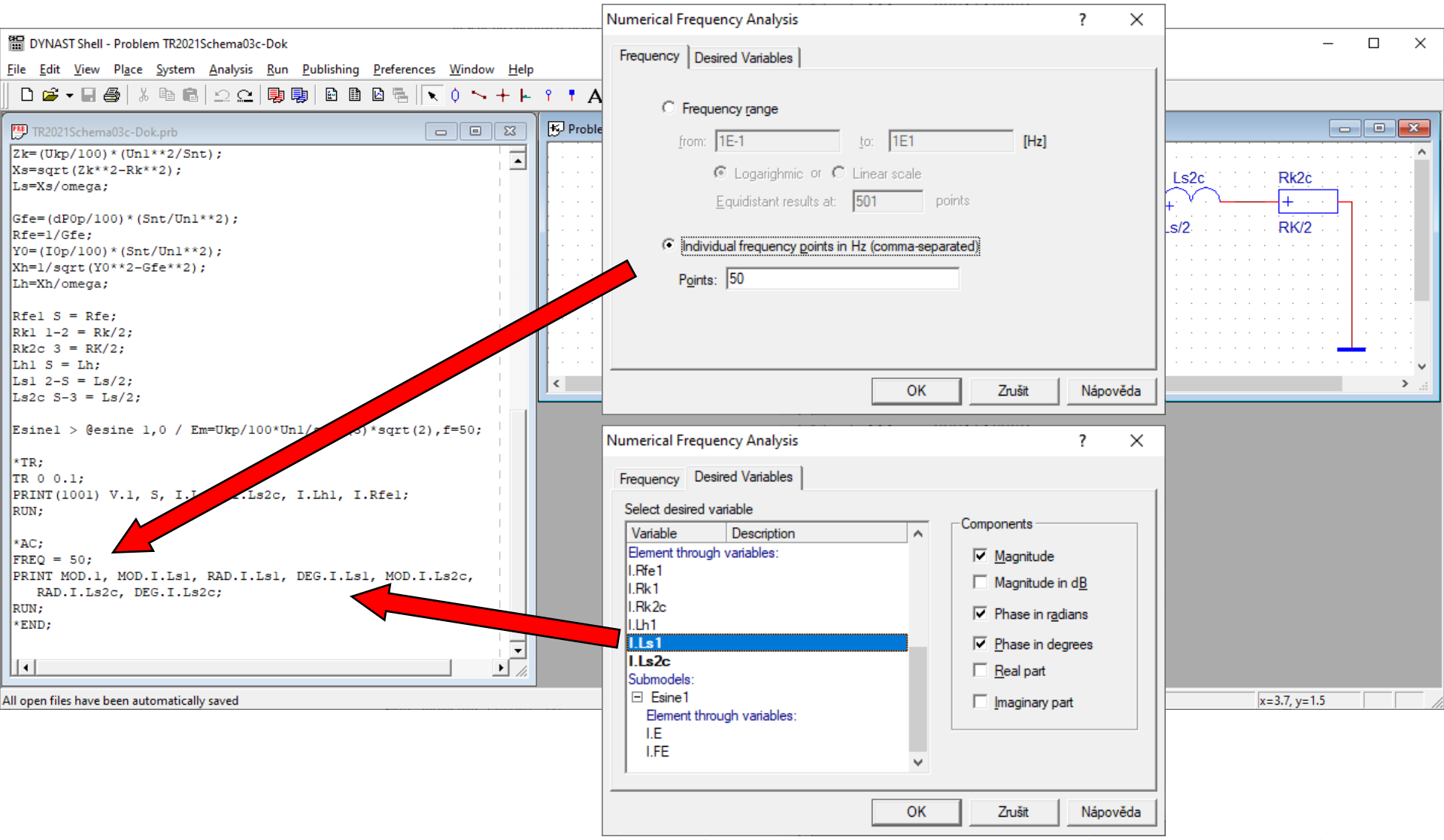
Řešení ustáleného stavu nakrátko s kompletní topologií:



Zpracování pomocí obvodového schéma a frekvenční analýzy

Transformátor nakrátko

Řešení ustáleného stavu nakrátko s kompletní topologií:



Zpracování pomocí obvodového schéma a frekvenční analýzy

Transformátor nakrátko

Řešení ustáleného stavu nakrátko s kompletní topologií:

$$I_N = \frac{S_{NT}}{\sqrt{3} \cdot U_{N1}}$$

$$I_{KM} = I_N \cdot \sqrt{2}$$

$$\Psi_K = \arctan\left(\frac{X_\sigma}{R_K}\right)$$

$$\Psi_K' = 2\pi - \Psi_K$$

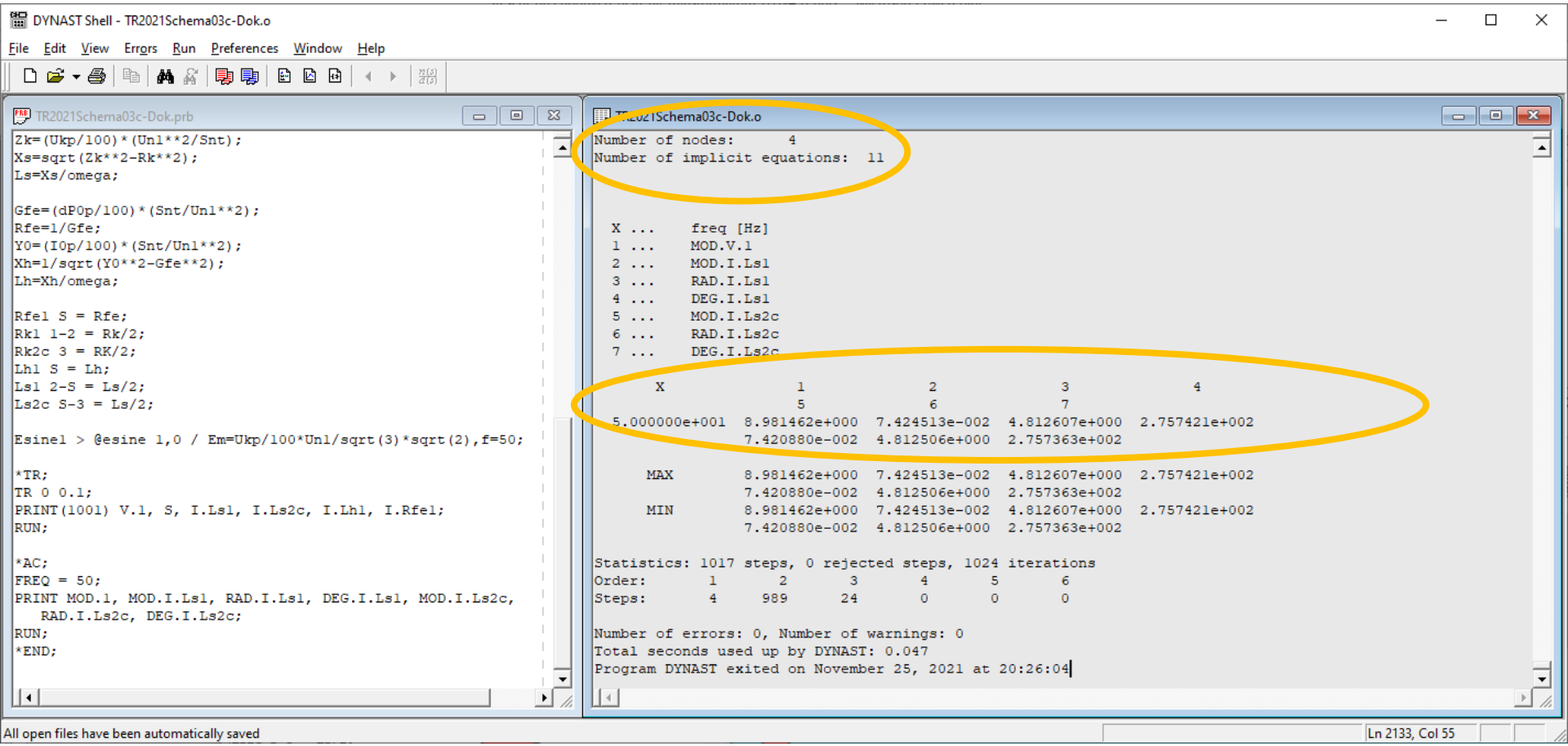
```
In=Snt/Un1/sqrt(3)

In =   0.052486

Ikm=In*sqrt(2)

Ikm =   0.074227
```

```
PsiK=atan(Xs/Rk)

PsiK =   1.4706

PsiKc=2*pi - PsiK

PsiKc =   4.8126
```

Zpracování pomocí obvodového schéma a frekvenční analýzy

Transformátor nakrátko

Řešení ustáleného stavu nakrátko s kompletní topologií:

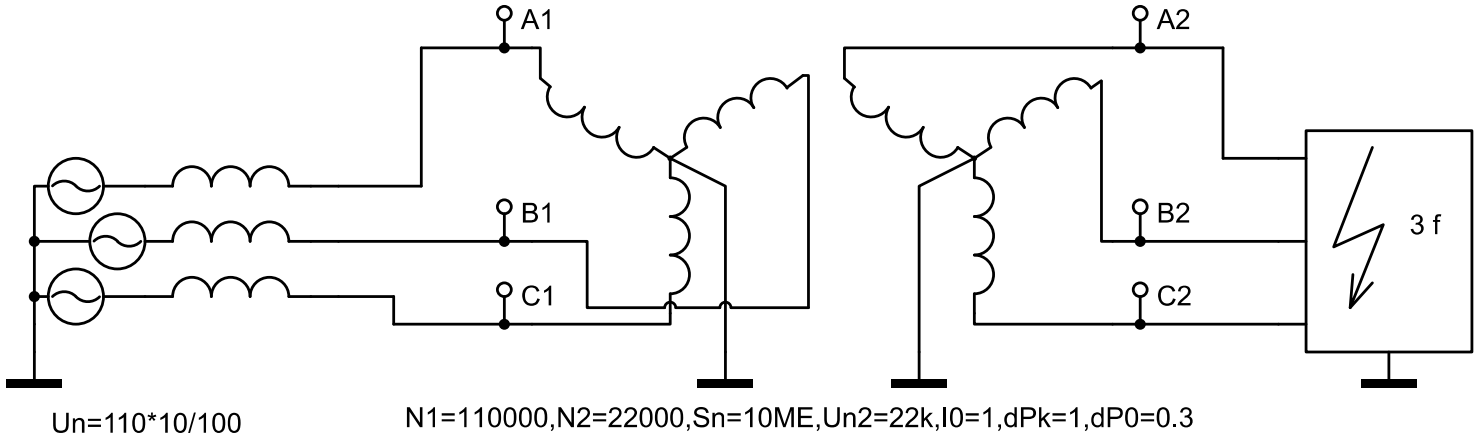


Ikm = 0.074227 PsiKc = 4.8126

Zpracování pomocí obvodového schéma a frekvenční analýzy

Transformátor nakrátko

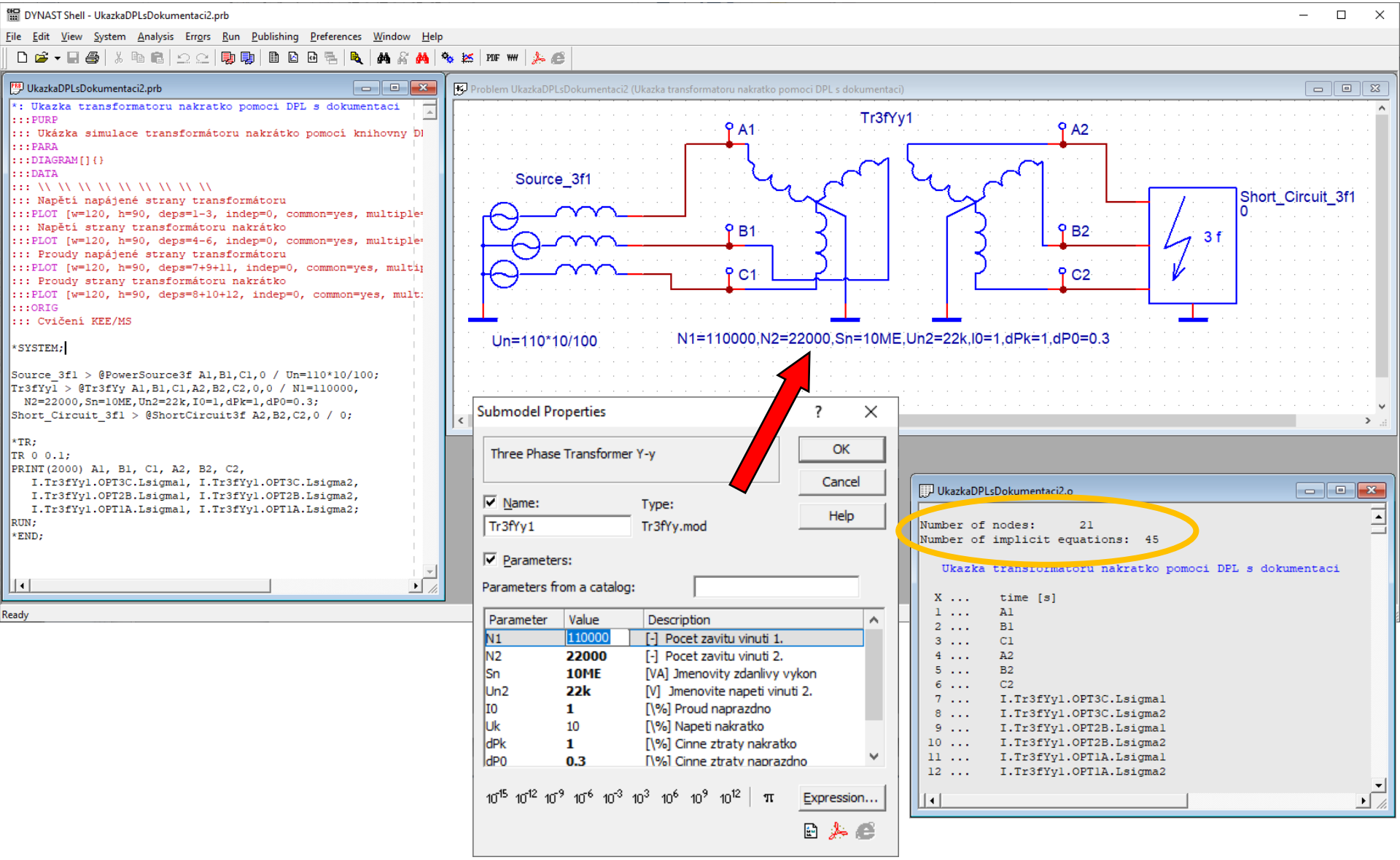
Řešení numerickou metodou 3f varianty topologie:




```
Source_3f1 > @PowerSource3f A1,B1,C1,0 / Un=110*10/100;
Tr3fYy1 > @Tr3fYy A1,B1,C1,A2,B2,C2,0,0 / N1=110000,
  N2=22000,Sn=10ME,Un2=22k,I0=1,dPk=1,dP0=0.3;
Short_Circuit_3f1 > @ShortCircuit3f A2,B2,C2,0 / 0;
```

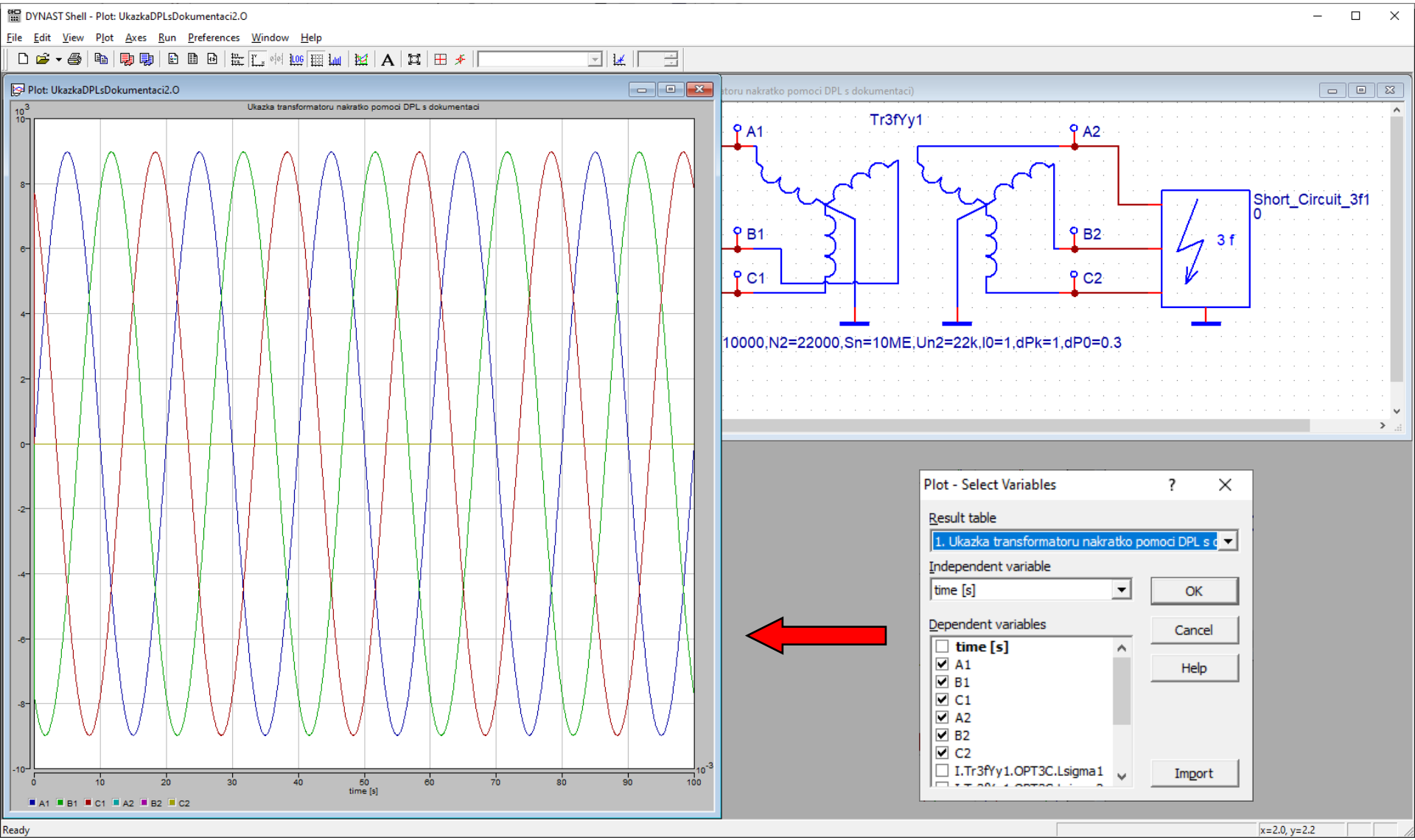
Zpracování pomocí obvodového schéma a knihovny DPL

Transformátor nakrátko



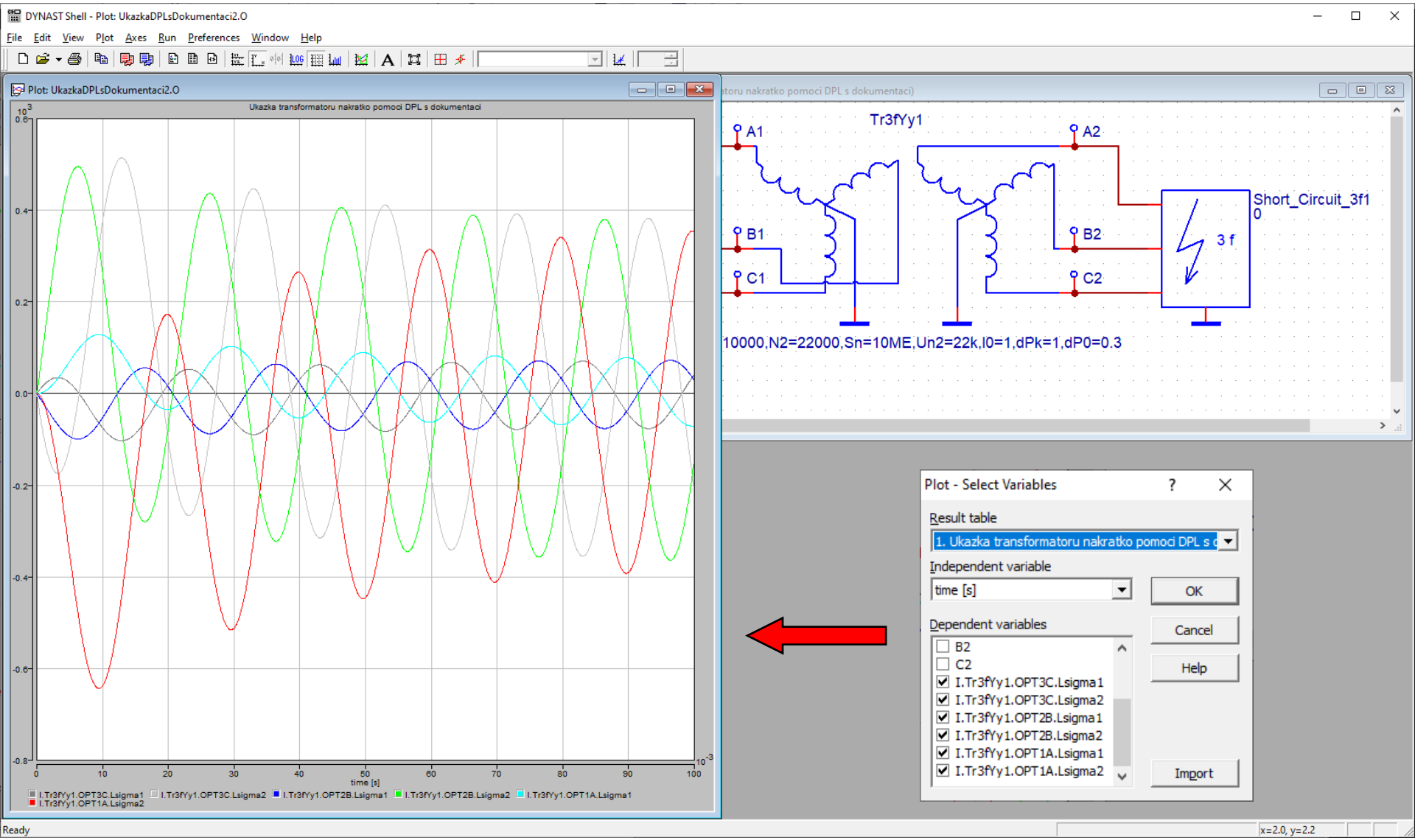
Zpracování pomocí obvodového schéma a knihovny DPL

Transformátor nakrátko



Zpracování pomocí obvodového schéma a knihovny DPL

Transformátor nakrátko



Zpracování pomocí obvodového schéma a knihovny DPL