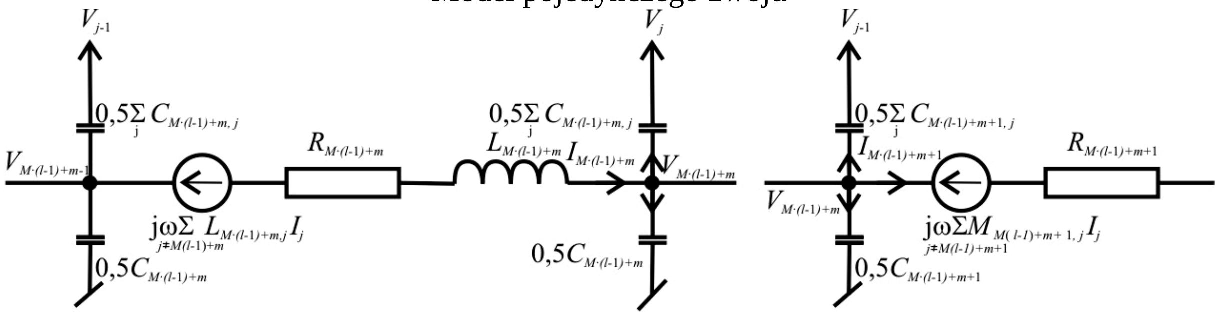
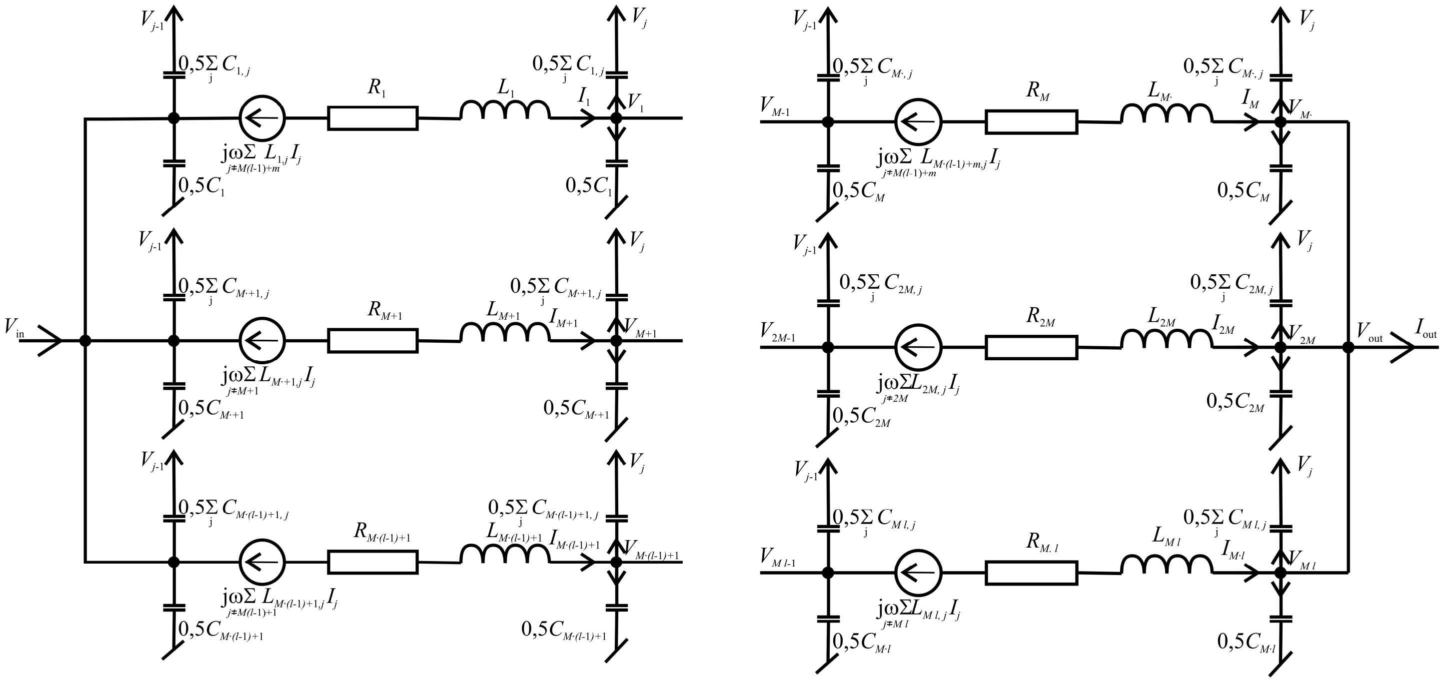
Model pojedynczego zwoju



Model pojedynczego zwoju i połączenie z sąsiednim zwojem

Przy połączeniu równoległym cewek jest $N=M{\cdot}L$. Numer cewki: $M{\cdot}(l\text{-}1)+m$, $l=1...L$, $m=1...M$. Dla $m=1$ jest początek, $m=M$ koniec uzwojenia. Kolejność cewek: najpierw zmieniają się $m=1…M$, potem $l=1…L$.



Równania napięciowe dla pierwszych cewek $m=1$ (jest ich L) :

$$V_{\text{in}} - V_{M\cdot(l-1)+1} = I_{M(l-1)+1}\cdot R_{M(l-1)+1} + \mathrm{j}\omega\sum_{j=1...ML} L_{M(l-1)+1,j} I_j$$

Równania napięciowe dla ostatnich cewek $m=M$ (jest ich L) :

$$V_{Ml-1} - V_{\text{out}} = I_{Ml}\cdot R_{Ml} + \mathrm{j}\omega\sum_{j=1...ML} L_{Ml,j} I_j$$

Równanie prądowe dla ostatnich cewek $m=M$ (jedno równanie):

$$\sum_{l=1,L} I_{M\cdot l} = I_{\text{out}} + \frac{\mathrm{j}\omega}{2}\sum_{l=1,L} C_{M\cdot l}\cdot V_{\text{out}} + \frac{\mathrm{j}\omega}{2}\sum_{l=1,L}\sum_{j\neq M\cdot l} C_{M\cdot l,j}\cdot\left(V_{\text{out}} - V_j\right)$$

Równania napięciowe dla pozostałych cewek $m=2...M\text{-}1$ (jest ich $[M\text{-}2]{\cdot}L$):

$$V_{M(l-1)+m-1} - V_{M(l-1)+m} = I_{M(l-1)+m}\cdot R_{M(l-1)+m} + \mathrm{j}\omega\sum_{j=1...ML} L_{M(l-1)+m,j} I_j$$

Równania prądowe dla pozostałych cewek $m=1...M\text{-}1$ (jest ich $[M\text{-}1]{\cdot}L$):

$$I_{M(l-1)+m} = I_{M(l-1)+m+1} + \frac{\mathrm{j}\omega}{2}\left(C_{M(l-1)+m} + C_{M(l-1)+m+1}\right)\cdot V_{M(l-1)+m} + \frac{\mathrm{j}\omega}{2}\sum_{j\neq M(l-1)+m} C_{M(l-1)+m,j}\cdot\left(V_{M(l-1)+m} - V_j\right) +$$

$$+\frac{\mathrm{j}\omega}{2}\sum_{j\neq M(l-1)+m+1} C_{M(l-1)+m,j}\cdot\left(V_{M(l-1)+m+1} - V_{j\text{-}1}\right)\ \text{gdy}: i\text{-}1=0 \text{ to } V_{\text{in}}$$

Liczba niewiadomych prądów: $M{\cdot}L$, liczba niewiadomych napięć $L{\cdot}(M\text{-}1)+\mathbf{V_{in}}+V_{\text{out}}$.
Liczba równań: $L+L+1+(M\text{-}2){\cdot}L+(M\text{-}1){\cdot}L = 2{\cdot}M{\cdot}L\text{-}L+1$;

$$\Big[V_{\text{in}}\quad V_{\text{out}}\quad \underbrace{V_1\ \ldots\ V_{M\text{-}1}}_{\substack{m=1...M\text{-}1,\ l=1\\ M\text{-}1}}\quad \ldots\quad \underbrace{V_{M(l-1)+1}\ \ldots\ V_{Ml\text{-}1}}_{\substack{m=1...M\text{-}1,\ l=2...L\\ M\text{-}1}}\quad \underbrace{I_1\ \ldots\ I_M}_{\substack{m=1...M,\ l=1\\ M}}\quad \underbrace{I_{M+1}\ \ldots\ I_{2M}}_{\substack{m=1...M,\ l=2\\ M}}\quad \ldots\quad \underbrace{I_{M(l-1)+1}\ \ldots\ I_{Ml}}_{\substack{m=1...M,\ l=3...L\\ M}}\Big]^{\mathrm{T}}$$

Równania napięciowe dla pierwszych cewek m=1 (jest ich L) :

$$V_{M\cdot(l-1)+1}+I_{M(l-1)+1}\cdot R_{M(l-1)+1}+\mathrm{j}\omega\sum_{j=1\dots ML}L_{M(l-1)+1,j}I_j=V_{\mathrm{in}}$$

Równania napięciowe dla pozostałych cewek m=2...M-1 (jest ich [M-2]·L):

$$V_{M(l-1)+m}-V_{M(l-1)+m-1}+I_{M(l-1)+m}\cdot R_{M(l-1)+m}+\mathrm{j}\omega\sum_{j=1\dots ML}L_{M(l-1)+m,j}I_j=0$$

Równania napięciowe dla ostatnich cewek m=M (jest ich L) :

$$V_{\mathrm{out}}-V_{Ml-1}+I_{Ml}\cdot R_{Ml}+\mathrm{j}\omega\sum_{j=1\dots ML}L_{Ml,j}I_j=0$$

Równania prądowe dla pozostałych cewek m=1...M-1 (jest ich [M-1]·L):

$$\frac{\mathrm{j}\omega}{2}\left(C_{M(l-1)+m}+C_{M(l-1)+m+1}\right)\cdot V_{M(l-1)+m}+\frac{\mathrm{j}\omega}{2}\sum_{j\neq M(l-1)+m}C_{M(l-1)+m,j}\cdot\left(V_{M(l-1)+m}-V_j\right)+$$

$$+\frac{\mathrm{j}\omega}{2}\sum_{j\neq M(l-1)+m+1}C_{M(l-1)+m+1,j}\cdot\left(V_{M(l-1)+m}-V_{j\text{-}1}\right)+I_{M(l-1)+m+1}-I_{M(l-1)+m}=0$$

$\uparrow V_{\mathrm{in}}$ dla j-1=0

Równanie prądowe dla ostatnich cewek m=M (jedno równanie):

$$\frac{V_{\mathrm{out}}}{R_0}+\frac{\mathrm{j}\omega}{2}\sum_{l=1,L}C_{M\cdot l}\cdot V_{\mathrm{out}}+\frac{\mathrm{j}\omega}{2}\sum_{l=1,L}\sum_{j\neq M\cdot l}C_{M\cdot l,j}\cdot V_{\mathrm{out}}-\frac{\mathrm{j}\omega}{2}\sum_{l=1,L}\sum_{j\neq M\cdot l}C_{M\cdot l,j}\cdot V_j-\sum_{l=1,L}I_{M\cdot l}=0$$

$$\begin{array}{ccccccccccccccccc}
1 & & & M & & & & (M\text{-}1)\cdot L+1 & (M\text{-}1)\cdot L+2 & & & (M\text{-}1)\cdot L+2+M\cdot(l-1) & & & & (M\text{-}1)\cdot L+2+M\cdot(L-1) & \\
V_{\mathrm{out}} & V_1 & \dots & V_{M\text{-}1} & \dots & V_{M(l-1)+1} & \dots & V_{Ml\text{-}1} & I_1 & \dots & I_M & I_{M(l-1)+1} & \dots & I_{lM} & \dots & I_{M(L-1)+1} & \dots\ I_{ML}
\end{array}$$

$$\begin{bmatrix} V_{\mathrm{out}} & \underbrace{V_1\ \dots\ V_{M\text{-}1}}_{\substack{m=1\dots M\text{-}1,\ l=1\\ M\text{-}1}} & \dots & \underbrace{V_{M(l-1)+1}\ \dots\ V_{Ml\text{-}1}}_{\substack{m=1\dots M\text{-}1,\ l=2\dots L\\ M\text{-}1}} & \underbrace{I_1\ \dots\ I_M}_{\substack{m=1\dots M,\ l=1\\ M}} & \underbrace{I_{M(l-1)+1}\ \dots\ I_{lM}}_{\substack{m=1\dots M,\ l=2\dots L\\ M}} & \dots & \underbrace{I_{M(L-1)+1}\ \dots\ I_{ML}}_{\substack{m=1\dots M,\ l=L\\ M}} \end{bmatrix}^{\mathrm{T}}$$