Supratensiuni datorate efectului capacitiv

Analiza acestui tip de supratensiuni se efectuează în regim simetric, fiind suficiente referirile la o singură fază. Astfel, este suficient să se întocmească doar schema echivalentă de secvenţă directă a reţelei analizate.

Abordarea analitică a acestui tip de supratensiuni presupune determinarea creşterii relative a tensiunii pe liniile reţelei şi creşterea tensiunii de la începutul liniilor, în raport cu tensiunea electromotoare a sursei echivalente.

Un exemplu de calcul poate fi dat în legătură cu schema monofilară din fig. 5,a, căreia îi corespunde schema electrică echivalentă din fig. 5,b.

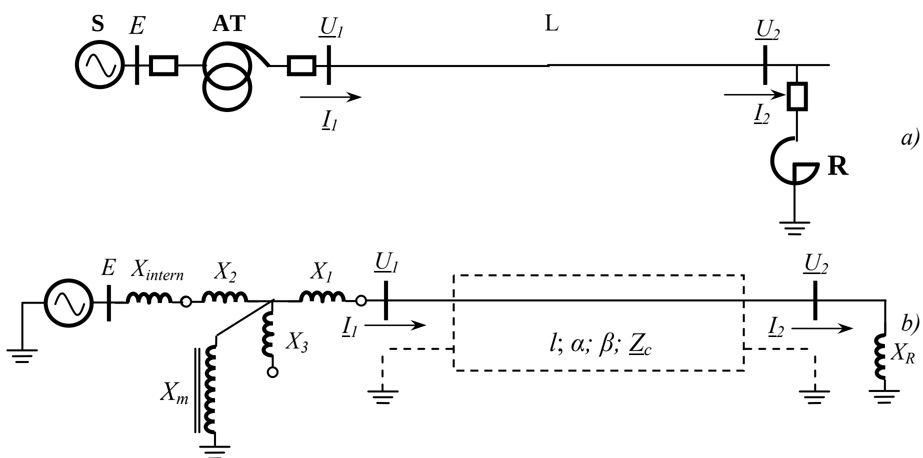

Fig. 5. Schema monofilară a unui tronson de reţea de transport a energiei electrice (*a*) şi schema sa echivalentă de secvenţă directă (*b*)

Dacă se neglijează influenţa reactanţei de magnetizare a autotransformatorului, reactanţa globală a sursei devine

$$X_s = X_{intern} + X_2 + X_1 \,. \tag{12}$$

Pentru determinarea creşterii relative a tensiunii pe linie se utilizează prima ecuaţie din sistemul celor două ecuaţii ale liniilor lungi şi o ecuaţie care să expliciteze curentul $\underline{I}_2$, astfel:

- dacă reactorul de compensare transversală (**R**) este deconectat

$$\begin{cases} \underline{U}_1 = \underline{U}_2 \cdot ch\underline{\gamma} l + \underline{Z}_c \underline{I}_2 \cdot sh\underline{\gamma} l \\ \underline{I}_2 = 0 \end{cases}, \tag{13}$$

- dacă reactorul de compensare transversală (**R**) este conectat la linie

$$\begin{cases} \underline{U}_1 = \underline{U}_2 \cdot ch\underline{\gamma} l + \underline{Z}_c \underline{I}_2 \cdot sh\underline{\gamma} l \\ \underline{I}_2 = \dfrac{\underline{U}_2}{jX_R} \end{cases}. \tag{14}$$

Pentru cele două situaţii, relaţiile de calcul a factorului de supratensiune sunt:

$$k_1 = \left|\frac{\underline{U}_2}{\underline{U}_1}\right| = \frac{1}{\left|ch\underline{\gamma} l\right|} \text{ şi respectiv } k_1 = \left|\frac{\underline{U}_2}{\underline{U}_1}\right| = \frac{1}{\left|ch\underline{\gamma} l + \dfrac{\underline{Z}_c}{jX_R} sh\underline{\gamma} l\right|}. \tag{15}$$

Dacă se neglijează atât pierderile longitudinale, cât şi cele transversale (α = 0), relaţiile (15) devin de forma:

$$k_1 = \frac{U_2}{U_1} = \frac{1}{\cos \beta l} \text{ şi respectiv } k_1 = \frac{U_2}{U_1} = \frac{1}{\cos \beta l + \frac{Z_0}{X_R} \sin \beta l}. \tag{16}$$

Creşterea tensiunii de la începutul liniei, în raport cu tensiunea electromotoare a sursei, se poate determina prin intermediul unei scheme electrice echivalente omogene, cu parametri concentraţi, obţinute prin înlocuirea liniei prin impedanţa sa de intrare (fig. 6).

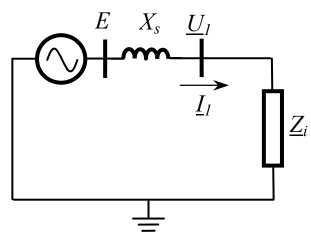

Fig. 6. Schema electrică omogenă utilizată pentru calculul creşterii tensiunii la începutul liniei

În cazul neglijării pierderilor longitudinale şi transversale, sistemele de ecuaţii necesare determinării relaţiei de calcul a impedanţei de intrare ($\underline{Z}_i$) sunt următoarele:

- dacă reactorul de compensare transversală (**R**) este deconectat

$$\begin{cases} \underline{U}_1 = \underline{U}_2 \cdot \cos \beta l + jZ_0 \underline{I}_2 \cdot \sin \beta l \\ \underline{I}_1 = j\frac{\underline{U}_2}{Z_0} \cdot \sin \beta l + \underline{I}_2 \cdot \cos \beta l \\ I_2 = 0 \end{cases} ; \tag{17}$$

- dacă reactorul de compensare transversală (**R**) este conectat la linie

$$\begin{cases} \underline{U}_1 = \underline{U}_2 \cdot \cos \beta l + jZ_0 \underline{I}_2 \cdot \sin \beta l \\ \underline{I}_1 = j\frac{\underline{U}_2}{Z_0} \cdot \sin \beta l + \underline{I}_2 \cdot \cos \beta l \\ \underline{I}_2 = \frac{\underline{U}_2}{jX_R} \end{cases} . \tag{18}$$

Din sistemul de ecuaţii (17) se obţine relaţia de calcul a impedanţei de intrare a unei linii funcţionând în gol

$$\underline{Z}_i = \frac{\underline{U}_1}{\underline{I}_1} = -jZ_0 \cdot ctg\beta l \tag{19}$$

iar din sistemul de ecuaţii (18) se obţine impedanţa de intrare a liniei cu reactor conectat la sfârşitul acesteia

$$\underline{Z}_i = \frac{\underline{U}_1}{\underline{I}_1} = -jZ_0 \cdot \frac{1 + \frac{Z_0}{X_R} \cdot tg\beta l}{1 - \frac{Z_0}{X_R} \cdot ctg\beta l} \cdot ctg\beta l = -jZ_0^{'} \cdot ctg\beta l . \tag{20}$$

Dacă în circuitul reprezentat în fig. 6, aflat în regim permanent sinusoidal, se aplică teorema a II-a a lui Kirchhoff şi legea lui Ohm, se obţine sistemul de ecuaţii

$$\begin{cases} E = jX_s \underline{I}_1 + \underline{U}_1 \\ \underline{I}_1 = \dfrac{\underline{U}_1}{\underline{Z}_i} \end{cases}, \tag{21}$$

prin a cărui soluţionare se obţine relaţia de calcul a creşterii tensiunii la începutul liniei

$$k_2 = \left|\frac{\underline{U}_1}{E}\right| = \frac{1}{1 - \dfrac{X_s}{Z_0} \cdot tg\beta l}. \tag{22}$$

Relaţia (22) corespunde situaţiei în care linia funcţionează în gol. Dacă, însă, la capătul acesteia se află conectat un reactor de compensare transversală, atunci în locul impedanţei caracteristice a liniei fără pierderi, Z_0, intervine impedanţa echivalentă Z'_0, dată în relaţia (20).

Factorul de supratensiune global, care reflectă solicitarea reală a izolaţiei, este dat de relaţia

$$k = \frac{U_2}{E} = \frac{U_2}{U_1} \cdot \frac{U_1}{E} = k_1 \cdot k_2 . \tag{23}$$