**Нерозгалужені електричні кола змінного струму**

Розглянемо застосування методу комплексних амплітуд. При послідовному з’єднані елементів Рис.4 мають місце співвідношення для миттєвих значень та комплексів напруг:

$u=u\_{R}+u\_{L}+u\_{C}$,

$\dot{U}=\dot{U}\_{R}+\dot{U}\_{L}+\dot{U}\_{C}$.

Оскільки $\dot{U}\_{R}=\dot{I}R$*,* $\dot{U}\_{L}= j\dot{I}X\_{L}$*,* $\dot{U}\_{C}=-j\dot{I}X\_{C}$*,*

то комплексні діючі значення струмів та напруг на комплексній площині можна зобразити відповідними обертовими векторами рис. 5.

$$\dot{U}\_{C}$$

$$\dot{U}\_{R}$$

$$\dot{U}\_{L}$$

$$\dot{U}\_{}$$

$$\dot{I}\_{}$$

C

R

***Рис. 4*** ***Рис. 5***

З цієї векторної діаграми можна записати вираз щодо комплексу напруги:

$$\dot{U}=\dot{I}\left[R+j(X\_{L}-X\_{C})\right]$$

*або* $I=\frac{\dot{U}}{R+j(X\_{L}-X\_{C})}$*.*

*Різницю* $X=X\_{L}-X\_{C}$ *називають реактивним опором, що в комплексній формі має вигляд:* $jX=j(X\_{L}-X\_{C})$*.*

*Далі, можна виразити повний опір у комплексній формі*

$\overline{Z}=R+jX$*,*

*або* $\overline{Z}=Ze^{jφ}$*,*

$\overline{Z}=Z(\cos(φ+jsinφ))$

$φ$ *– кут між струмом та напругою, визначається за співвідношенням*

$φ=arctg\frac{X}{R}$*.*

*Модуль повного опору можна виразити як* $Z=\sqrt{R^{2}+X^{2}}$*.*

*Прямокутний трикутник на векторній діаграмі можна перетворити на трикутник опорів. З трикутника опорів випливають такі співвідношення:*

$Z=\sqrt{R^{2}+X^{2}}$*,*

$R=Zcosφ$*,*

$X=Zsinφ$*,*

$φ=arctg\frac{X}{R}$*.*

*Зсув фаз вважають позитивним, коли* $ωL>{1}/{ωC}$*.*

*Закон Ома для діючих значень та у комплексній формі для нерозгалуженого кола має вигляд:*

$I=\frac{U}{\sqrt{R^{2}+(ωL-{1}/{ωC)}^{2}}}$*,* $I=\frac{U}{\sqrt{R^{2+(X\_{L}-X\_{C})^{2}}}}$*,* $I=\frac{U}{\sqrt{R^{2}+X^{2}}}$*,* $I=\frac{U}{Z}$*.*

$\dot{I}=\frac{\dot{U}}{R+jX}$*,* $\dot{I}=\frac{\dot{U}}{Z}$*.*

*Розрахунок нерозгалуженого кола символічним методом можна виконувати так само, як і обчислення кола постійного струму.*

$$φ$$

Z

X

R

***Рис.6 Трикутник опорів***

*Якщо є таке коло і треба визначити повний опір, то можна записати таке співвідношення:*

$\overline{Z}=R\_{1}+R\_{2}+j\left(X\_{2}+X\_{4}\right)-j(X\_{1}+X\_{3})$*.*

*Отже всі індуктивні опори помножуються на символ* $+j$*, а всі ємнісні опори помножуються на символ* $–j$*.*

*Тепер можна підставити у формулу дані з електричного кола, якщо:*

$R\_{1}=3$*,* $R\_{2}=2$*,*$X\_{1}=1$*,* $X\_{2}=3$*,* $X\_{3}=2$*,* $X\_{4}=4$*,*

*то*

$$\overline{Z}=3+2+j\left(3+4\right)-j(1+2)$$

$\overline{Z}=5+4j$*.*

*З цього можна зробити висновок, що все коло можна замінити еквівалентним опором. Цей опір складається із дійсної частини (активний опір* 5 Ом*) та уявної частини (індуктивний реактивний опір, що дорівнює 4 Ом)*

**Розгалужені електричні кола**

При паралельному з'єднанні елементів рівняння, за першим законом Кірхгофа для миттєвих значень та у комплексній формі мають такий вигляд:

R

C

U

 $i=i\_{R}+i\_{L}+i\_{C}$,

L

 $\dot{I}=\dot{I}\_{R}+I\_{L}+I\_{C}$.

Через такі провідності: $g$ – активну; $b\_{L}$ – реактивну індуктивність; $b\_{C}$ – реактивну ємнісну, струми можна записати в такому вигляді:

$\dot{I}\_{R}=g\dot{U}$;

$\dot{I}\_{L}=-jb\_{L}\dot{U}$;

$\dot{I}\_{C}=jb\_{C}\dot{U}$.

Згідно з першим законом Кірхгофа, векторна діаграма має вигляд:

$$\dot{U}$$

ϕ

$$\dot{I}\_{R}$$

$$\dot{I}\_{C}$$

$$\dot{I}\_{L}$$

$$\dot{I}$$

***Рис.7 Векторна діаграма***

За початковий вектор, зручно прийняти вектор напруги. Розділивши всі сторони трикутника струму на напругу, маємо трикутник провідностей.

Різницю $b\_{L}-b\_{C}=b$ називають реактивною провідністю. У такому випадку повну провідність у комплексній формі можна визначити як:

$\overline{Y}=g-jb$*,*

*або* $Y=Y(cosφ-jsinφ)$*,*

*де модуль повної провідності буде дорівнювати*

$Y=\sqrt{g^{2}+b^{2}}$*,*

*а зсув фаз між струмом та напругою*

$φ=arctg\frac{b}{g}$*.*

Прямокутний трикутник векторної діаграми можна перетворити на трикутник провідностей. З цього трикутника випливають такі співвідношення між провідностями:

$Y=\sqrt{g^{2}+b^{2}}$*;*

Y

g

b

$$φ$$

$g=Ycosφ$*,*

$b=Ysinφ$*,*

$φ=arctg\frac{b}{g}$*.*

Прямокутний трикутник векторної діаграми дає таке співвідношення за законом Ома:

$$I=U\sqrt{g^{2}+(b\_{L}-b\_{C})^{2}}$$

Для розрахунку розгалуженого кола, можна використати символічний метод, тобто:

$\overline{Z}=\frac{R\_{1}\left(-jX\_{1}\right)(jX\_{2})}{R\_{1}\left(-jX\_{1}\right)+\left(-jX\_{1}\right)\left(jX\_{2}\right)+R\_{1}(jX\_{2})}$.

При змішаному з'єднанні елементів, спочатку розраховують розгалужені ділянки, а потім усе коло розглядають як нерозгалужене (або навпаки). Таким чином, якщо треба визначити повний опір кола (Рис.8), то можна визначити символічний метод:

$$R\_{1}$$

$$X\_{1}$$

$$X\_{21}$$

$$X\_{3}$$

$$R\_{21}$$

$$R\_{3}$$

U

 $\overline{Z}=R\_{1}-jX\_{1}+\overline{Z}\_{екв}$

 $\overline{Z}\_{екв}=\frac{\left(R\_{2}-jX\_{2}\right)(R\_{3}+jX\_{3})}{R\_{2}+R\_{3}+j(X\_{3}-X\_{2})}$

***Рис.8 Паралельне з’єднання елементів***

***Приклад для практичної з підручника Каргополова Н.П. ст. 87-90***