

التيار المتناوب

Alternating current

مقدمة :

في التيار المتناوب تنعكس جهة جريان حاملات الشحن بشكل دوري ، وفي الحالة المثالية يمكن وصف حركة حاملات الشحنة بتابع جيبي للزمن .

يتم نقل الطاقة الكهربائية عبر المسافات البعيدة في خطوط نقل مناسبة على شكل تيار متناوب بتوتر عالي high voltage لأنقص الضياع في الطاقة ، ويتم توزيع الطاقة الكهربائية على المنازل والمنشآت الصناعية على شكل تيار متناوب لأنه يمكن التحكم بالتيار المتناوب وتحويل توتره من عال إلى متوسط أو منخفض وبالعكس.

القيم الفعالة (المنتجة) للتيار المتناوب Effective value of alternating

العمل والاستطاعة Work and power

تعرف القيمة الفعالة لتيار متناوب بأنها شدة التيار المتواصل الذي يقدم الاستطاعة الحرارية نفسها التي يقدمها التيار المتناوب وتحسب كما يلي :

لتكن $i_{(t)}$ هي الشدة اللحظية لتيار متناوب يسري في مقاومة R يقدم هذا التيار خلال الزمن dt عملاً على شكل حرارة في هذه المقاومة ، تعطى قيمة هذا العمل بعلاقة جول :

$$dW = i_{(t)}^2 R dt$$

وتعطى بالتالي كمية الحرارة التي يقدمها التيار خلال دور كامل بالعلاقة :

$$W_T = \int_0^T i_{(t)}^2 R dt = R \int_0^T i_{(t)}^2 dt$$

يجب أن تكون كمية الحرارة هذه مساوية بحسب التعريف لتلك الناتجة في الفترة الزمنية نفسها عن تيار متواصل شدته I_{eff} أي أن :

$$W_T = R I_{eff}^2 T$$

بمقارنة العلاقتين نجد :

$$I_{eff} = \left[\frac{1}{T} \int_0^T i_{(t)}^2 dt \right]^{\frac{1}{2}}$$

تعطي العلاقة السابقة القيمة الفعالة (المنتجة) للتيار وتصلح من أجل جميع أشكال التيار المتناوب الجيبي وغير الجيبي .

من أجل الحالة الخاصة التي يكون فيها التيار المتناوب جيبي تعطى شدة التيار اللحظية بالعلاقة :

$$i(t) = I_m \sin \omega t$$

نبدل فتجد :

$$I_{eff}^2 = \frac{1}{T} \int_0^T I_m^2 \sin^2 \omega t dt$$

لكن :

$$\sin^2 \omega t = \frac{1 - \cos 2\omega t}{2}$$

$$\Rightarrow I_{eff}^2 = \frac{I_m^2}{2T} \left[\int_0^T dt - \int_0^T \cos 2\omega t dt \right]$$

$$I_{eff}^2 = \frac{I_m^2}{2T} \left[t - \frac{\sin 2\omega t}{2\omega} \right]_0^T = \frac{I_m^2}{2T} \left[T - \frac{\sin 2\omega T}{2\omega} \right]$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \Rightarrow I_{eff}^2 = \frac{I_m^2}{2T} \left[T - \frac{\sin 4\pi}{2\omega} \right] = \frac{I_m^2}{2T} [T - 0] = \frac{I_m^2}{2}$$

$$\Rightarrow I_{eff} = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$$

بالطريقة السابقة نفسها نحصل على علاقة القيمة الفعالة (المنتجة) لفرق الكمون لتيار متناوب جيبى:

$$U_{eff} = \frac{U_m}{\sqrt{2}}$$

Average values القيم الوسطى

تم اصطلاحاً إدخال بعض القيم الأخرى في حالة التيار المتناوب ، ومن هذه القيم القيمة الوسطى للتيار والقيمة الوسطى للتوتر.

تعرف هاتين القيمتين الوسطيتين بأنهما متوسط القيمة اللحظية على مدى دور كامل ونعبر عن ذلك رياضياً بالعلاقتين التاليتين:

$$I_{avg} = \frac{1}{T} \int_0^T i(t) dt = 0$$

$$U_{avg} = \frac{1}{T} \int_0^T u(t) dt = 0$$

لا تختلف علاقات العمل في حالة التيار المتناوب عنها في حالة التيار المتواصل حيث أن عمل التيار المتناوب خلال الزمن العنصري عبارة عن حاصل جداء القيم اللحظية لشدتي التيار والتوتر مضروبة بالزمن أي:

$$dW = i(t) u(t) dt$$

وعندما يكون لمنحني شدة التيار وفرق الكمون الطور نفسه (متفقان بالطور) أي أن نهايتهما العظميين تقعان في اللحظة نفسها وكذلك الصفرين أيضاً ، يوافق هذا حالة تيار متناوب يجري في مقاومة ، عندها يعطى كل من التوتر وشدة التيار وفق التابعين الجيبين:

$$u(t) = U_m \sin \omega t$$

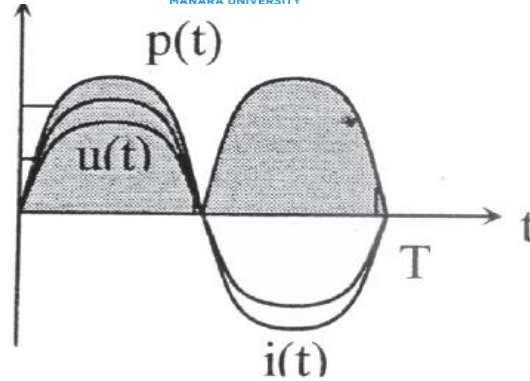
$$i(t) = I_m \sin \omega t$$

بالرغم من أن التيار والتوتر يغيران إشارتهما بشكل مستمر إلا أنهما في هذه الحالة يتغيران معاً (يكون لهما الإشارة نفسها) على كامل الدور ويكون فرق الطور بينهما في هذه الحالة معدوماً. وهكذا يكون للعمل في هذه الحالة إشارة موجبة دوماً. بحسب تعريف الاستطاعة بأنها العمل المنجز في وحدة الزمن فإن الاستطاعة الآنية تعطى في هذه الحالة بالعلاقة:

$$\begin{aligned} P &= \frac{dW}{dt} = i(t) u(t) \\ &= I_m U_m \sin \omega t \sin \omega t \\ &= I_m U_m \sin^2 \omega t \end{aligned}$$



جامعة
المنارة
MANARA UNIVERSITY



العمل والاستطاعة في حال التيار
والتوتر لهما الطور نفسه

معامل الاستطاعة Power factor

عندما تحوي دائرة التيار المتناوب وشائع ومكثفات إضافية فإن التيار والتوتر لن يبقيا متفقان بالطور وإنما يصبح بينهما فرق في الطور (الصفحة) ويفرض أن التيار هو من يتأخر بالطور عن التوتر نكتب:

$$u(t) = U_m \sin \omega t$$

$$I(t) = I_m \sin(\omega t - \varphi)$$

وهنا لا يبقى العمل والاستطاعة موجبان دوماً كما في حالة وجود المقاومة فقط إنما نلاحظ أنه هناك قطاعات يكون فيها للتيار والتوتر الإشارة نفسها (يقع منحنيهما معاً في الجهة نفسها لمحور الزمن) وتوافق عملاً وكذلك استطاعة موجبان.

وبالمقابل توجد قطاعات يكون فيها للتيار والتوتر اشارتان مختلفتان (يقع منحنيهما في جهتين مختلفتين بالنسبة لمحور الزمن) وتوافق هذه الحالة عملاً وكذلك استطاعة سالبان.

توافق الاستطاعة الموجبة النوية التي يتم فيه دفع الالكترونات من المنبع خلال الأسلاك حيث تتحول الطاقة الكهربائية إلى عمل في الوسط الخارجي (في الآلات والأجهزة) أو تتحول إلى حرارة في المقاومات حسب مبدأ جول، أو تتحول إلى طاقة كامنة مغناطيسية في الوشائع أو كطاقة كهربائية في المكثفات.

وتوافق الاستطاعة السالبة المرحلة التي يسترجع فيها منبع التيار الطاقة الكهربائية الكامنة في المكثفات والطاقة المغناطيسية الكامنة في الوشائع، وهو لا يسترجع بالطبع الطاقة الحرارية في المقاومات لأنها تضيع في المقاومات والوسط الخارجي.

$$dW = u(t) i(t) dt = U_m \sin \omega t I_m \sin(\omega t - \varphi) dt$$

لكن :

$$\sin(x - y) = \sin x \cos y - \cos x \sin y$$

$$i(t) = I_m \sin \omega t \cos \varphi - I_m \cos \omega t \sin \varphi$$

$$dW = U_m I_m \sin^2 \omega t \cos \varphi dt - U_m I_m \cos \omega t \sin \omega t \sin \varphi dt$$

$$\sin \omega t \cos \omega t = \frac{1}{2} \sin 2\omega t$$

$$dW = U_m I_m \sin^2 \omega t \cos \varphi dt - \frac{1}{2} U_m I_m \sin \varphi \sin 2\omega t dt$$

$$W_T = \int_0^T dW = U_m I_m \cos \varphi \int_0^T \sin^2 \omega t dt - \frac{1}{2} U_m I_m \sin \varphi \int_0^T \sin 2\omega t dt$$

$$\Rightarrow W_T = \frac{1}{2} U_m I_m T \cos \varphi$$

$$P_{avg} = \frac{W_T}{T} = \frac{1}{2} U_m I_m \cos \varphi$$

$$P_{avg} = I_{eff} U_{eff} \cos \varphi$$



نسي المعامل $\cos \varphi$ معامل الاستطاعة power factor ونعبر عن العلاقة السابقة بالعلاقة التالية :

تعطى الاستطاعة المؤثرة لتيار متناوب كحاصل ضرب القيمة الفعالة للتيار بالقيمة الفعالة للتوتر بمعامل الاستطاعة

وقد تعطى هذه الاستطاعة كحرارة أو كعمل ميكانيكي .. وهي مقدار وسطي وتقدر بالواط.

أ. محمود علي نوح

جامعة
المنارة
MANARA UNIVERSITY