

CHƯƠNG MỞ ĐẦU:

CÁC HỆ THỨC VÀ KHÁI NIỆM CƠ BẢN

TRỊ TRUNG BÌNH CỦA MỘT ĐẠI LƯỢNG:

Gọi $i(t)$ là hàm biến thiên tuần hoàn theo thời gian với chu kỳ T_p . Trị trung bình của đại lượng i , viết tắt là I_{AV} được xác định theo hệ thức:

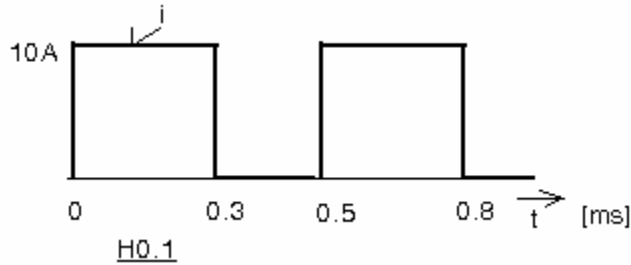
$$I_{AV} = \frac{1}{T_p} \int_{t_0}^{t_0+T_p} i(t).dt$$

Với t_0 là thời điểm đầu của chu kỳ được lấy tích phân.

Ta thường hay gặp các đại lượng trị trung bình được biểu diễn với chỉ số I_d (Direct ... một chiều) hoặc I_{AV} (Average trị trung bình), ví dụ điện áp trung bình U_{AV} , dòng điện trung bình I_{AV} .

Ví dụ 0-1

Xét quá trình dòng điện trên hình vẽ H0.1, trị trung bình dòng điện cho bởi hệ thức:



$$I_d = \frac{1}{0.5} \int_0^{0.5} i(t).dt = \frac{1}{0.5} \int_0^{0.3} 10.dt = 6[A]$$

Trong nhiều trường hợp, thực hiện tích phân theo hàm biến thời gian phức tạp hơn thực hiện tích phân theo biến góc X với X cho bởi hệ thức:

$$X = \omega.t \text{ với } \omega \text{ là tần số góc nào đó xác định.}$$

Khi ấy, trị trung bình đại lượng theo góc X tính theo hệ thức:

$$I_d = \frac{1}{T_p} \int_{t_0}^{t_0+T_p} i(t).dt = \frac{1}{X_p} \int_{X_0}^{X_0+X_p} i(X).dX$$

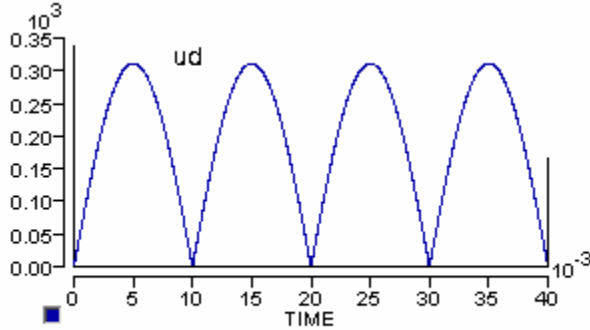
Với $X_0 = \omega.t_0$; $X_p = \omega.T_p$; $X = \omega.t$; $dX = d(\omega.t)$

Ví dụ 0-2 :

Điện tử công suất 1

Tính trị trung bình điện áp chỉnh lưu của bộ chỉnh lưu cầu 1 pha không điều khiển. Hàm điện áp chỉnh lưu có dạng $u = U_m |\sin(\omega.t)|$; với $U_m = 220\sqrt{2}$ [V]; $\omega = 314$ [rad/s].

Giải:



H0.2

Dễ dàng thấy rằng, chu kỳ của dạng áp trên là $T_p = 0.01$ [s]. Đặt $X = 314.t$; $X_p = 314.0.01 = \pi$ [rad].

Ta có:

$$U_d = \frac{1}{X_p} \int_{X_0}^{X_0 + X_p} u(X).dX = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} 220\sqrt{2}. \sin X.dX = 198[V]$$

Các trường hợp thường gặp:

Tải R:

Quan hệ giữa điện áp và dòng điện tức thời qua điện trở R cho bởi:

$$u_R = R.i_R$$

Lấy trị trung bình hai vế ta có:

$$U_{RAV} = R.I_{RAV}$$

Tải L:

$$\text{Ta có: } u_L = L. \frac{di_L}{dt}$$

Ở chế độ xác lập $i_L(t_0) = i_L(t_0 + T_p)$, trị trung bình điện áp trên L được xác định bằng cách lấy tích phân hai vế của hệ thức trên trong thời gian $(t_0, t_0 + T_p)$. Kết quả thu được:

$$U_{LAV} = 0$$

Tải RL:

Tương tự, ta có:

$$u_t = R.i_t + L. \frac{di_t}{dt}$$

Trị trung bình áp:

$$U_{IAV} = R.I_{IAV} + U_{LAV} = R.I_{IAV}$$

$$\text{Từ đó: } I_{IAV} = U_{IAV}/R$$

Điện tử công suất 1

Trị trung bình dòng không phụ thuộc vào giá trị L mà chỉ phụ thuộc vào R và điện áp u_t .

Tải RLE:

$$u_t = R.i_t + L. \frac{di_t}{dt} + E$$

Với E là sức điện động không đổi: $E = \text{const}$.

Kết quả: $U_{IAV} = R.I_{IAV} + E$ hay $I_{IAV} = (U_{IAV} - E)/R$

CÔNG SUẤT TRUNG BÌNH

Công suất tức thời của một tải tiêu thụ được xác định bằng tích điện áp và dòng điện tức thời dẫn qua tải đó, tức là:

$$p(t) = u(t).i(t)$$

Công suất trung bình được xác định bằng cách áp dụng cách tính trung bình vào đại lượng công suất tức thời $p(t)$, tức là:

$$P_{AV} = \frac{1}{T_P} \int_0^{T_P} p(t).dt = \frac{1}{T_P} \int_0^{T_P} u(t).i(t).dt$$

hoặc theo biến góc $X = \omega t$:

$$P_{AV} = \frac{1}{X_P} \int_0^{X_P} p(X).dX = \frac{1}{X_P} \int_0^{X_P} u(X).i(X).dX; \quad X_P = \omega.T_P$$

Trường hợp dòng qua tải không đổi theo thời gian $i = \text{const} = I_{AV}$, công suất trung bình qua tải bằng tích của điện áp trung bình và dòng điện:

$$P_{AV} = U_{AV}.I = U_{AV}.I_{AV}$$

Trường hợp điện áp đặt trên tải không đổi theo thời gian $u = \text{const} = U_{AV}$, công suất trung bình của tải bằng tích điện áp và dòng điện trung bình:

$$P_{AV} = U.I_{AV} = U_{AV}.I_{AV}$$

Các trường hợp đặc biệt:

Tải R:

$$P_{AV} = \frac{1}{T_P} \int_0^{T_P} u_R(t).i_R(t).dt = \frac{1}{T_P} \int_0^{T_P} R.i_R^2(t).dt$$

$$P_{AV} = R \frac{1}{T_P} \int_0^{T_P} i_R^2(t).dt = R.I_{Rrms}^2$$

Tụ điện và cuộn kháng là các phần tử có khả năng dự trữ và không tiêu hao công suất. Để dàng dẫn giải hệ thức cho các tải L và C như sau.

Tải L: $P_{AV} = 0$

Tải C: $P_{AV} = 0$

Ví dụ 0.3

Giả sử, ta có nguồn áp cho như trong trường hợp ví dụ 0-2, tải RLE nối tiếp. Giả sử tải có $R = 1\Omega$, L vô cùng lớn và $E = 50V$. Tính trị trung bình dòng qua tải và công suất qua tải?

Giải:

$$U_{IAV} = 198 \text{ V (xem ví dụ 0.2)}$$

Điện tử công suất 1

Dòng qua tải trung bình:

$$I_{IAV} = (198 - 50) / 1 = 148 \text{ A}$$

Công suất trung bình qua tải: do L lớn vô cùng nên dòng qua tải không đổi trong suốt chu kỳ. Từ đó: $i_t = I_{IAV} = 148 \text{ A}$. Ta áp dụng được trong trường hợp này công thức:

$$P_t = U_{IAV} \cdot I_{IAV} = 198 \cdot 148 = 29304 \text{ W} = 29,3 \text{ kW}$$

TRỊ HIỆU DỤNG CỦA MỘT ĐẠI LƯỢNG

Giả thiết đại lượng i biến thiên theo thời gian theo một hàm tuần hoàn với chu kỳ T_p hoặc với chu kỳ theo góc $X_p = \omega \cdot T_p$. Trị hiệu dụng của đại lượng i được tính theo công thức:

$$I_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{T_p} \cdot \int_{t_0}^{t_0+T_p} i^2 \cdot dt} = \sqrt{\frac{1}{X_p} \cdot \int_{X_0}^{X_0+X_p} i^2 \cdot dX}$$

Chỉ số RMS ...Root Mean Square... có nghĩa là trị hiệu dụng.

Ví dụ 0-4

Cho một điện áp dạng $u = U_m \cdot \sin(314 \cdot t) = 220\sqrt{2} \cdot \sin(314 \cdot t) [\text{V}]$.

a. Tính trị hiệu dụng của điện áp trên ?

Cho hàm u_1 và u_2 với tính chất sau:

$$u_1 = \begin{cases} u & ; u \geq 0 \\ 0 & ; u < 0 \end{cases}; \quad u_2 = \begin{cases} u & ; u \geq 0 \\ -u & ; u < 0 \end{cases}$$

b. Xác định trị trung bình và hiệu dụng của các điện áp u_1 và u_2 nêu trên.

Hướng dẫn:

a.

Chu kỳ của điện áp u là 2π [rad]. Trị hiệu dụng điện áp cho bởi hệ thức:

$$U_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{T_p} \cdot \int_{t_0}^{t_0+T_p} u^2 \cdot dt} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \cdot \int_0^{2\pi} (U_m \cdot \sin X)^2 \cdot dX}$$

Lấy tích phân ta thu được kết quả:

$$U_{RMS} = \frac{U_m}{\sqrt{2}} = 220 [\text{V}]$$

$$b. U_{1AV} = \frac{1}{2\pi} \int_0^\pi U_m \cdot \sin x \cdot dx = \frac{U_m}{\pi} = \frac{220\sqrt{2}}{\pi} = 99 \text{ V}$$

$$U_{2AV} = \frac{1}{\pi} \int_0^\pi U_m \cdot \sin x \cdot dx = \frac{U_m}{\pi} = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} 220 = 198 \text{ V}$$

$$U_{1rms} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^\pi (U_m \cdot \sin x)^2 \cdot dx} = U \cdot \sqrt{\frac{1}{\pi} \int_0^\pi \left(\frac{1 - \cos 2x}{2} \right) \cdot dx} = U \cdot \sqrt{\frac{1}{\pi} \left(\frac{1}{2} x - \frac{\sin 2x}{4} \right) \Big|_0^\pi}$$

$$U_{1rms} = U \cdot \sqrt{\frac{1}{\pi} \cdot \frac{\pi}{2}} = \frac{220}{\sqrt{2}} = 155,56 \text{ V}$$

$$U_{2rms} = \sqrt{\frac{1}{\pi} \int_0^\pi (U_m \cdot \sin x)^2 \cdot dx} = U \cdot \sqrt{\frac{2}{\pi} \int_0^\pi \left(\frac{1 - \cos 2x}{2} \right) \cdot dx} = U \cdot \sqrt{\frac{2}{\pi} \left(\frac{1}{2} x - \frac{\sin 2x}{4} \right) \Big|_0^\pi}$$

Điện tử công suất 1

$$U_{2rms} = U \cdot \sqrt{\frac{2}{\pi} \frac{\pi}{2}} = U = 220V$$

Ví dụ 0-5

Cho hàm tuần hoàn biểu diễn điện áp tải u trong một chu kỳ T như sau:

$$u = \begin{cases} U_m & ; 0 \leq t < \gamma \cdot T \\ 0 & ; \gamma \cdot T \leq t \leq T \end{cases}; \quad 0 \leq \gamma \leq 1$$

Vẽ dạng sóng điện áp u và xác định trị hiệu dụng điện áp tải.

Hướng dẫn:

$$U_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u^2(t) \cdot dt} = \sqrt{\frac{1}{T} \left(\int_0^{\gamma T} U_m^2 \cdot dt + \int_{\gamma T}^T 0^2 \cdot dt \right)} = U_m \cdot \sqrt{\gamma}$$

HỆ SỐ CÔNG SUẤT:

Hệ số công suất λ hoặc PF (Power Factor) đối với một tải được định nghĩa bằng tỉ số giữa công suất tiêu thụ P và công suất biểu kiến S mà nguồn cấp cho tải đó.

$$\lambda = PF = \frac{P}{S}$$

Trong trường hợp đặc biệt của nguồn áp dạng sin và tải tuyến tính chứa các phần tử như R,L,C không đổi và sức điện động dạng sin, dòng điện qua tải sẽ có dạng sin cùng tần số của nguồn áp với góc lệch pha có độ lớn bằng φ . Ta có hệ thức tính hệ số công suất như sau:

$$P = m \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi.$$

$$S = m \cdot U \cdot I$$

$$\lambda = \frac{P}{S} = \cos \varphi$$

Trong đó: U, I là các trị hiệu dụng của điện áp và dòng điện qua tải; m là tổng số pha.

Các bộ biến đổi công suất là những thiết bị có tính phi tuyến. Giả sử nguồn điện áp cung cấp có dạng sin và dòng điện qua nó có dạng tuần hoàn không sin. Dựa vào phân tích Fourier áp dụng cho dòng điện i , ta có thể tách dòng điện thành các thành phần sóng hài cơ bản $I_{(1)}$ cùng tần số với nguồn áp và các sóng hài bậc cao $I_{(2)}, I_{(3)}, \dots$. Dễ dàng thấy rằng, sóng điện áp nguồn và sóng hài cơ bản của dòng điện tạo nên công suất tiêu thụ của tải:

$$P = P_1 = m \cdot U \cdot I_{(1)} \cdot \cos \varphi_1$$

$\varphi_1 \dots$ góc lệch pha giữa điện áp và dòng điện sóng hài cơ bản.

Các sóng hài còn lại (bậc cao) tạo nên công suất ảo.

Ta có:

Điện tử công suất 1

$$S^2 = (m.U.I)^2 = m^2.U^2.(I_{(1)}^2 + I_{(2)}^2 + I_{(3)}^2 + \dots)$$

$$S^2 = m^2.U^2.I_{(1)}^2 + m^2.U^2.\sum_{j=2}^{\infty} I_{(j)}^2 = m^2.U^2.I_{(1)}^2.\cos^2 \varphi_1 + m^2.U^2.I_{(1)}^2.\sin^2 \varphi_1 + m^2.U^2.\sum_{j=2}^{\infty} I_{(j)}^2$$

$$S^2 = P^2 + Q_1^2 + D^2$$

với

$P = m.U.I_{(1)}.\cos \varphi_1$... công suất tiêu thụ của tải

$Q_1 = m.U.I_{(1)}.\sin \varphi_1$... công suất phản kháng (công suất ảo do sóng hài cơ bản của dòng điện tạo nên)

$D = \sqrt{m^2.U^2.\sum_{j=2}^{\infty} I_{(j)}^2}$... công suất biến dạng (công suất ảo do các sóng hài bậc cao

của dòng điện tạo nên). Khái niệm biến dạng (deformative) xuất hiện từ ý nghĩa tác dụng gây ra biến dạng điện áp nguồn của các thành phần dòng điện này vì khi đi vào lưới điện chúng tạo nên sụt áp tổng không sin trên trở kháng trong của nguồn, từ đó sóng điện áp thực tế cấp cho tải bị méo dạng.

Từ đó, ta rút ra biểu thức tính hệ số công suất theo các thành phần công suất như sau:

$$\lambda = PF = \frac{P}{S} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q_1^2 + D^2}}$$

Muốn tăng hệ số công suất, ta có thể:

- giảm Q_1 - công suất ảo của sóng hài cơ bản, tức thực hiện bù công suất phản kháng. Các biện pháp thực hiện như bù bằng tụ điện, bù bằng máy điện đồng bộ kích từ dư hoặc dùng thiết bị hiện đại bù bán dẫn (SVC - Static Var Compensator);

- giảm D - công suất ảo của các sóng hài bậc cao. Tùy theo phạm vi hoạt động của dây tần số của sóng hài bậc cao được bù, ta phân biệt các biện pháp sau đây:

* *lọc sóng hài*: áp dụng cho các sóng hài bậc cao lớn hơn sóng hài cơ bản đến giá trị khoảng kHz. Có thể sử dụng các mạch lọc cộng hưởng LC. Ví dụ dùng mạch lọc LC cộng hưởng với bậc 5,7,11... mắc song song với nguồn cần lọc.

* *khử nhiễu*: áp dụng cho các sóng hài bậc cao có tần số khoảng kHz đến hàng Mhz. Các sóng tần số cao này phát sinh từ các mạch điều khiển phát sóng với tần số cao hoặc do quá trình đóng ngắt các linh kiện công suất, các sóng hoạt động trong các mạch điện có khả năng phát sóng điện từ lan truyền vào môi trường và tạo nên tác dụng gây nhiễu cho các thiết bị xung quanh, thậm chí gây nhiễu cho chính bản thân mạch điều khiển các thiết bị công suất. Các thiết bị biến đổi công suất thường phải trang bị hệ thống khử nhiễu nghiêm ngặt. Một trong các biện pháp sử dụng là dùng tụ, dùng bọc kim dây dẫn hoặc dùng lưới chống nhiễu cho thiết bị.

Ngoài ra, có thể biểu diễn hệ số công suất theo hệ thức sau:

$$\lambda = PF = \frac{I_{(1)}}{I} . \cos \varphi_1$$

PHÂN TÍCH FOURIER CHO ĐẠI LƯỢNG TUẦN HOÀN KHÔNG SIN

Đại lượng i tuần hoàn, chu kỳ T_p nhưng không sin có thể triển khai thành tổng các đại lượng dạng sin theo hệ thức:

Điện tử công suất 1

$$i = I_{AV} + \sum_{n=1}^{\infty} A_n \cdot \sin(n.X) + B_n \cdot \cos(n.X)$$

$$\text{với } I_{AV} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} i \cdot dx$$

$$A_n = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} i \cdot \sin(n.X) \cdot dX ; B_n = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} i \cdot \cos(n.X) \cdot dX$$

Biên độ sóng hài bậc n của đại lượng i được xác định theo hệ thức:

$$I_{(n)m} = \sqrt{A_n^2 + B_n^2}$$

Sử dụng hệ thức biên độ vừa tìm được, đại lượng i có thể viết lại dưới dạng:

$$i = I_{AV} + \sum_{n=1}^{\infty} I_{(n)m} \cdot \sin(n.X - \varphi_n)$$

$$\text{với } \varphi_n \text{ xác định theo hàm: } \varphi_n = \arctan \frac{B_n}{A_n}$$

Trị trung bình đại lượng i chính là hệ thức I_{AV} .

Trị hiệu dụng đại lượng i cho bởi hệ thức:

$$I_{rms} = \sqrt{I_{AV}^2 + \sum_{n=1}^{\infty} I_{(n)}^2} = \sqrt{I_{AV}^2 + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{I_{(n)m}^2}{2}}$$

Gọi u , i và p là điện áp, dòng điện và công suất với u, i có dạng tuần hoàn không sin.

Ta có:

$$u = U_{AV} + \sum_{n=1}^{\infty} U_{(n)m} \cdot \sin(n.X - \varphi_{n-U})$$

$$i = I_{AV} + \sum_{n=1}^{\infty} I_{(n)m} \cdot \sin(n.X - \varphi_{n-I})$$

Công suất trung bình:

$$P = U_{AV} \cdot I_{AV} + \sum_{n=1}^{\infty} U_{(n)} \cdot I_{(n)} \cdot \cos(\varphi_{n-U} - \varphi_{n-I})$$

$$P = U_{AV} \cdot I_{AV} + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{U_{(n)m} \cdot I_{(n)m}}{2} \cdot \cos(\varphi_{n-U} - \varphi_{n-I})$$

Nếu nguồn điện áp cung cấp cho tải RL, quan hệ giữa thành phần sóng hài bậc n của điện áp $U_{(n)}$ và dòng điện $I_{(n)}$ liên hệ theo hệ thức:

$$I_{(n)m} = \frac{U_{(n)m}}{Z_{(n)}} = \frac{U_{(n)m}}{\sqrt{R^2 + (n \cdot \omega \cdot L)^2}}$$

$$\text{hoặc: } I_{(n)} = \frac{U_{(n)}}{Z_{(n)}} = \frac{U_{(n)}}{\sqrt{R^2 + (n \cdot \omega \cdot L)^2}}$$

Trong trường hợp điện áp dạng sin và dòng điện không sin.

HỆ SỐ MÉO DẠNG

Điện tử công suất 1

(Distortion Factor-DF)

Được định nghĩa bằng tỉ số trị hiệu dụng thành phần hài cơ bản và trị hiệu dụng đại lượng dòng điện:

$$DF = \frac{I_{(1)}}{I}$$

Quan hệ giữa hệ số công suất và hệ số méo dạng vì thế liên hệ theo hệ thức:

$$PF = DF \cdot \cos \varphi_1$$

ĐỘ MÉO DẠNG TỔNG DO SÓNG HÀI

(Total Harmonic Distortion-THD): là đại lượng dùng để đánh giá tác dụng của các sóng hài bậc cao (2,3,...) xuất hiện trong nguồn điện, cho bởi hệ thức:

$$THD_I = \frac{\sqrt{\sum_{j \neq 1}^{\infty} I_{(j)}^2}}{I_{(1)}}$$

Trong trường hợp đại lượng I không chứa thành phần dc, ta có:

$$THD_I = \frac{\sqrt{\sum_{j=2}^{\infty} I_{(j)}^2}}{I_{(1)}} = \frac{\sqrt{I^2 - I_{(1)}^2}}{I_{(1)}}$$

Trong đó, $I_{(j)}$ là trị hiệu dụng sóng hài bậc j, $j \geq 2$ và $I_{(1)}$ là trị hiệu dụng thành phần hài cơ bản dòng điện.

Quan hệ giữa DF và THD:

$$DF = \frac{1}{\sqrt{1 + (THD)^2}}$$

Bài tập:

0.1 Điện áp đặt trên tải điện trở 10Ω có hàm biểu diễn $u = 170 \cdot \sin(100\pi t) [V]$.

Hãy xác định:

- hàm công suất tức thời của tải
- công suất tức thời lớn nhất
- công suất trung bình của tải

0.2 Điện áp và dòng điện trên tải là những hàm tuần hoàn theo thời gian với chu kỳ $T=100ms$.

$$u = \begin{cases} 5V; & 0 < t < 70ms \\ 0V; & 70ms < t < 100ms \end{cases}; j = \begin{cases} 0; & 0 < t < 50ms \\ 4A; & 50ms < t < 100ms \end{cases}$$

Xác định: công suất tức thời, công suất trung bình và năng lượng tiêu thụ của tải trong mỗi chu kỳ.

Điện tử công suất 1

0.3 Xác định công suất trung bình trên tải. Cho biết điện áp tải không đổi $u=12\text{VDC}$ và dòng điện qua tải tuần hoàn có hàm biểu diễn trong mỗi chu kỳ $T=100\text{ms}$ như sau: $i = \begin{cases} 0; & 0 < t < 50\text{ms} \\ 4\text{A}; & 50\text{ms} < t < 100\text{ms} \end{cases}$

0.4 Dòng điện qua phần tử hai cực có dạng $i = 20.\sin(100\pi t)[\text{A}]$. Hãy xác định công suất tiêu thụ trung bình trên phần tử trên nếu phần tử hai cực là:
a. điện trở 5Ω b. cuộn dây có cảm kháng 10mH c. sức điện động $E=6\text{V}$.

0.5 Dòng điện $i = 2 + 20.\sin(100\pi t)[\text{A}]$ đi qua mạch RLE mắc nối tiếp. Xác định công suất tiêu thụ trung bình trên mỗi phần tử R, L và E, cho biết $R=3\Omega$, $L=10\text{mH}$ và $E=12\text{V}$.

0.6 Một lò điện trở công suất 1.500W khi sử dụng nguồn $u = 220\sqrt{2}.\sin(100\pi t)[\text{V}]$. Nếu điều khiển công suất lò điện theo chu kỳ 12 phút với trình tự đóng điện 5 phút và ngắt điện 7 phút. Hãy xác định:

- công suất tức thời cực đại
- công suất tiêu thụ trung bình
- năng lượng tiêu thụ dưới dạng nhiệt trong mỗi chu kỳ.

0.7 Xác định điện áp hiệu dụng và dòng điện hiệu dụng khi biết hàm biểu diễn của chúng tuần hoàn theo chu kỳ $T=100\text{ms}$ có dạng:

$$u = \begin{cases} 5\text{V}; & 0 < t < 70\text{ms} \\ 0\text{V}; & 70\text{ms} < t < 100\text{ms} \end{cases}; i = \begin{cases} 0; & 0 < t < 50\text{ms} \\ 4\text{A}; & 50\text{ms} < t < 100\text{ms} \end{cases}$$

0.8 Hãy xác định trị hiệu dụng điện áp, dòng điện và công suất tiêu thụ trung bình bởi tải khi cho biết quá trình điện áp và dòng điện của nó có dạng:

$$u = 2.5 + 10.\cos(100\pi t) + 3\sqrt{2}.\cos(200\pi t + \pi/3)[\text{V}], \\ i = 1.5 + 2.\cos(100\pi t) + 1.1\cos(200\pi t + \pi/3) + 1.5\cos(300\pi t + \pi/3)[\text{A}]$$

0.9 Cho dòng điện $i = 1.5 + 2.\cos(100\pi t) + 1.1\cos(200\pi t + \pi/3)[\text{A}]$ đi qua tải gồm R-C mắc song song với $R=100\Omega$ và $C=50\mu\text{F}$. Xác định công suất tiêu thụ trên mỗi phần tử của tải.

0.10 Cho điện áp $u = 2.5 + 10.\cos(100\pi t) + 3\sqrt{2}.\cos(200\pi t + \pi/3)[\text{V}]$ đặt trên tải RLE mắc nối tiếp với $R=4\Omega$, $L=10\text{mH}$ và $E=12\text{V}$. Xác định công suất tiêu thụ trên mỗi phần tử.

0.11 Điện áp và dòng điện qua tải biểu diễn bởi hàm sau:

$$u = 20 + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{20}{n}.\cos(n\pi t)[\text{V}]; i = 5 + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{5}{n^2}.\cos(n\pi t)[\text{A}]$$

xác định công suất trung bình trên tải (chính xác đến $n=4$).

0.12 Cho nguồn $u = 20 + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{20}{n}.\sin(100n\pi t)[\text{V}]$ cung cấp tải RLE nối tiếp với $R=20\Omega$, $L=250\text{mH}$ và $E=36\text{V}$. Xác định công suất trung bình trên các phần tử tải.

