

NGUYỄN BÌNH

# ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT

## BÀI TẬP - BÀI GIẢI & ỨNG DỤNG



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

**NGUYỄN BÌNH**

**ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT**  
**BÀI TẬP- BÀI GIẢI - ỨNG DỤNG**

*In lần thứ 5 có sửa chữa*



**NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT**  
**HÀ NỘI 2008**

## LỜI NÓI ĐẦU

Cùng với sự phát triển mạnh mẽ của kỹ thuật và công nghệ bán dẫn điện, ngày nay điện tử công suất đã giữ một vai trò quan trọng trong kỹ thuật điện nói chung. Môn học Điện tử công suất đã trở thành môn học bắt buộc đối với sinh viên các ngành kỹ thuật điện, tự động hóa.

"Điện tử công suất" vốn được coi là một trong những môn cơ sở kỹ thuật khó tiếp thu vì nó liên quan chặt chẽ với các môn học khác như lý thuyết mạch, kỹ thuật điện tử, toán cao cấp: phương trình vi phân, chuỗi, toán tử, v.v..

Thế nhưng "biết cách" thì không có gì khó cả: sau khi nghe bài giảng lý thuyết, ta "hành" bằng vài bài tập có lời giải chi tiết với số liệu cụ thể thì sự hiểu biết vấn đề sẽ thấu đáo hơn.

Cuốn sách này gồm 73 bài tập chọn lọc, ở mức độ trung bình trở lên, là những bài toán thường ít nhiều gây khó khăn cho sinh viên.

Nội dung của nó được chia thành 5 phần, bao trùm các phần chính của môn học Điện tử công suất.

Phần I: Chính lưu diôt, 17 bài.

Phần II: Chính lưu tiristor, 29 bài.

Phần III: Băm điện áp một chiều (hacheur, chopper), 5 bài.

Phần IV: Điều chỉnh điện áp xoay chiều (gradateur), 10 bài.

Phần V: Biến tần (onduleur), 12 bài.

Đề bài và các số liệu được biên soạn từ các tài liệu của Nga, Hungary, Pháp, Anh, Thụy Sĩ, Canada là những nước có ngành công nghiệp phát triển.

Cách giải bài toán và số các công thức, phương trình được vận dụng để giải trùng hợp với nội dung trình bày trong cuốn "Điện tử công suất" của cùng tác giả, xuất bản năm 2000.

Tác giả có chủ ý dẫn dắt sinh viên giải bài toán theo từng bước, bắt đầu hoặc từ định nghĩa, định luật hoặc từ phương trình toán lý, sau đó vận dụng công cụ toán học như phương pháp giải phương trình vi phân, toán tử Laplace, chuỗi Fourier,... cho đến kết quả cuối cùng.

Hy vọng cuốn sách này ít nhiều giúp ích cho sinh viên các trường đại

*học kỹ thuật và các bạn đang làm việc trong ngành kỹ thuật điện nói chung.*

*Tác giả bày tỏ lòng biết ơn đối với Phòng đào tạo, các đồng nghiệp trong bộ môn Tự động hóa xí nghiệp công nghiệp, khoa Điện, trường Đại học Bách khoa Hà Nội, cũng như Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật đã khích lệ, động viên nhiều để cuốn sách sớm đến tay bạn đọc.*

*Tác giả chân thành cảm ơn những ý kiến, nhận xét của các bạn đồng nghiệp, bạn đọc xa, gần. Thư từ góp ý xin gửi về địa chỉ: "Bộ môn Tự động hóa xí nghiệp công nghiệp, khoa Điện, trường Đại học Bách Khoa Hà Nội".*

TÁC GIẢ

## MỤC LỤC

### Lời nói đầu

#### *PHẦN I. CHỈNH LƯU ĐIÓT*

Chỉnh lưu điốt một pha: Bài số 1 ÷ 10

Chỉnh lưu điốt ba pha: Bài 11 ÷ 17

#### *PHẦN II. CHỈNH LƯU TIRISTOR*

Chỉnh lưu tiristor một pha: Bài 18 ÷ 31

Chỉnh lưu tiristor ba pha: Bài 32 ÷ 46

#### *PHẦN III. BĂM ĐIỆN ÁP MỘT CHIỀU*

Bài 47 ÷ 51

#### *PHẦN IV. ĐIỀU CHỈNH ĐIỆN ÁP XOAY CHIỀU*

Điều chỉnh điện áp xoay chiều một pha: Bài 52 ÷ 57

Điều chỉnh điện áp xoay chiều ba pha: Bài 58 ÷ 61

#### *PHẦN V. BIẾN TẦN*

Biến tần một pha: Bài 62 ÷ 70

Biến tần ba pha: Bài 71 ÷ 73

## CHỈNH LƯU ĐIÓT

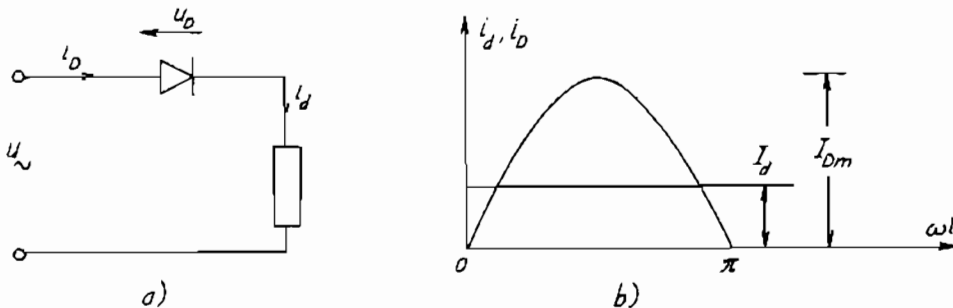
## BÀI SỐ 1

Cho sơ đồ chỉnh lưu diốt một pha, nửa chu kỳ, hình 1.

Dòng điện tải  $i_d$  cũng là dòng điện chảy trong diốt  $i_D$  có dạng trình bày trên hình 1b. Khi diốt dẫn dòng, điện áp rơi trong bản thân nó được mô tả bằng biểu thức:

$$u_{D} = 0,85 + 0,9 \cdot 10^{-3} \cdot i_{D}$$

Hãy tính trị trung bình của công suất tổn thất  $P_{D}$  khi trị trung bình của dòng tải là  $I_d = 200$  A.



Hình 1

**Bài giải**

Trị trung bình của công suất tổn thất trong diốt, theo định nghĩa, được mô tả bằng biểu thức:

$$\begin{aligned} P_{D} &= \frac{1}{T} \int_0^T u_{D} \cdot i_{D} \cdot dt = \frac{1}{T} \int_0^T (0,85 + 0,0009 \cdot i_{D}) \cdot i_{D} \cdot dt \\ &= \frac{0,85}{T} \int_0^T i_{D} \cdot dt + \frac{0,0009}{T} \int_0^T i_{D}^2 \cdot dt = 0,85 I_{D} + 0,0009 I^2, \end{aligned}$$

trong đó  $I_D$ ,  $I$  là trị trung bình và trị hiệu dụng của dòng chảy trong điôt.  
 Trong sơ đồ đang xét  $I_D = I_d$  và theo định nghĩa, ta có:

$$I_D = \frac{1}{2\pi} \int_0^{\pi} I_{Dm} \cdot \sin \theta d\theta = \frac{I_{Dm}}{\pi}$$

$$I = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^{\pi} (I_{Dm} \sin \theta)^2 \cdot d\theta} = \frac{I_{Dm}}{2} = \frac{\pi \cdot 200}{2} = 314 \text{ A.}$$

Vậy trị trung bình của công suất tổn thất trong điôt là:

$$P_D = 0,85 \cdot 200 + 0,0009 \cdot 314^2 = 258,73 \text{ W.}$$

## BÀI SỐ 2

Công suất tổn thất trong tiristor là  $P_T = 30 \text{ W}$ . Nhiệt độ giới hạn của mặt ghép là  $T_j = 125^\circ\text{C}$ . Nhiệt độ môi trường là  $T_a = 35^\circ\text{C}$ .

Cho biết điện trở nhiệt giữa mặt ghép và cánh tản nhiệt là  $R_{jr} = 0,8^\circ\text{C/W}$ . Hãy tính:

- Điện trở nhiệt giữa cánh tản nhiệt và môi trường,  $R_{ra}$ .
- Nhiệt độ vỏ thiết bị nối trên.

### *Bài giải*

Tổng nhiệt trở của thiết bị:

$$R_{th} = R_{jv} + R_{vr} + R_{ra}$$

$$R_{th} = \frac{T_j - T_a}{P_T} = \frac{125 - 35}{30} = 3^\circ\text{C/W.}$$

Nhiệt trở giữa mặt ghép và cánh tản nhiệt:

$$R_{jr} = R_{jv} + R_{vr} = 0,8^\circ\text{C/W}$$

Nhiệt trở giữa cánh tản nhiệt và môi trường:

$$R_{ra} = R_{th} - R_{jr} = 3 - 0,8 = 2,2^\circ\text{C/W.}$$

Nhiệt độ vỏ thiết bị:

$$T_v = T_a + R_{ra} \cdot P_T$$

$$= 35 + 2,2 \cdot 30 = 101^\circ\text{C.}$$

## BÀI SỐ 3

Công suất tổn thất trong một tiristor ở chế độ làm việc định mức là

$$P_I = 300 \text{ W.}$$

Tổng nhiệt trở  $R_{th} = 0,2^\circ\text{C/W}$ .

Nhiệt độ môi trường  $T_a = 40^\circ\text{C}$ .

Nhiệt độ mật ghép không được vượt quá  $T_{jm} = 125^\circ\text{C}$ .

Hãy tính công suất tổn thất lớn nhất cho phép  $P_{Tp}$  khi làm việc quá tải trong thời gian ngắn ( $\approx 100 \text{ ms}$ ), trong khoảng thời gian này nhiệt trở quá độ chỉ còn  $R_{thqt} = 0,05^\circ\text{C/W}$ .

### Bài giải

Nhiệt độ mật ghép khi tiristor làm việc ở chế độ định mức:

$$T_j = T_a + R_{th} \cdot P_T = 40 + 0,2 \cdot 300 = 100^\circ\text{C}.$$

Nhiệt độ cho phép tăng thêm trong thời gian làm việc quá tải

$$\Delta T_j = T_{jm} - T_j = 125 - 100 = 25^\circ\text{C}.$$

Công suất tổn thất cho phép tăng thêm trong thời gian làm việc quá tải

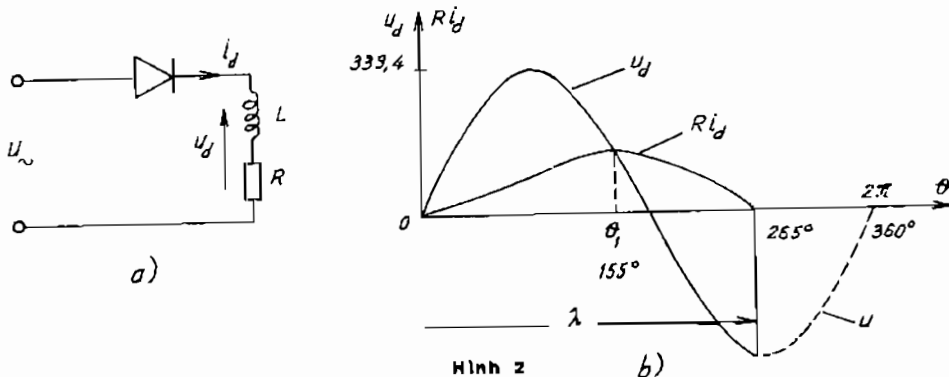
$$\Delta P_T = \frac{\Delta T_j}{R_{thqt}} = \frac{25}{0,05} = 500 \text{ W}$$

Công suất tổn thất lớn nhất cho phép quá tải trong thời gian ngắn

$$P_{Tp} = P_T + \Delta P_T = 300 + 500 = 800 \text{ W}.$$

## BÀI SỐ 4

Cho sơ đồ chỉnh lưu diôt một pha, nửa chu kỳ, trình bày trên hình 2a. Trị hiệu dụng của điện áp nguồn bằng 240 V, tần số  $f = 50 \text{ Hz}$ . Mạch tải gồm điện cảm  $L = 0,1 \text{ H}$  nối tiếp với điện trở  $R = 10 \Omega$ .



Hình 2



- a. Xác định dạng sóng dòng điện tải  $i_d$ .  
 b. Tính trị trung bình của điện áp tải  $U_d$  và của dòng điện tải  $I_d$ .

**Bài giải**

- a. Xác định biểu thức dòng điện tải  $i_d$ .

Khi đóng nguồn điện xoay chiều, xem diốt D là phần tử lí tưởng, có thể viết phương trình sau:

$$L \frac{di_d}{dt} + R.i_d = u = \sqrt{2}U\sin\omega t$$

Vận dụng công thức (II.2), nghiệm của phương trình trên sẽ là:

$$i_d = I_m \sin(\theta - \varphi) + I_m \sin\varphi . e^{-\theta . \text{ctg}\varphi} ,$$

trong đó:

$$\text{tg}\varphi = \frac{\omega L}{R} = \frac{X}{R} = \frac{31,416}{10} = \pi ; \varphi = 1,2626 \text{ rad.} = 72^\circ 34'$$

$$I_m = \frac{\sqrt{2}.U}{\sqrt{R^2 + X^2}} = \frac{339,41}{32,97} = 10,295 ; I_m \sin\varphi = 9,81$$

Biểu thức của  $i_d$ :

$$i_d = 10,295 . \sin(\theta - 1,2626) + 9,81 . e^{-0,3183\theta}$$

Góc dẫn dòng của diốt, ký hiệu là  $\lambda$ , được xác định bằng cách giải phương trình siêu việt (II.3):

$$\sin(\lambda - 1,2626) - 0,9528 . e^{-0,3183\lambda}$$

$$\lambda = 4,6251 \text{ rad.} = 265^\circ$$

Dòng điện tải  $i_d$  đạt trị cực đại khi  $\theta = \theta_1$  ứng với giao điểm của đường cong  $R.i_d$  và đường cong biểu diễn điện áp nguồn. Để xác định  $\theta_1$  ta giải phương trình:

$$R.I_m \sin(\theta_1 - \varphi) + R.I_m . e^{-\theta_1 \text{ctg}\varphi} = \sqrt{2}U . \sin\theta_1$$

$$\theta_1 = 2,7052 \text{ rad.} = 155^\circ$$

Trị cực đại của dòng điện tải:

$$I_{d,m} = 10,295 \sin(1,4426) + 9,81 . e^{-0,861} = 14,36 \text{ A.}$$

- b. Tính trị trung bình  $U_d, I_d$ .

$$U_d = \frac{1}{2\pi} \int_0^\lambda \sqrt{2}U \sin\theta d\theta = 54 \int_0^{4,6251} \sin\theta d\theta = 58,7 \text{ V}$$

$$\begin{aligned}
 I_d &= \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} i_d \cdot d\theta \\
 I_d &= \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} I_m \cdot \sin(\theta - \varphi) \cdot d\theta + \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \sin\varphi \cdot e^{-\theta \cdot \text{ctg}\varphi} \cdot d\theta \\
 &= \frac{1}{2\pi} \int_{-\varphi}^{2\pi-\varphi} I_m \sin \Omega d\Omega + \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} I_m \sin\varphi \cdot e^{-\theta \cdot \text{ctg}\varphi} \cdot d\theta \\
 &= \frac{I_m}{2\pi} [ \cos\varphi - \cos(\lambda - \varphi) ] - \frac{I_m \sin\varphi}{2\pi \cdot \text{ctg}\varphi} (e^{-\lambda \cdot \text{ctg}\varphi} - 1) = 5,87 \text{ A}
 \end{aligned}$$

Người ta thường tính:  $I_d = \frac{U_d}{P_r} = \frac{58,7}{10} = 5,87 \text{ A}$ .

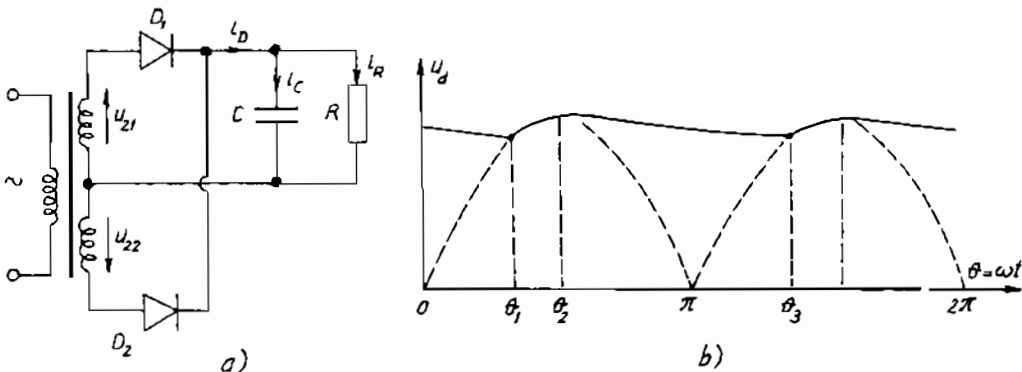
Đường cong biểu diễn  $i_d$  và  $u_d$  được trình bày trên hình 2b.

## BÀI SỐ 5

Cho sơ đồ chỉnh lưu diốt một pha, hai nửa chu kỳ, lọc bằng tụ điện, xem hình 3.

$u = \sqrt{2} \cdot U \cdot \sin\omega t$ ;  $U = 70,71 \text{ V}$ ;  $R = 300 \Omega$ ;  $f = 50 \text{ Hz}$ ;  $C = 333 \mu\text{F}$ .

- Viết các biểu thức (trị tức thời) của  $i_R$ ,  $i_C$ ,  $i_D$ .
- Xác định  $t_2$  là thời điểm diốt  $D_1$  bị khóa lại.
- Viết biểu thức (trị tức thời) của  $u_C(t)$  trong giai đoạn tụ điện C phóng điện vào tải R.
- Xác định  $t_1$  là thời điểm diốt  $D_1$  bắt đầu dẫn dòng.
- Tính  $U_{im}$  và  $i_{Dm}$ .



Hình 3

### Bài giải

a. Biểu thức của các dòng điện:

$$i_R = \frac{\sqrt{2} \cdot U}{R} \cdot \sin \omega t$$

$$i_C = C \cdot \frac{du}{dt} = \omega C \cdot \sqrt{2} \cdot U \cdot \cos \omega t$$

$$i_D = i_R + i_C = \frac{\sqrt{2} U}{R} \cdot \sin \omega t + \omega C \cdot \sqrt{2} \cdot U \cdot \cos \omega t$$

$$i_D = 0,333 \sin \omega t + 10,456 \cdot \cos \omega t$$

b. Tính  $t_2$

Khi  $D_1$  bị khóa lại,  $i_D = 0$ , bấy giờ ta có:

$$\operatorname{tg}(\omega t_2) = - \frac{10,456}{0,333} = - 31,4$$

$$\omega t_2 = \begin{cases} - 88^{\circ}175 \\ 91^{\circ}824 \end{cases}$$

Ta lấy nghiệm dương:

$$\omega t_2 = 91^{\circ}824 \text{ hoặc } 1,6 \text{ rad.}$$

$$t_2 = \frac{1,6}{314} = 0,0051 \text{ s.}$$

c. Biểu thức của  $u_C$  trong giai đoạn phóng điện vào  $R$ .

Khi  $t = t_2$ ;  $u_C(t_2) = \sqrt{2} \cdot U \cdot \sin \omega t_2 = 100 \cdot 0,9995 = 99,95 \text{ V}$

$$u_C = 99,95 \cdot e^{-(t-t_2)/RC} = 99,95 \cdot e^{-10(t-t_2)}$$

d. Tính  $t_3$ .

Ở chế độ xác lập, thời điểm bắt đầu dẫn dòng của  $D_1$  cũng bằng thời điểm dẫn dòng của  $D_2$  đối với nửa chu kỳ thích ứng, do đó có thể viết:

$$u_C(t_3 - t_2) = -\sqrt{2} U \sin \omega t_3$$

$$99,95 \cdot e^{-10(t_3-t_2)} = - 100 \sin \omega t_3$$

$(\omega t_3)$  là giao điểm của đường cong phóng điện của  $u_C$  và đường biểu diễn điện áp nguồn trong nửa chu kỳ thích ứng với  $D_2$ , xem hình 3).

Đây là phương trình siêu việt. Để tìm nghiệm  $t_3$  có thể dùng phương pháp đồ thị hoặc máy tính điện tử.

$$t_3 = 0,0137 \text{ s}$$

Ứng với  $t_3$  là góc  $\omega t_3 = 314 \cdot 0,0137 = 4,3 \text{ rad}$  hoặc  $246^\circ 6'$ .

Gọi  $\theta_1 = \omega t_1$  là góc mở của điôt  $D_1$ :

$$\theta_1 = \omega t_3 - \pi = 4,3 - 3,14 = 1,16 \text{ rad hoặc } 66^\circ 6'.$$

$$t_1 = \frac{\theta_1}{314} = \frac{1,16}{314} = 3,69 \text{ ms.}$$

Khoảng thời gian  $D_1$  dẫn dòng:

$$\tau = \frac{\theta_2 - \theta_1}{\omega} = \frac{1,6 - 1,16}{314} = 1,4 \cdot 10^{-3} \text{ s,}$$

chỉ bằng 7% của một chu kỳ.

e. Tính  $U_{im}$  và  $i_{Dmax}$

Khi một điôt dẫn dòng thì điôt còn lại phải chịu điện áp ngược  $U_p$ ,

$$U_{im} = 2\sqrt{2} \cdot U = 200 \text{ V.}$$

Biểu thức của dòng chảy trong điôt  $D_1$  là:

$$i_{D1} = 0,333 \sin \omega t + 10,456 \cdot \cos \omega t \quad (1)$$

Lấy đạo hàm của biểu thức trên và cho bằng không, sẽ tìm được:

$(\omega t)' = 1,824$  hoặc  $0,0318 \text{ rad}$ , đối với góc tọa độ là 0.

Vì biểu thức (1) chỉ đúng trong khoảng  $\theta_1 \leq \omega t \leq \theta_2$  nên  $(\omega t)_{im} = (\omega t)'_{im} + \theta_1 = 0,0318 + 1,16 = 1,1918 \text{ rad}$  hoặc  $68^\circ,32'$

Thế  $(\omega t)_{im}$  vào (1) ta nhận được trị cực đại của dòng  $i_{D1}$ :

$$i_{D1m} = 0,3094 + 3,8626 = 4,172 \text{ A.}$$

## BÀI SỐ 6

Người ta dùng thiết bị chỉnh lưu cầu một pha để nạp điện cho ắc quy, có sức điện động  $E = 120 \text{ V}$ , dòng nạp  $I_D = 40 \text{ A}$ .

Trị hiệu dụng của điện áp nguồn là  $220 \text{ V}$ , tần số  $f = 50 \text{ Hz}$ .

a. Tính  $t_1$  là thời điểm thiết bị chỉnh lưu bắt đầu cung cấp dòng nạp cho ắc quy trong từng nửa chu kỳ.

$\tau$  thời gian dẫn dòng của mỗi điôt trong một chu kỳ.

b. Điện trở  $R$  phải bằng bao nhiêu để đảm bảo dòng nạp yêu cầu.

c. Tính trị hiệu dụng của dòng tải.

d. Tính hiệu suất của thiết bị.

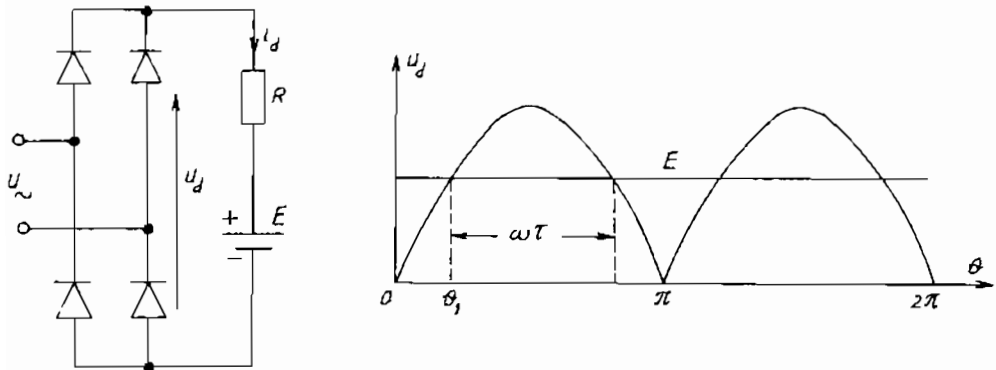
**Bài giải**

Sơ đồ chỉnh lưu và đồ thị điện áp chỉnh lưu trình bày trên hình 4.

a. Biểu thức điện áp nguồn điện xoay chiều:

$$u = \sqrt{2} U \sin\theta,$$

trong đó  $\theta = \omega t$ ,  $\omega = 2\pi f = 314 \text{ s}^{-1}$ .



**Hình 4.**

Thiết bị chỉnh lưu bắt đầu cung cấp dòng điện nạp ắc quy khi  $\theta = \theta_1$ :

$$\sqrt{2} \cdot U \cdot \sin\theta_1 = E$$

Vậy 
$$\sin\theta_1 = \frac{120}{\sqrt{2} \cdot 220} = 0,3857$$

$$\theta_1 = 0,3959 \text{ rad}$$

$$t_1 = \frac{\theta_1}{314} = 1,26 \text{ ms.}$$

$$\omega\tau = \pi - 2\theta_1 = 2,3482 \text{ rad}$$

$$\tau = \frac{2,3482}{314} = 7,478 \text{ ms.}$$

b. Tính R

Trị trung bình của dòng tải, vận dụng công thức (II.17):

$$I_d = \frac{2\sqrt{2} \cdot U}{R} \left[ \frac{\cos\theta_1}{\pi} - \frac{\tau}{T} \sin\theta_1 \right]$$

trong đó  $\cos\theta_1 = 0,9226$ ;  $\sin\theta_1 = 0,3856$ ;  $T = 0,02$  s;  $I_d = 40$  A.

$$R = \frac{2\sqrt{2} \cdot 220}{40} \left[ \frac{0,9226}{\pi} - \frac{7,478 \cdot 10^{-3}}{0,02} \cdot 0,3856 \right] = 2,32 \ \Omega.$$

c. Trị hiệu dụng của dòng tải, vận dụng công thức (II.19):

$$I = \frac{(\sqrt{2}U - E)}{R} \sqrt{\frac{\tau}{T}} = \frac{(\sqrt{2} \cdot 220 - 120)}{2,32} \cdot \sqrt{0,3739} = 50,38 \text{ A.}$$

d. Hiệu suất của thiết bị, vận dụng công thức:

$$\eta = \frac{E \cdot I_d}{E \cdot I_d + R \cdot I^2} = \frac{4800}{10688} = 44,9\%.$$

## BÀI SỐ 7

Cho sơ đồ chỉnh lưu diôt cầu một pha, hình 5,  $U = 71$  V,  $E = 48$  V,  $R = 0,8 \ \Omega$ ,  $f = 50$  Hz.

$$\text{Điện áp tải } u_d = \frac{2\sqrt{2} \cdot U}{\pi} \left( 1 + \frac{2}{3} \cos 2\omega t \right)$$

a. Tính trị trung bình của dòng tải  $I_d$ .

b. Tính trị số của điện cảm L cần đấu nối tiếp vào mạch tải để trị hiệu dụng  $I_d$  của thành phần xoay chiều của dòng  $i_d$  chỉ còn bằng 10%  $I_d$ .

c. Vẽ các đường cong  $i_{D1}$ ,  $i_{D2}$ ,  $i_{D3}$ ,  $i_{D4}$  và  $i$ .

d. Tính trị hiệu dụng  $I$ .

*Bài giải*

a. Tính  $I_d$

Vận dụng công thức (II.17):

$$I_d = \frac{2\sqrt{2} \cdot U}{R} \left( \frac{\cos\theta_1}{\pi} - \frac{\tau}{T} \sin\theta_1 \right)$$

$$\text{trong đó } \sin\theta_1 = \frac{E}{\sqrt{2} \cdot U} = \frac{48}{100,4} = 0,478.$$

Vậy  $\theta_1 = 28^{\circ}55'77''$  hoặc  $0,498$  rad.

$$\omega\tau = \pi - 2\theta_1 = 2,1436 \text{ rad.}$$

$$\tau = \frac{2,1436}{314} = 6,826 \text{ ms}$$

$$\frac{\tau}{T} = 0,3413$$

$$I_d = \frac{2\sqrt{2} \cdot 71}{0,8} \left( \frac{0,8783}{3,14} - 0,3413 \cdot 0,478 \right) = 29,26 \text{ A.}$$

b. Tính L.

Vận dụng công thức (II.20):

$$L \frac{di_a}{dt} = \frac{2\sqrt{2} \cdot U}{\pi} - \frac{2}{3} \cos 2\omega t$$

$$\frac{di_a}{dt} = \frac{A}{L} \cos \omega_1 t, \text{ với } A = 42,6365, \omega_1 = 2\omega.$$

Biểu thức của thành phần xoay chiều của dòng tải  $i_d$  có dạng:

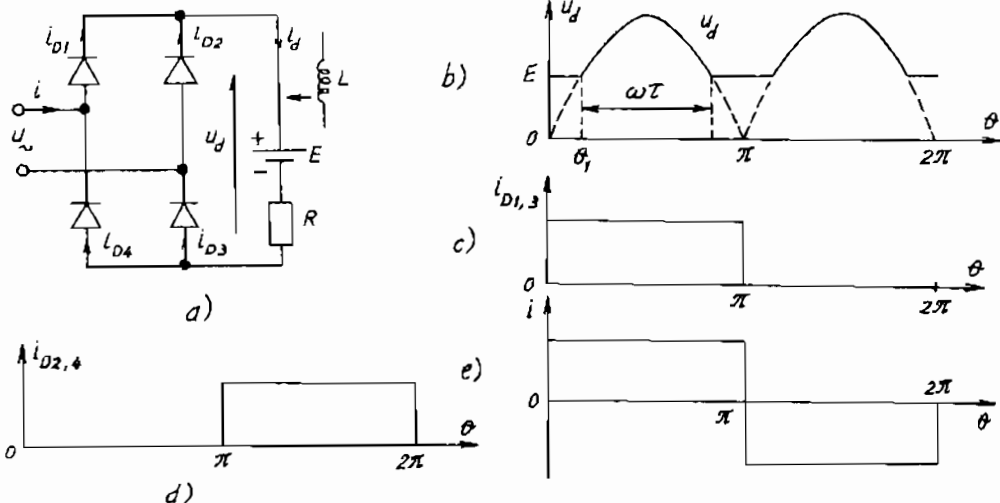
$$i_a = \int \frac{A}{\omega_1 L} \cos \omega_1 t dt = \frac{A}{\omega_1 L} \sin \omega_1 t.$$

Trị hiệu dụng của thành phần xoay chiều  $I_a$  của dòng tải  $i_d$ :

$$I_a = \frac{A}{\omega_1 L \sqrt{2}} = \frac{42,6365}{2 \cdot 314 \cdot \sqrt{2} \cdot L}$$

Nếu  $I_n = 0,1 I_d = 2,926 \text{ A}$  thì người ta phải đấu nối tiếp vào mạch tải một điện cảm có trị số:

$$L = \frac{42,6365}{2 \cdot 314 \cdot \sqrt{2} \cdot 2,926} = 16,4 \text{ mH.}$$



Hình 5

c. Vẽ các đường cong  $i_{D1}$ ,  $i_{D2}$ ,  $i_{D3}$ ,  $i_{D4}$  và  $i$

Sau khi đấu cuộn cảm L vào mạch tải, có thể xem dòng tải  $i_d$  được nấn thẳng,  $i_d = I_d$  :

$$I_d = \frac{U_d - E}{R} \quad \text{với } U_d = \frac{2\sqrt{2}U}{\pi} = 63,95 \text{ V}$$

$$I_d = \frac{63,95 - 48}{0,8} = 20 \text{ A.}$$

Các đường cong biểu diễn điện áp  $u_d$  và các dòng điện được trình bày trên hình 5.

d. Tính I:

$$I = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} (I_d)^2 d\theta} = 20 \text{ A.}$$

## BÀI SỐ 8

Cho hai sơ đồ chỉnh lưu điôt, xem hình 6b, một pha, hai nửa chu kỳ và cầu một pha.

Trị hiệu dụng của điện áp nguồn xoay chiều là  $U_1 = 240 \text{ V}$ .

Tải là một điện cảm lớn, tiêu thụ dòng điện  $I_d = 12 \text{ A} = \text{const}$ .

Điện áp trên tải là  $U_d = 150 \text{ V}$ . Giả thiết điện áp rơi trên mỗi điôt là  $0,7 \text{ V}$ .

Hãy tính toán chi tiết hai sơ đồ trên và so sánh.

*Bài giải*

Dạng điện áp và dòng điện trong hai sơ đồ đang xét được trình bày trên hình 6a.

a. Đối với sơ đồ chỉnh lưu điôt một pha, hai nửa chu kỳ:

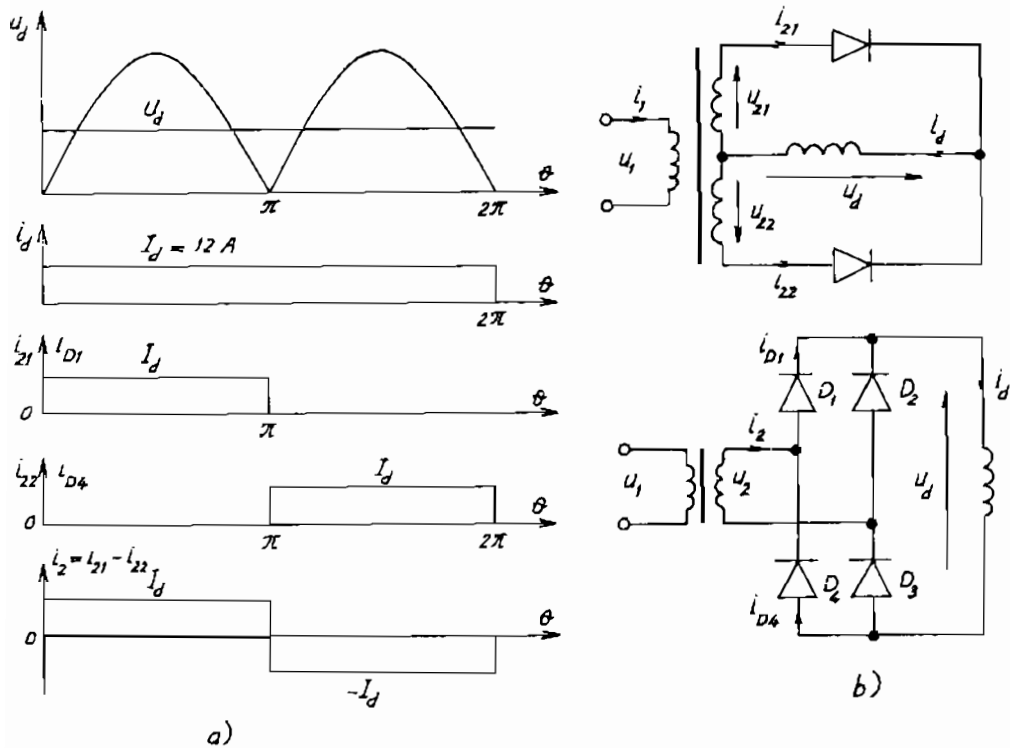
Theo công thức II.7:

$$U_d = \frac{2\sqrt{2}U_2}{\pi} - 0,7 = 150 \text{ V}$$

do đó  $U_2 = 167,4 \text{ V}$  (trị hiệu dụng của điện áp một cuộn dây thứ cấp).

Trị hiệu dụng của dòng điện chảy trong mỗi cuộn dây thứ cấp:





Hình 6

$$I_{21} = I_{22} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^\pi I_d^2 d\theta} = \frac{12}{\sqrt{2}} = 8,48 \text{ A}$$

$$\text{Tỉ số biến áp } m = \frac{U_2}{U_1} = \frac{167,4}{240} = 0,6975$$

Trị tức thời của dòng điện sơ cấp:  $i_1 = m \cdot i_2$

Trị hiệu dụng của dòng điện sơ cấp:

$$I_1 = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} (m \cdot i_2)^2 d\theta} = \sqrt{\frac{1}{\pi} \int_0^\pi (m \cdot I_d)^2 d\theta} = 0,6975 \cdot 12 = 8,37 \text{ A}$$

. Công suất biểu kiến của máy biến áp:

$$S = \frac{S_1 + S_2}{2}$$

$$S_1 = 240 \cdot 8,37 = 2008,8 \text{ VA}$$

$$S_2 = 2U_2 I_{21} = 2 \cdot 167,4 \cdot 8,48 = 2839,1$$

$$S = 2,424 \text{ kVA}$$

. Điện áp ngược cực đại mỗi diốt phải chịu:

$$U_{im} = 2\sqrt{2}U_2 = 473,5 \text{ V.}$$

. Trị trung bình của dòng chảy qua diốt:

$$I_{1D} = \frac{I_d}{2} = 6 \text{ A.}$$

b. Đối với sơ đồ cầu một pha:

$$U_d = \frac{2\sqrt{2}U_2}{\pi} - 1,4 = 150 \text{ V}$$

do đó:  $U_2 = 168,2 \text{ V}$

Tỉ số biến áp:

$$m = \frac{U_2}{U_1} = \frac{168,2}{240} = 0,7$$

. Trị hiệu dụng của dòng điện thứ cấp

$$I_2 = \sqrt{\int_0^{2\pi} \frac{1}{2\pi} I_d^2 d\theta} = I_d = 12 \text{ A}$$

. Trị hiệu dụng của dòng điện sơ cấp:

$$I_1 = m \cdot I_2 = 8,4 \text{ A}$$

. Công suất biểu kiến của máy biến áp:

$$S_1 = 240 \cdot 8,4 = 2016 \text{ VA}$$

$$S_2 = 168,2 \cdot 12 = 2018,4 \text{ VA}$$

$$S = 2,018 \text{ kVA}$$

. Điện áp ngược cực đại mỗi diốt phải chịu:

$$U_{im} = \sqrt{2}U_2 = 238 \text{ V}$$

. Trị trung bình của dòng chảy qua diốt:  $I_{D} = 6\text{A}$

*Kết luận:* Sơ đồ cầu ưu việt hơn về kích thước máy biến áp và về điện áp ngược  $U_{im}$ , nhưng tổn thất điện áp trên diốt lớn hơn:  $\frac{1,4}{150}$  so với  $\frac{0,7}{150}$ .

## BÀI SỐ 9

Cho sơ đồ chỉnh lưu diốt cầu một pha được nuôi từ nguồn điện xoay chiều 50 V, 50 Hz. Dòng điện tải được nắn thẳng,  $I_d = 60$  A.

a. Tính các điện áp rơi do:

- . điện cảm nguồn  $L_c = 0,1$  mH;
- . mỗi diốt có điện áp rơi thuận là  $(0,6 + 0,002i)$  V;
- . điện trở của nguồn và dây nối là  $0,002 \Omega$ .

b. Vẽ mạch điện tương đương của bộ chỉnh lưu.

### Bài giải

Sơ đồ chỉnh lưu tiristor cầu một pha, khi góc mở  $\alpha = 0$ , sẽ trở thành sơ đồ chỉnh lưu diốt cầu một pha.

a. Tính các điện áp rơi

. Theo (IV.21) điện áp rơi do điện cảm nguồn gây nên là:

$$\Delta U_{\mu} = \frac{2X_c I_d}{\pi} = \frac{2 \cdot 2\pi \cdot 50 \cdot 0,1 \cdot 10^{-3} \cdot 60}{\pi} = 0,02 I_d = 1,2 \text{ V}$$

. Vì lúc nào cũng có hai diốt dẫn dòng nên điện áp rơi trên diốt là:

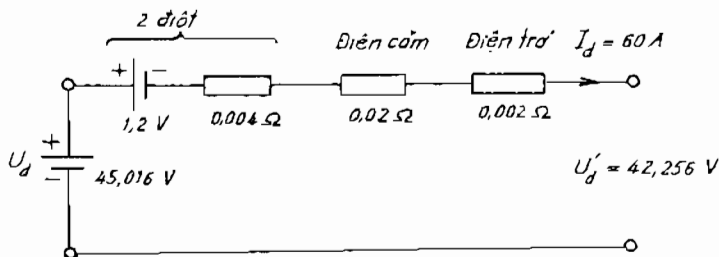
$$2\Delta U_{D_1} = 2(0,6 + 0,002 \cdot 60) = 1,44 \text{ V}$$

. Điện áp rơi trên điện trở =  $0,002 \cdot 60 = 0,12$  V.

Điện áp chỉnh lưu lí tưởng là:

$$U_d = \frac{2\sqrt{2} U}{\pi} = \frac{2\sqrt{2} \cdot 50}{\pi} = 45,016 \text{ V}$$

b. Mạch điện tương đương được trình bày trên hình 7.



Hình 7

## BÀI SỐ 10

Cho sơ đồ ba bộ chỉnh lưu diôt cầu một pha, được nuôi từ nguồn điện ba pha, xem hình 8a. Giả thiết:

- điện áp rơi trên mỗi diôt là  $\Delta U_d = 0,7 \text{ V}$ ;
- dòng điện tải được nắn thành  $I_d = 60 \text{ A}$ ;
- trị trung bình của điện áp tải là  $U_d = 300 \text{ V}$ .

a. Tính trị hiệu dụng của điện áp pha thứ cấp  $U_2$ .

b. Tính trị trung bình và trị hiệu dụng của dòng điện chảy trong mỗi diôt.

c. Vẽ dạng điện áp tải  $u_d$  và dạng dòng điện dây sơ cấp  $i_B$ .

d. So sánh sơ đồ chỉnh lưu này với sơ đồ chỉnh lưu diôt cầu ba pha thông thường.

*Bài giải*

a. Tính  $U_2$ .

Trị tức thời của điện áp tải bằng tổng điện áp ra của ba cầu một pha.

Trong khoảng  $O_1O_2$  trên hình 8b ta có:

$$u_d = u_{2a} - u_{2b} - u_{2c}$$

$$U_d = \sqrt{2}U_2 [\sin\theta - \sin(\theta - 2\pi/3) - \sin(\theta - 4\pi/3)] = 2\sqrt{2}U_2\sin\theta$$

Trị trung bình của điện áp do mỗi cầu tạo ra trên tải bằng một phần ba của trị trung bình điện áp tải, do đó có thể viết phương trình:

$$\frac{300}{3} = \frac{2\sqrt{2}U_2}{\pi} - (2 \cdot 0,7)$$

và rút ra  $U_2 = 112,627 \text{ V}$ .

Lúc nào cũng có 6 diôt dẫn dòng. Ví dụ, trong khoảng  $O_1O_2$  các diôt sau đây đồng thời dẫn dòng:

$D_1, D_3, D_6, D_8, D_{10}, D_{12}$ .

Để minh chứng, có thể tính trị trung bình của điện áp tải như sau:

$$\begin{aligned} U_d &= \frac{6}{2\pi} \int_{\pi/3}^{2\pi/3} 2\sqrt{2} \cdot 112,627 \cdot \sin\theta d\theta - (6 \cdot 0,7) = \\ &= 304,2 - 4,2 = 300 \text{ V} \end{aligned}$$