

Lecture 2

دارات التحويل أحادية الطور

Single-Phase

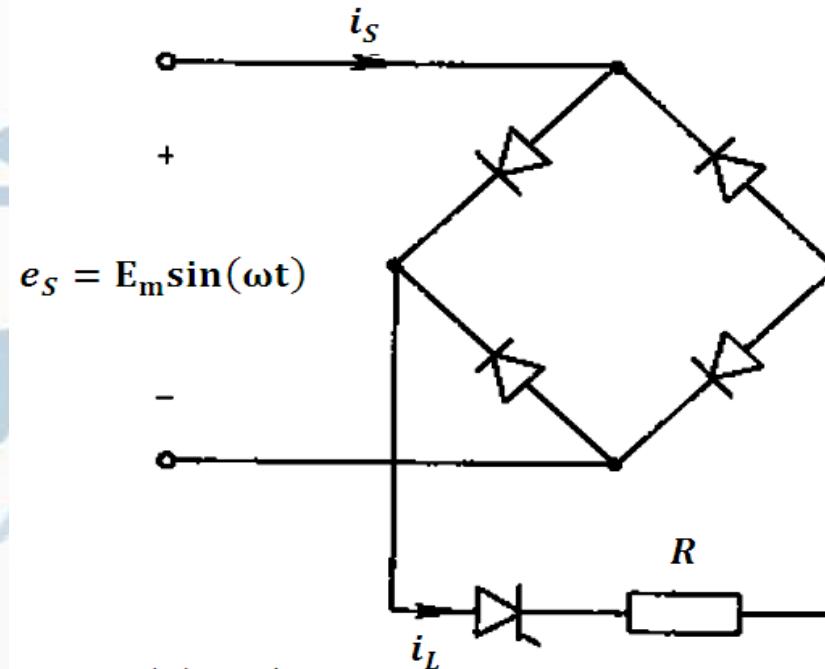
Controlled Rectifier

(CONVERTERS) Circuits

(SINGLE – PHASE CONTROLLED RECTIFIER CIRCUITS WITH SERIES R – L LOAD)

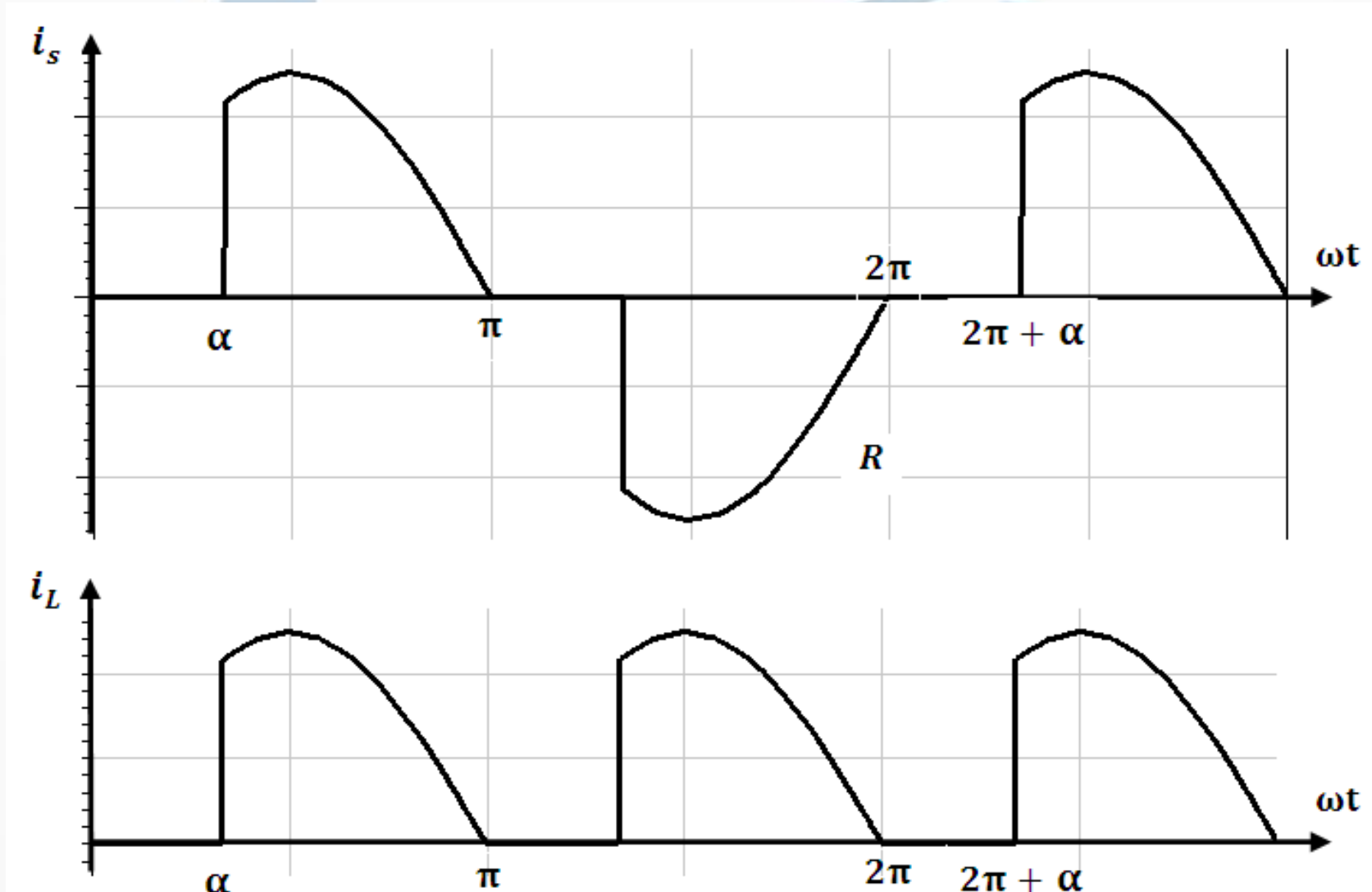
يبين الشكل دارة مبدلة أحادية الطور تغذى من منبع جهد متناوب جيبي
 $e_s = E_m \sin \omega t$ ، والمطلوب:

- رسم إشارات تيار المنبع والحمل عند العمل على زاوية تأخير α .
- كتابة معادلة تيار الحمل وتحديد القيمة الفعالة.
- تحديد القيمة المتوسطة لتيار الحمل عند العمل بزوايا تأخير $\alpha = 0; 60$.



الحل :

• رسم إشارات تيار المنبع والحمل عند العمل على زاوية تأخير α



1. كتابة معادلة تيار الحمل وتحديد القيمة الفعالة

$$i_L(\omega t) = \frac{E_m}{R} \cdot \sin(\omega t) \Big|_{\alpha}^{\pi} + \frac{E_m}{R} \cdot \sin(\omega t - \pi) \Big|_{\pi+\alpha}^{2\pi}$$

القيمة الفعالة:

$$I_L = \sqrt{\frac{1}{2\pi R} \int_0^{2\pi} i_L^2(\omega t) d\omega t}$$

$$= \sqrt{\frac{E_m^2}{2\pi \cdot R^2} \left\{ \int_{\alpha}^{\pi} \sin^2(\omega \cdot t) + \int_{\pi+\alpha}^{2\pi} \sin^2(\omega \cdot t) \right\}}$$

$$\int \sin^2 \omega t = \int \frac{1 - \cos 2\omega t}{2} d\omega t = \frac{\omega t}{2} - \frac{\sin 2\omega t}{4} \quad \text{و بما أن:}$$

بالتعويض في معادلة القيمة الفعالة لتيار الحمل نجد:

$$I_L^2 = \frac{E_m^2}{2\pi \cdot R^2} \left(\frac{\omega t}{2} - \frac{\sin 2\omega t}{4} \right) \Big|_{\alpha}^{\pi} + \frac{E_m^2}{2\pi \cdot R^2} \left(\frac{\omega t}{2} - \frac{\sin 2\omega t}{4} \right) \Big|_{\pi+\alpha}^{2\pi}$$

$$I_L^2 = \frac{E_m^2}{2\pi \cdot R^2} \left\{ \left(\frac{\pi - \alpha}{2} + \frac{\sin 2\alpha}{4} \right) + \left[\frac{2\pi - \pi - \alpha}{2} + \frac{\sin 2(\pi + \alpha)}{4} \right] \right\}$$

$$I_L^2 = \frac{E_m^2}{2\pi \cdot R^2} \left(\frac{\pi - \alpha}{2} + \frac{\sin 2\alpha}{4} + \frac{\pi - \alpha}{2} + \frac{\sin 2\alpha}{4} \right)$$

$$I_L = \frac{E_m}{\sqrt{2} \cdot R} \sqrt{\frac{1}{2\pi} [2(\pi - \alpha) + \sin 2\alpha]^2}$$

$$I_{L0^0} = \frac{E_m}{\sqrt{2} \cdot R} \quad \text{عند } (\alpha = 0^0) \text{ يكون:}$$

وعند $(\alpha = 60^0)$ يكون:

$$I_L = \frac{E_m}{\sqrt{2} \cdot R} \sqrt{\frac{1}{2\pi} (4.188 + 0.866)}$$

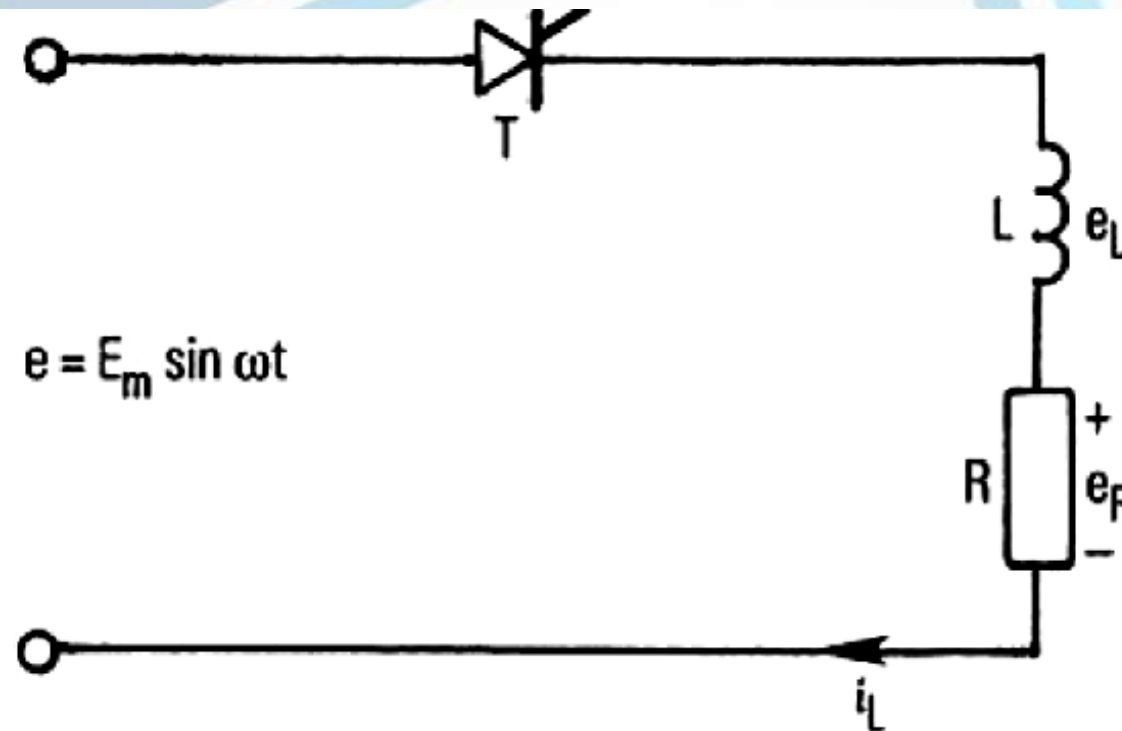
$$I_L = \frac{E_m}{\sqrt{2} \cdot R} \sqrt{\frac{5.054}{2\pi}} = \frac{E_m}{\sqrt{2} \cdot R} \sqrt{0.804}$$

$$I_{L60^0} = \frac{E_m}{\sqrt{2} \cdot R} (0.897) ; I_{Lpu} = \frac{I_{L60^0}}{I_{L0^0}} = 0.897$$

٢.٣: عمل المبدلة أحادية الطور على حمولات تسلسلية مختلطة (R – L):

(SINGLE – PHASE CONTROLLED RECTIFIER CIRCUITS WITH SERIES R – L LOAD)

١.٢.٣: مبدلة نصف موجة (Half – Wave Controlled Rectifier Circuit):



الشكل (7.3) دائرة مبدلة نصف موجة تعمل على حمولة تسلسلية مختلطة (R – L)

تعطى معادلة تيار الحمل ($i_L(\omega.t)$) بالمعادلة التالية:

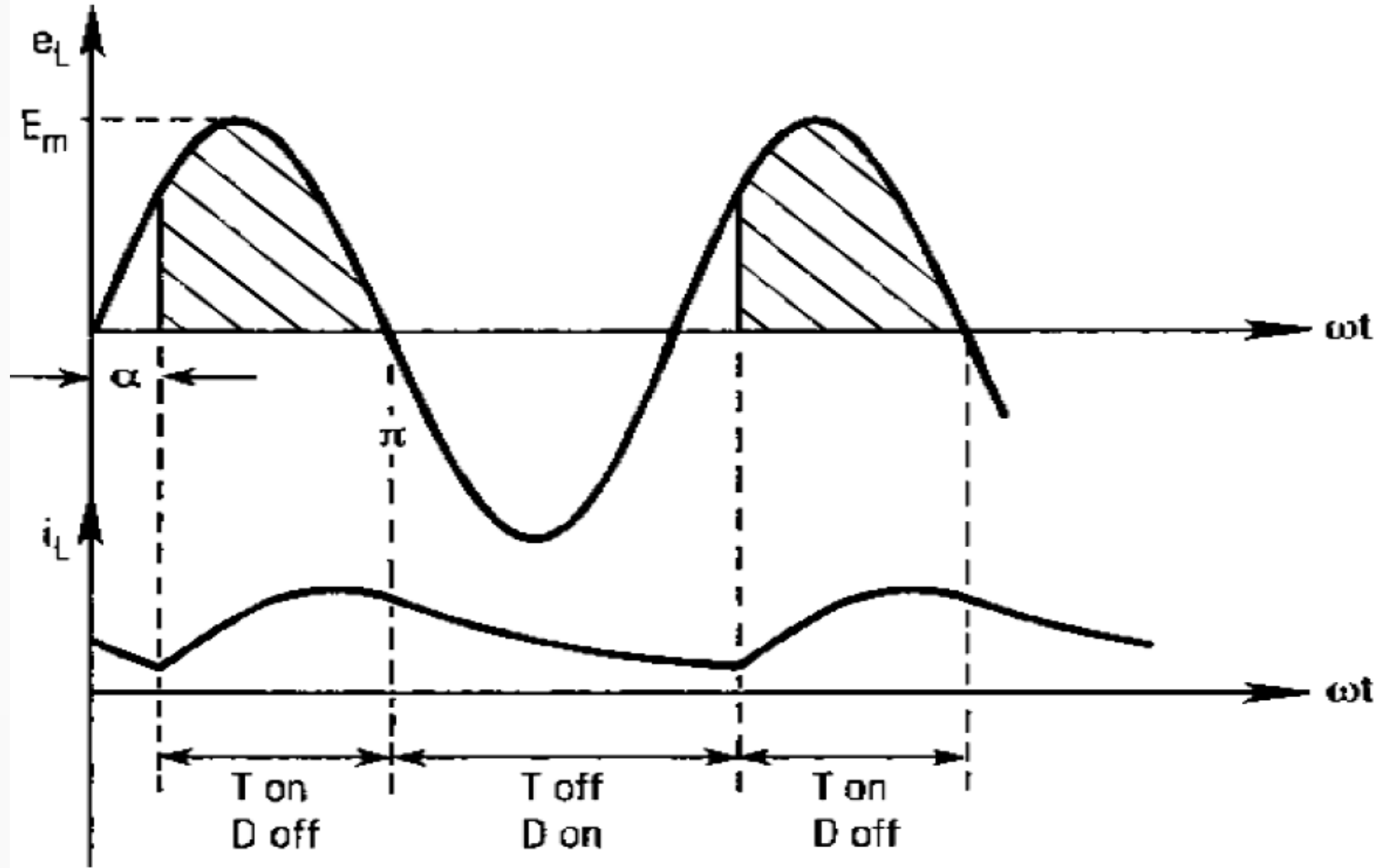
$$i_L(\omega.t) = \frac{E_m}{|Z|} \left[\sin(\omega t - \Phi) - \sin(\alpha - \Phi) e^{+\cot \Phi(\alpha - \omega t)} \right] \quad (46.3)$$

• يمكن زيادة فترة التوصيل والقيم الفعالة والمتوسطة لتيار الحمل عن طريق ربط دiod حر (freewheel diode FWD) أو ما يسمى في بعض الأحيان بالديود الصفري على أطراف الحمل (الشكل 10.3).

• يتم الحصول على تيار حمل غير متقطع عند العمل على حمولات ذات تحريضية عالية.

• يصبح الجهد على الثايرستور سالبا عند لحظة مرور الجهد اللحظي للمنبع بالصفر عابرا

من القيمة الموجبة إلى السالبة وعند هذه اللحظة يفصل الثايرستور.



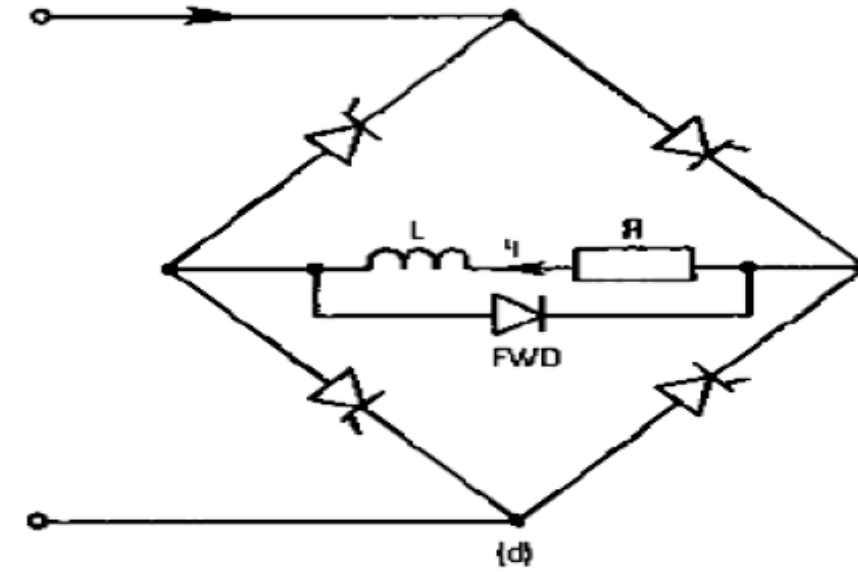
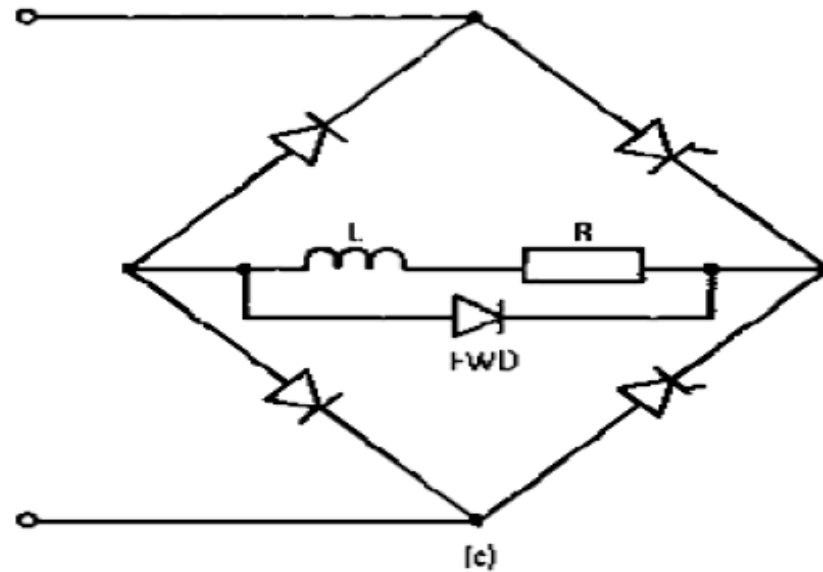
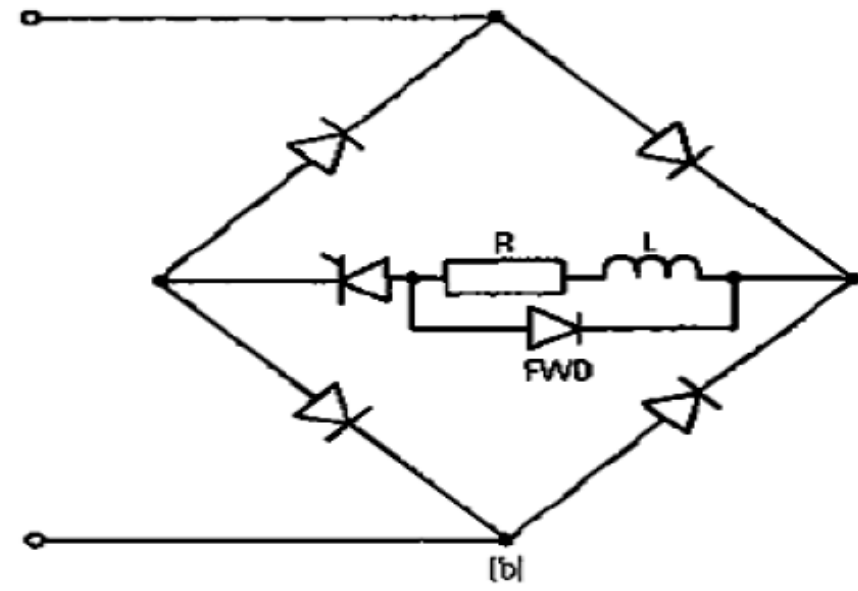
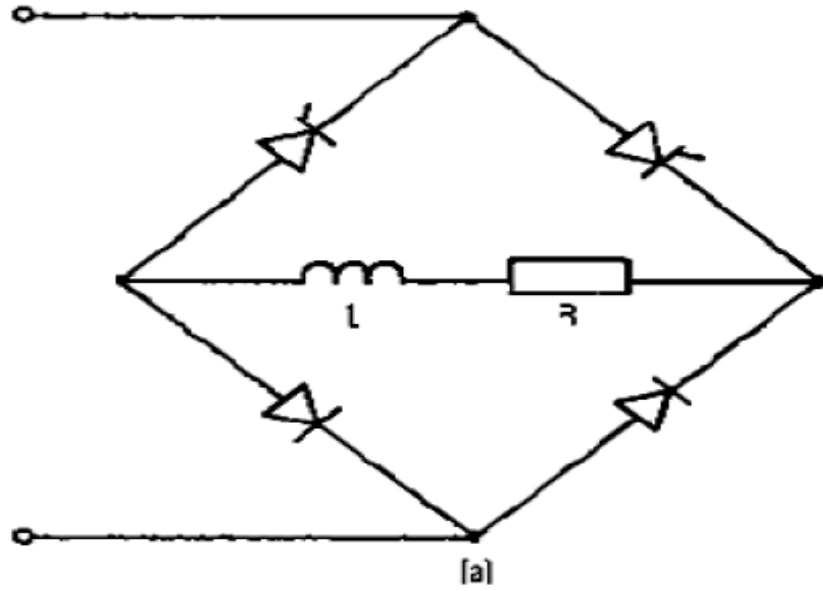
الشكل (11.3): إشارات تيار الحمل وجهده لدارة مبدلة نصف موجة مع ديود حر ($\alpha = 50^\circ$)

٢.٢.٣: مبدلة موجة كاملة (جسريه) أحادية الطور:

Single-Phase, Full-Wave Controlled Circuits

يبين الشكل (12.3) الأشكال المختلفة لدارة مبدلة موجة كاملة أحادية الطور.

- تستخدم في كثير من التطبيقات أحمال بمحارضات عالية من أجل تحقيق استمرارية تيار الحمل وزيادة القيمة المتوسطة (المستمرة) للتيار وتخفيض عامل التموج (ripple factor).
- تعتبر الدارة (b) الأكثر استخداماً من الناحية الاقتصادية نظراً لاستخدام ثايرستور وحيد في الدارة، لرخص ثمن الديودات مقارنة مع الثايرستورات والحاجة إلى دارة وحيدة لتوليد النبضات على بوابة الثايرستور وتوفير ديود حر (FWD).
- بينما تعتبر الدارة (d) الأكثر استخداماً من الناحية الفنية، نظراً لتوفر إمكانية التحكم الكامل واستخدامها كدارة عاكس وتوفير ديود حر (FWD).

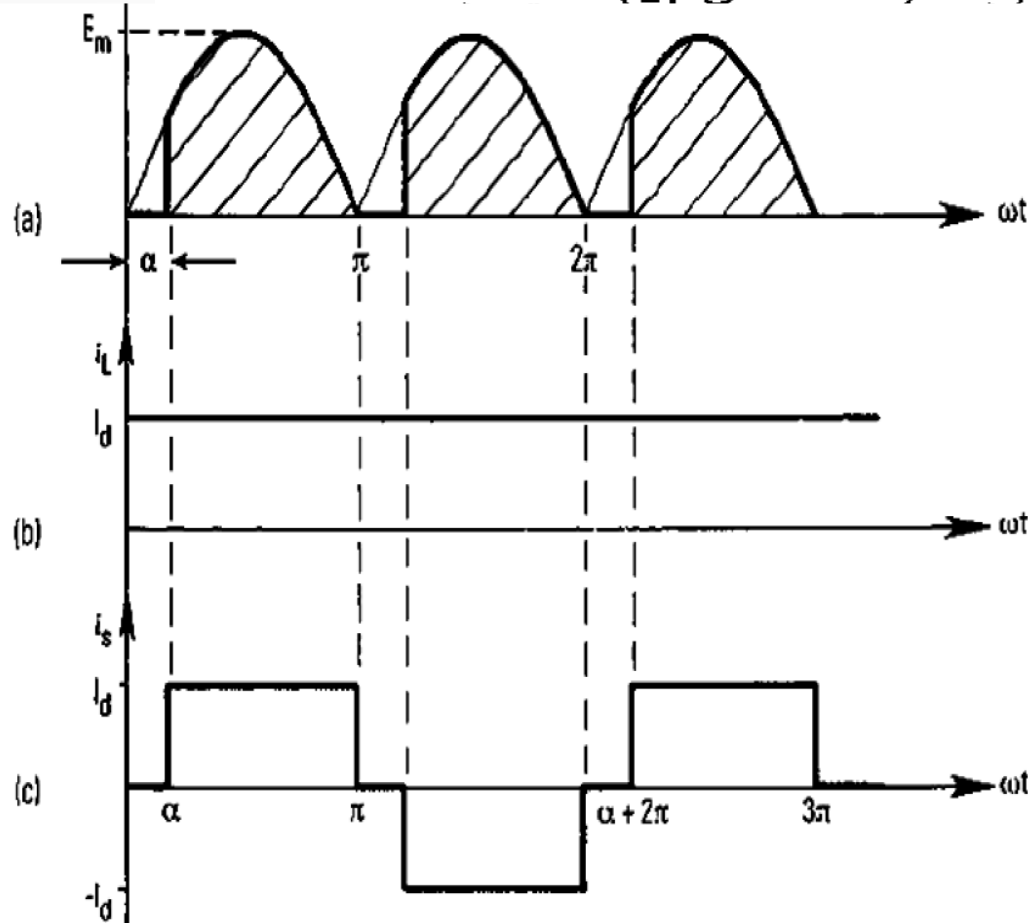


الشكل (12.3): التشكيلات المختلفة لدارة مبدلة موجة كاملة أحادية الطور.

أ - عمل دائرة المبدلة الجسرية عند ربط ديود حر على أطراف حمولة التحريضية:

يبين الشكل (13.3) إشارات كل من جهد وتيار الحمل ل دائرة المبدلة المبينة في الشكل

(d.12.3) عند عملها على زاوية تأخير $(\alpha = 30^\circ)$ وبمحاوضة حمل (L) عالية جدا.



القيمة المتوسطة لإشارة جهد الخرج

$$E_{av} = \frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\pi} E_m \sin \omega t d\omega t = \frac{E_m}{\pi} (1 + \cos \alpha)$$

القيمة المتوسطة لتيار الحمل

$$I_{av} = I_d$$

$$P_{out} = P_{in} = I_d^2 R$$

القيمة الفعالة لتيار المنبع:

$$I_s = \sqrt{\frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\pi} I_d^2 (\omega t) d\omega t} = I_d \sqrt{\frac{\pi - \alpha}{\pi}}$$

الشكل (13.3): إشارات كل من جهد الحمل وتياره لدائرة المبدلة المبينة في الشكل (d.12.3) عند عملها

على زاوية تأخير $(\alpha = 30^\circ)$ وبمحاوضة حمل (L) عالية جدا.

➤ نلاحظ أنه عند العمل على زاوية تأخير $(\alpha = 0)$ يكون $I_s = I_d$.

ومطال المركبة الأساسية لتيار المنبع:

$$I_{s1} = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} I_d \cos(\alpha/2) \quad (64.3)$$

➤ تتحدد زاوية فرق الصفحة بين جهد المركبات الأساسية للمنبع وتيارها بالزاوية

$(\psi_1 = \alpha/2)$ ، بذلك تكون استطاعة المنبع للمركبات الأساسية:

$$P = E I_{s1} \cos \psi_1 = E \frac{2\sqrt{2}}{\pi} I_d \cos^2(\alpha/2) \quad (64.3)$$

➤ تتشكل الاستطاعة الحقيقية للمنبع من مجموع الاستطاعات الحقيقية للمركبات المشكلة

لإشارات تيار المنبع وجهد، وبما أن إشارة جهد المنبع جيبية بحتة (لا تحوي على توافقيات عليا)

فإن استطاعة المنبع تعادل الاستطاعة الناتجة عن المركبات الأساسية فقط.

نحدد عامل استطاعة الدارة اعتمادا على المعادلات (63.3) و(64.3) :

$$PF = \frac{P}{E I_s} = \frac{E \frac{2\sqrt{2}}{\pi} I_d \cos^2(\alpha/2)}{E I_d \sqrt{\frac{\pi - \alpha}{\pi}}} = 2 \sqrt{\frac{2}{\pi} \frac{\cos^2(\alpha/2)}{\sqrt{\pi - \alpha}}} \quad (65.3)$$

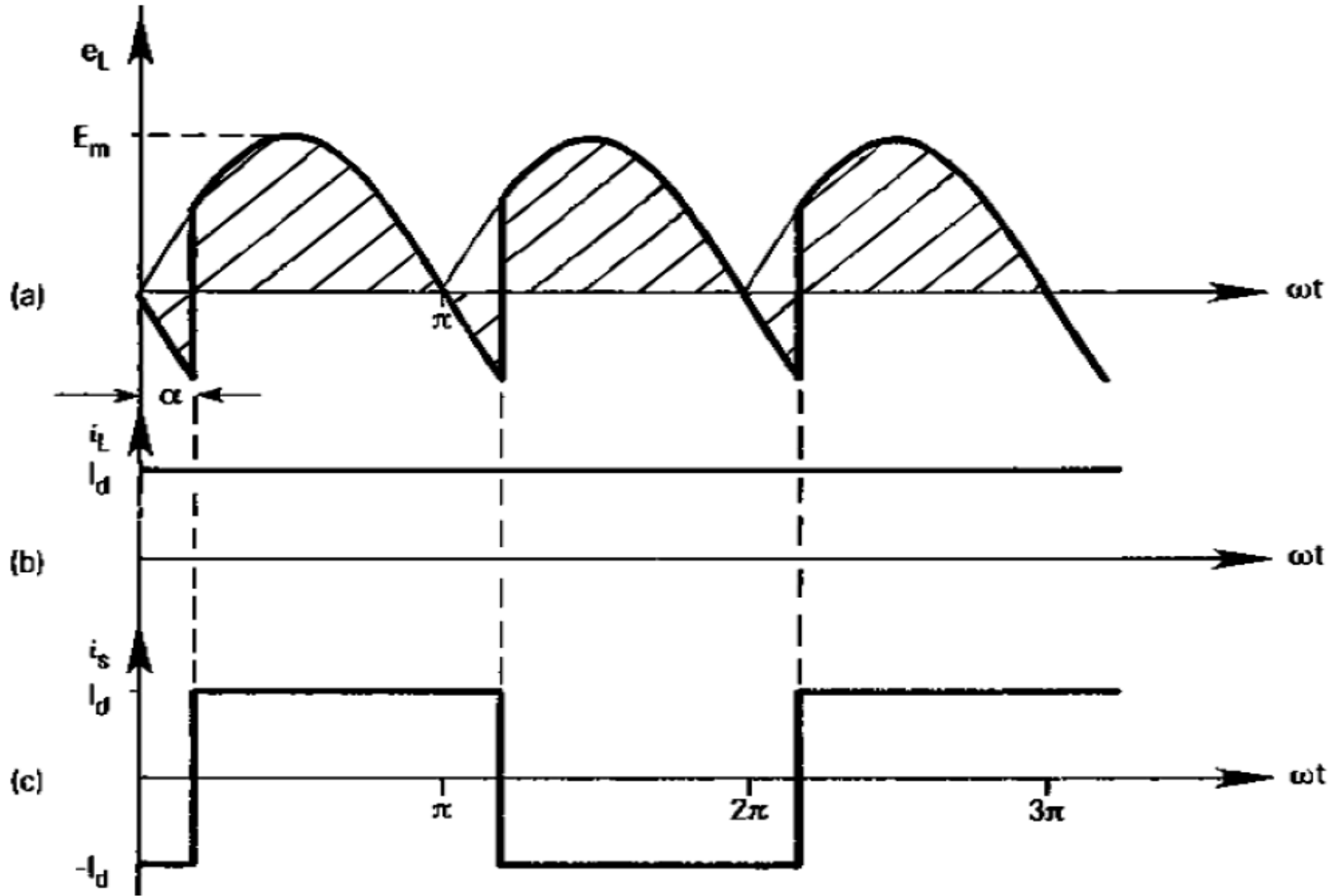
• يكون عامل الاستطاعة للدارة مساويا ($PF = 0.9$) عند العمل على زاوية تأخير

($\alpha = 0$)، وينخفض عامل الاستطاعة عند العمل على زوايا تأخير مرتفعة.

ب- عمل دائرة المبدلة الجسرية بدون ديود حر:

سوف نستعرض فيما يلي تحليل دائرة المبدلة المبينة بالشكل (d. 12.3) عند عدم توفر ديود حر على أطراف الحمل.

يبين الشكل (14.3) إشارات كل من جهد الحمل وتياره لدائرة المبدلة المبينة في الشكل (d.12.3) بدون ديود حر وعند عملها على $(\alpha = 30^0)$ وبمحاكاة حمل (L) عالية جدا.



الشكل (14.3): إشارات كل من جهد وتيار الحمل لدارة المبدلة المبينة في الشكل (d.12.3) بدون ديود حر وعند عملها على زاوية تأخير ($\alpha = 30^\circ$) وبمحاوضة حمل (L) عالية جدا.

• بمقارنة الحالتين نجد زيادة القيمة الفعالة لتيار المنبع لحالة عدم توفر ديود حر وبالتالي عامل استطاعة أقل.

تعطى القيمة المتوسطة لإشارة جهد الخرج بالمعادلة:

$$E_{av} = \frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\pi+\alpha} E_m \cdot \sin \omega t \, d\omega t = \frac{2 E_m}{\pi} \cos \alpha \quad (66.3)$$

تحدد القيمة المتوسطة لتيار الحمل بالمعادلة:

$$I_{av} = I_d = \frac{E_{av}}{R} \quad (67.3)$$

والقيمة الفعالة لجهد الخرج:

$$E_L = \frac{E_m}{\sqrt{2}} \quad (68.3)$$