Lecture 3

جَامعة المَنارة

MANARA UNIVERSITY

دارات المبدلات أحادية الطور

Single-Phase

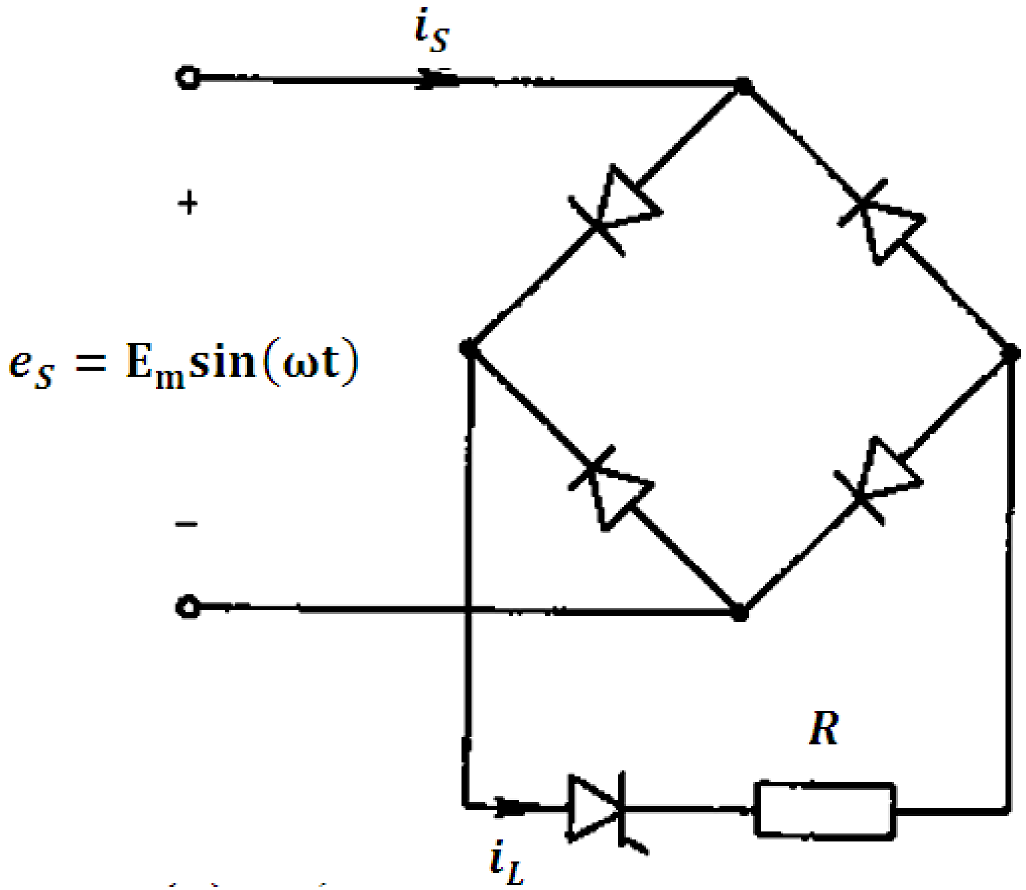
Controlled Rectifier

(CONVERTERS) Circuits

SINGLE PHASE CONTROLLED RECTIFIER CIRCUITS WITH SERIES R – L LOAD

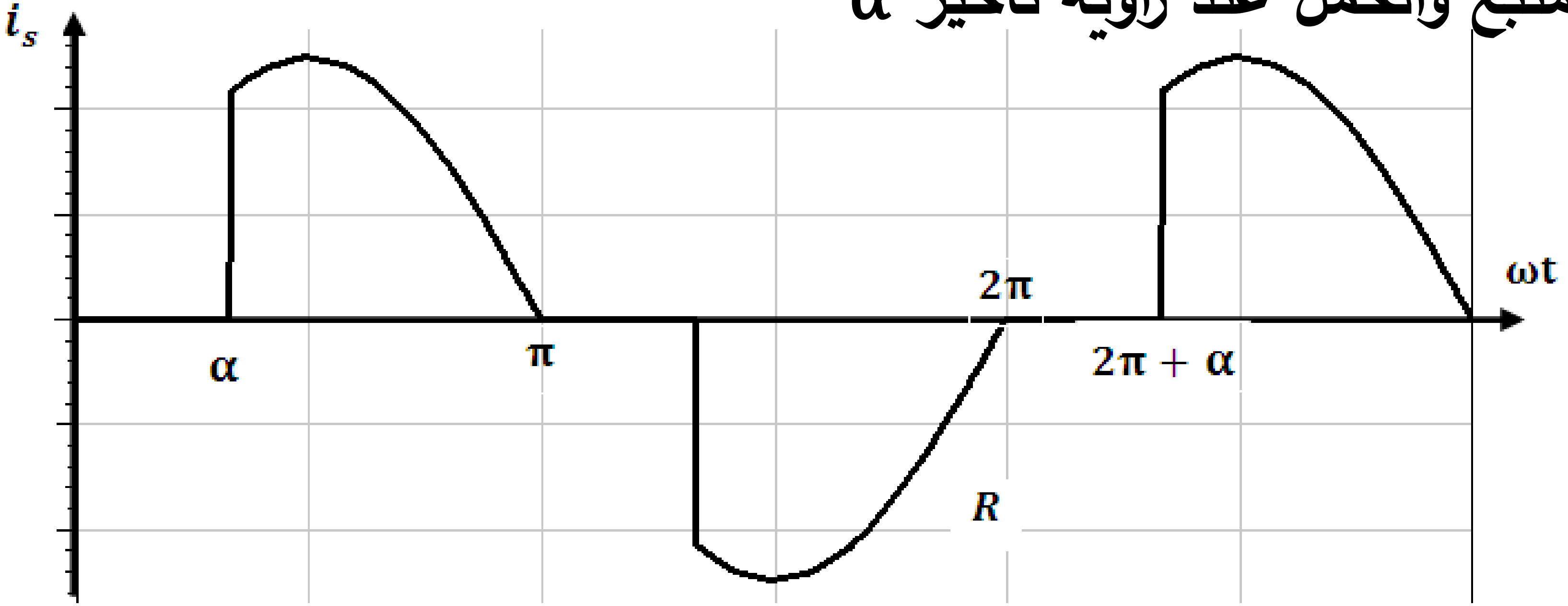
يبين الشكل دارة مبدلة أحادية الطور تغذى من منبع جهد متناوب جيبي es=Em..sinωt، والمطلوب:

- 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 α=0 ;60.

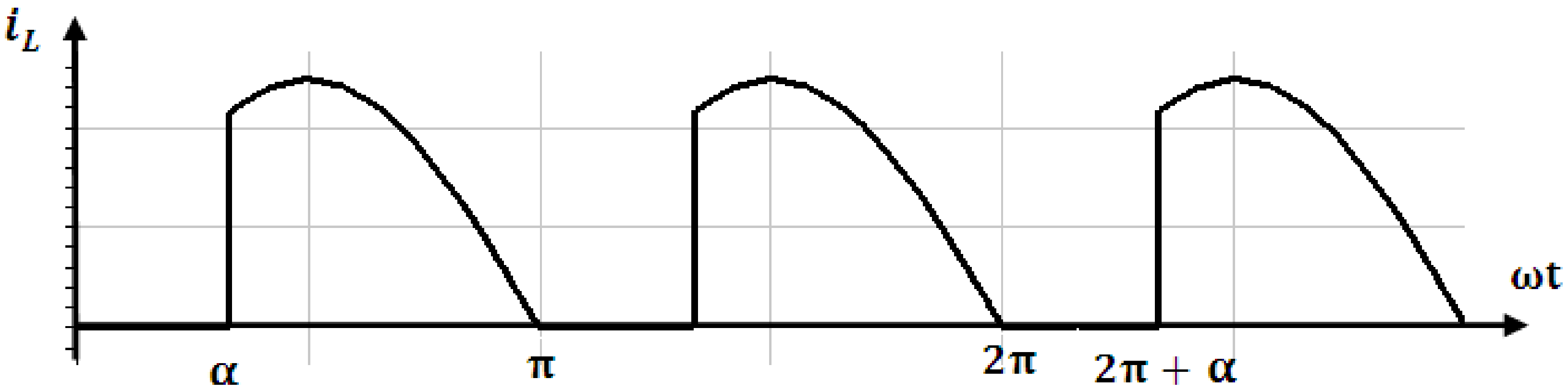


الحل :

- رسم إشارات تيار المنبع والحمل عند زاوية تأخير α



تيار المنبع



تيار الحمل

1.كتابة معادلة تيار الحمل وتحديد القيمة الفعالة

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

القيمة الفعالة

$$I_L = \sqrt{\frac{1}{2\pi R}\int_0^{2\pi} {i_L}^2(\omega t)\, d\omega t} = \sqrt{\frac{{E_m}^2}{2\pi . R^2}\left\{\int_{\alpha}^{\pi} sin^2(\omega . t) + \int_{\pi+\alpha}^{2\pi} sin^2(\omega . t)\right\}}$$

و بما أن:

$$\int sin^2\omega t = \int \frac{1-cos2\omega t}{2} d\omega t = \frac{\omega t}{2} - \frac{sin2\omega t}{4}$$

بالتعويض في معادلة القيمة الفعالة لتيار الحمل نجد:

$$I_L^2 = \frac{{E_m}^2}{2\pi . R^2}\left(\frac{\omega t}{2} - \frac{sin2\omega t}{4}\right)\Big|_{\alpha}^{\pi} + \frac{{E_m}^2}{2\pi . R^2}\left(\frac{\omega t}{2} - \frac{sin2\omega t}{4}\right)\Big|_{\pi+\alpha}^{2\pi}$$

$$I_L^2 = \frac{{E_m}^2}{2\pi . R^2}\left\{\left(\frac{\pi - \alpha}{2} + \frac{sin2\alpha}{4}\right) + \left[\frac{2\pi - \pi - \alpha}{2} + \frac{sin2(\pi+\alpha)}{4}\right]\right\}$$

$$I_L^2 = \frac{{E_m}^2}{2\pi . R^2}\left(\frac{\pi - \alpha}{2} + \frac{sin2\alpha}{4} + \frac{\pi - \alpha}{2} + \frac{sin2\alpha}{4}\right)$$

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

عند $(\alpha = 0^0)$ يكون:

$$I_{L_{0^0}} = \frac{E_m}{\sqrt{2}.R}$$

وعند $(\alpha = 60^0)$ يكون:

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

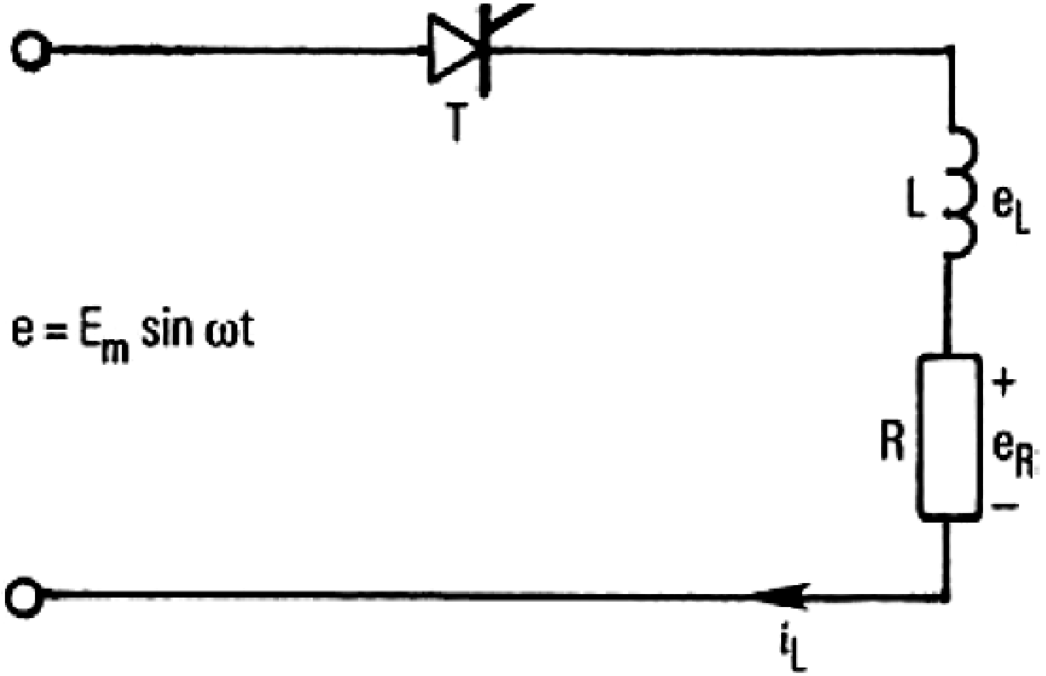
$$I_L = \frac{E_m}{\sqrt{2}.R}\sqrt{\frac{5.054}{2\pi}} = \frac{E_m}{\sqrt{2}.R}\sqrt{0.804}$$

$$I_{L_{60^0}} = \frac{E_m}{\sqrt{2}.R}(0.897) \quad ; \quad I_{L_{pu}} = \frac{I_{L_{60^0}}}{I_{L_{0^0}}} = 0.897$$

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

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

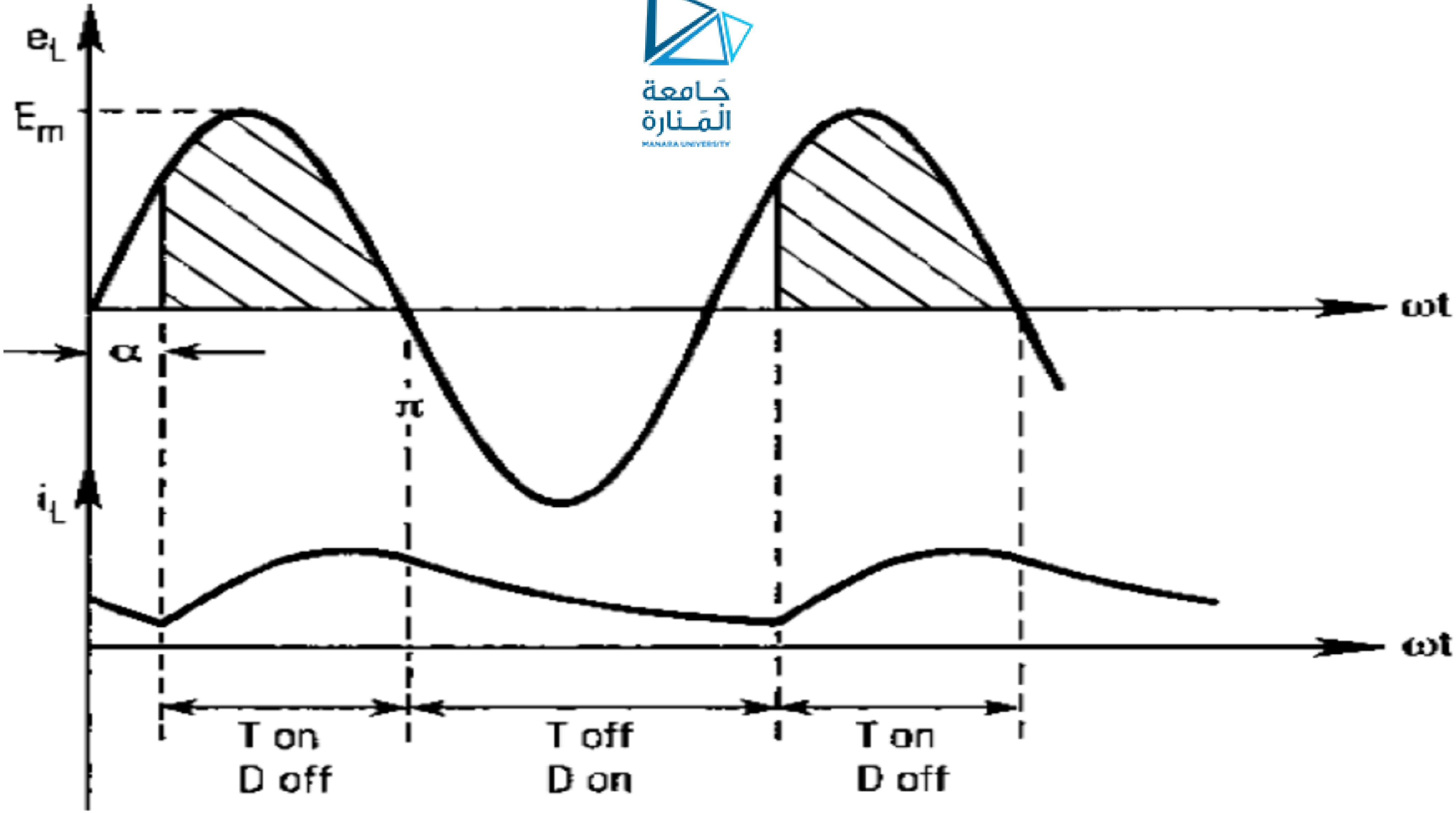
١.٢.٣: مبدلة نصف موجة (Half – Wave Controlled Rectifier Circuit):



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

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

- يمكن زيادة فترة التوصيل والقيم الفعالة والمتوسطة لتيار الحمل عن طريق ربط ديود 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($\alpha = 50^0$)

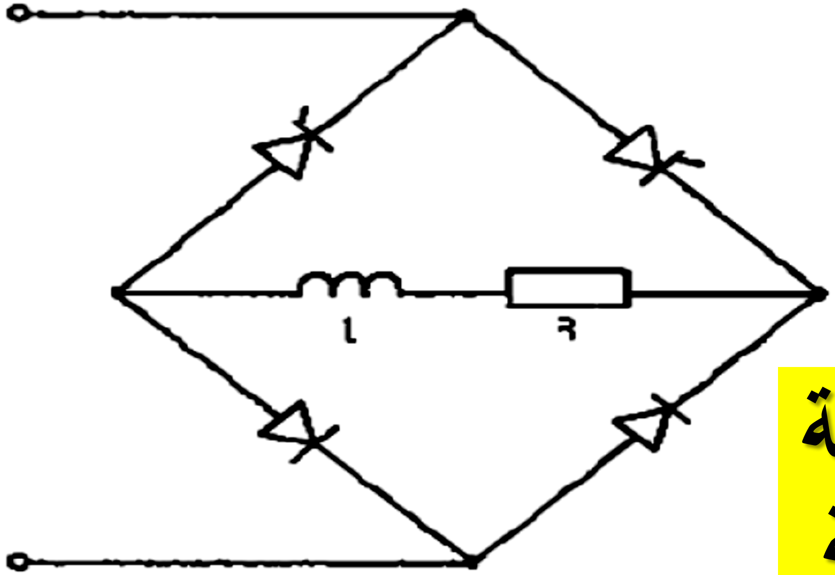
٢.٢.٣: مبدلة موجة كاملة (جسريه) أحادية الطور:

Single-Phase, Full-Wave Controlled Circuits

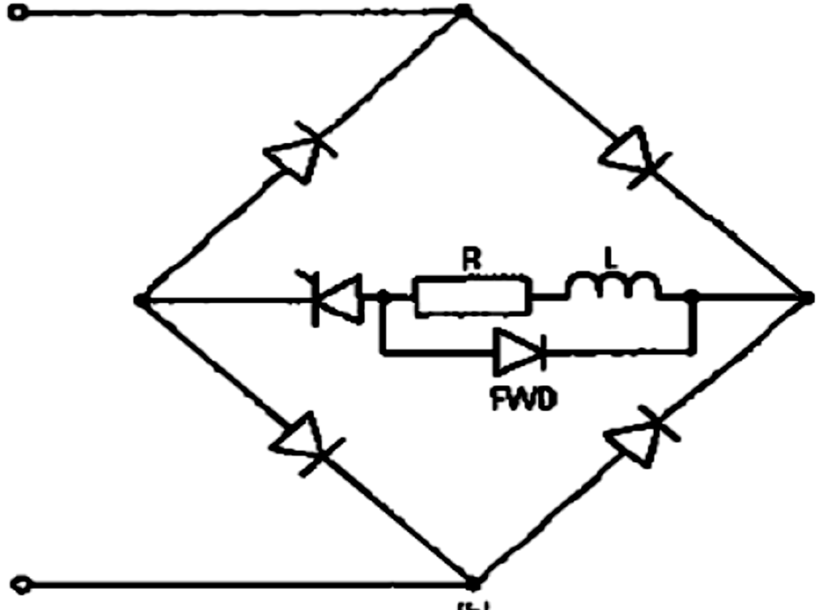
يبين الشكل (12.3) الأشكال المختلفة لدارة مبدلة موجة كاملة أحادية الطور.

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

مبدلة موجة كاملة (جسريه) أحادية الطور:
Single-Phase, Full-Wave Controlled Circuits

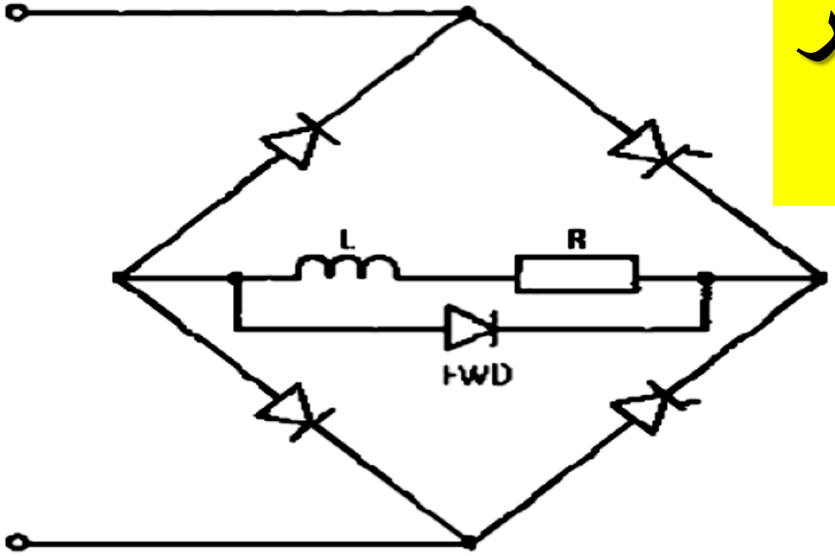


(a)

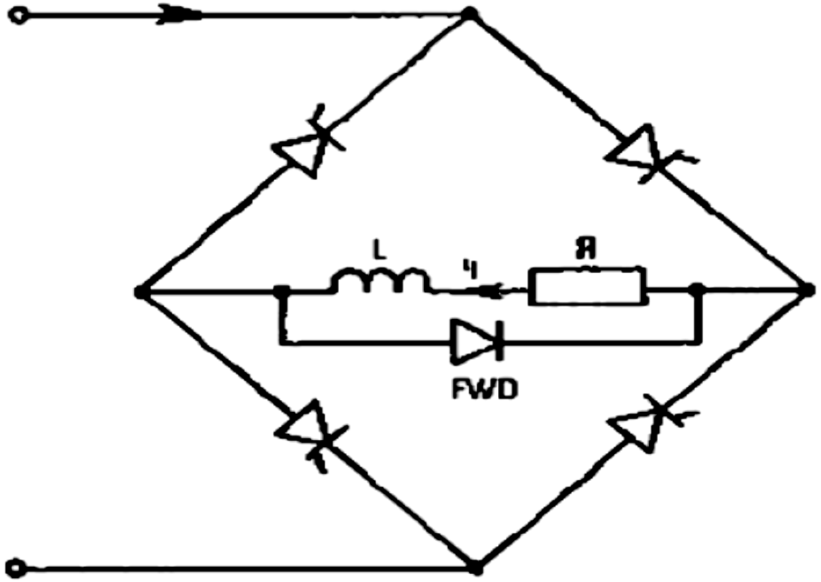


(b)

التشكيلات المختلفة لدارة مبدلة موجة كاملة احادية الطور بحمولة مختلطة

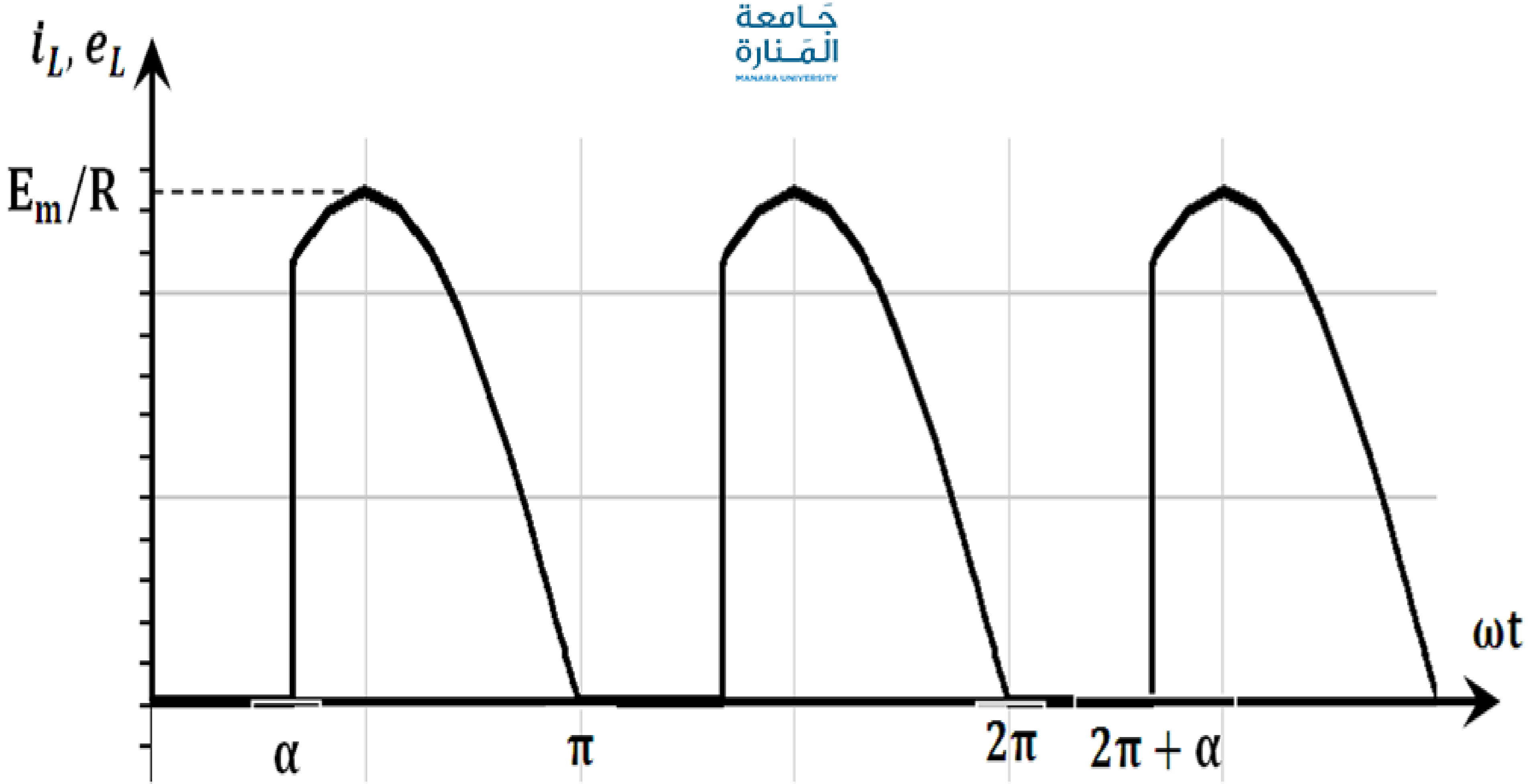


(c)



(d)

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



إشارة جهد وتيار الخرج عند عمل المبدلة على حمولة أومية وبزاوية تأخير α.

تتحدد معادلة القيمة اللحظية لإشارة جهد الخرج بالعلاقة التالية :

$$e_L(\omega t) = E_m . \sin(\omega t) \Big|_{\alpha}^{\pi} + E_m . \sin(\omega t - \pi) \Big|_{\pi+\alpha}^{2\pi}$$

تتحدد القيمة المتوسطة لإشارة جهد الخرج والتي تعادل ضعف القيمة في مبدلات نصف الموجة بالمعادلة التالية:

$$\boxed{E_{av} = \frac{E_m}{\pi}(1 + cos\alpha)}$$

والقيمة الفعالة لإشارة تيار الخرج:

$$I_L = \sqrt{\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} {i_L}^2(\omega t)\, d\omega t} = \frac{E_m}{\sqrt{2}R}\sqrt{\frac{1}{2\pi}[2(\pi - \alpha) + \sin 2\alpha]}$$

نستنتج عامل التموج لإشارة تيار الحمل

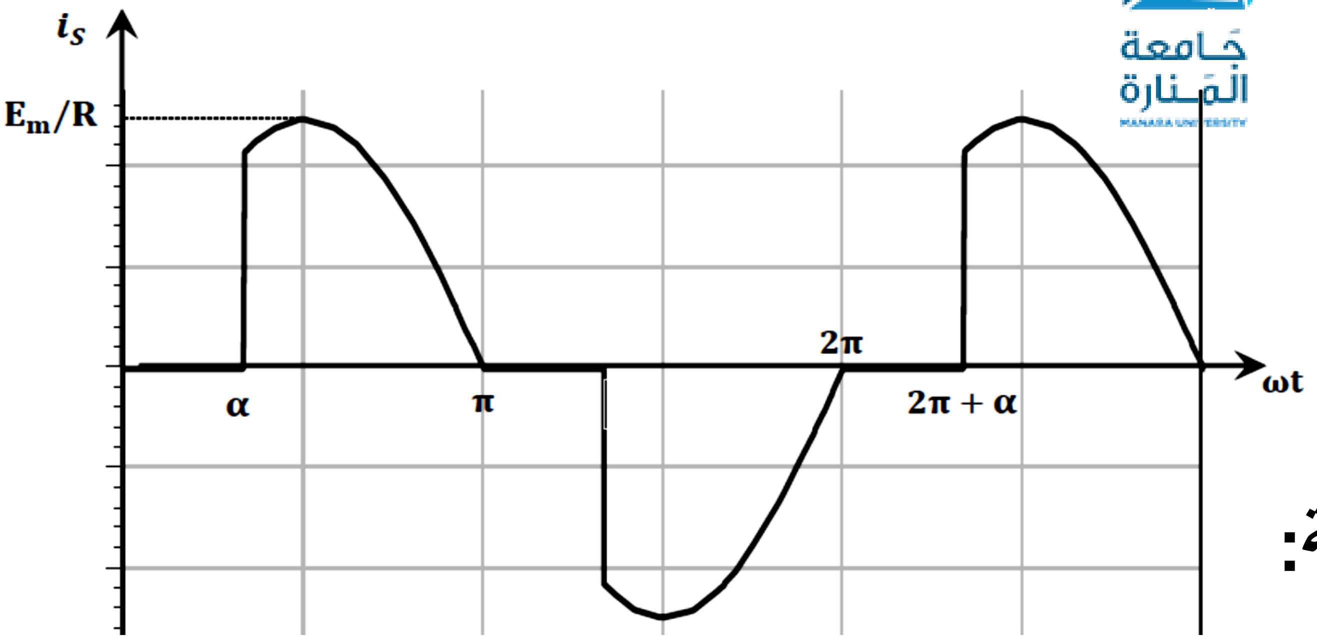
$$RF = \frac{\sqrt{I_L^2 - I_{av}^2}}{I_{av}} = \sqrt{\left(\frac{I_L}{I_{av}}\right)^2 - 1} = \sqrt{\frac{\pi}{4}}\sqrt{\frac{2(\pi-\alpha)+\sin 2\alpha}{(1+\cos\alpha)^2} - 1}$$

بتعويض $\alpha=0$ نستنتج قيمة عامل التموج لإشارة تيار الحمل لدارة التقويم والتي كانت تعادل $RF=0.48$.

- تتحدد الاستطاعة الفعلية المصروفة في الحمل والتي تعادل ضعف قيمتها في مبدلات نصف الموجة بالعلاقة التالية:

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

يبين الشكل إشارة تيار المنبع.



نلاحظ أن القيمة المتوسطة لإشارة تيار المنبع تكون مساوية للصفر، وأن هذه الإشارة لا تحوي على توافقيات زوجية.

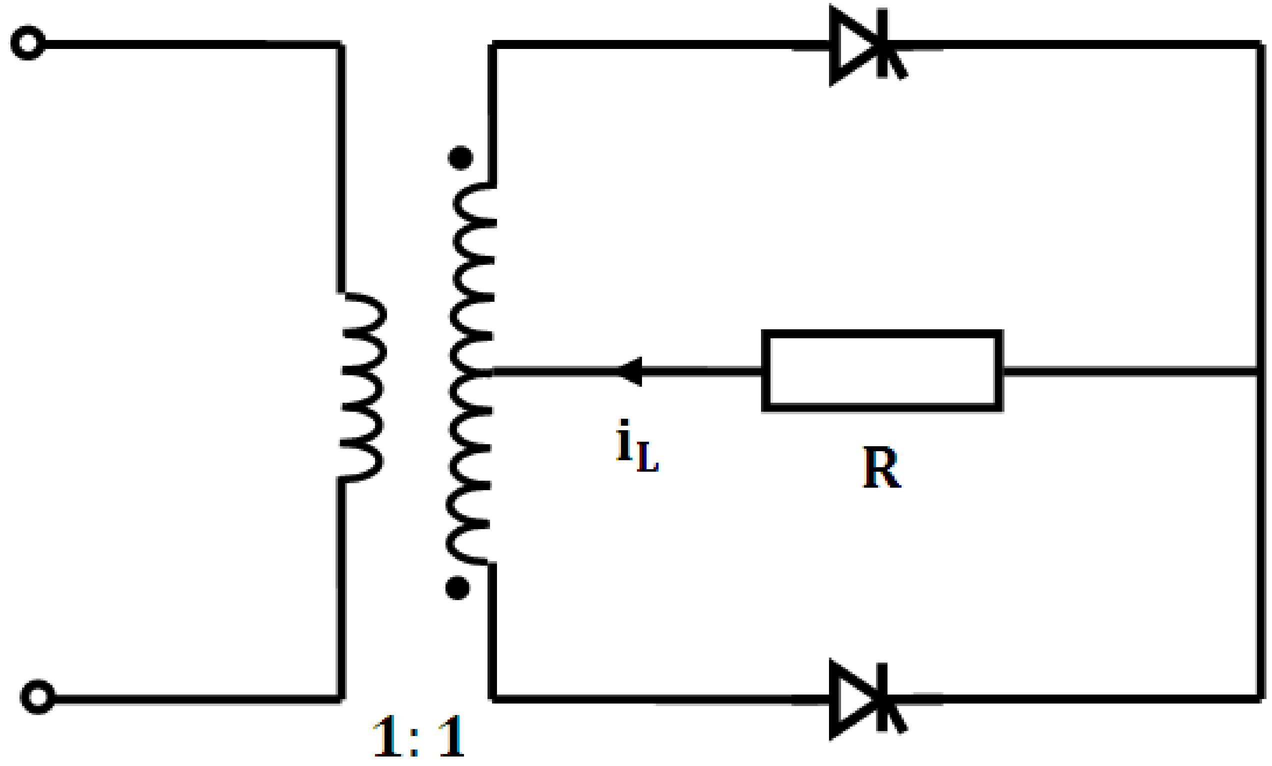
تتحدد القيمة الفعالة لإشارة تيار المنبع بالعلاقة:

$$I_S = \sqrt{\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} i_s{}^2(\omega t)d\omega t} = \frac{E_m}{\sqrt{2}R}\sqrt{\frac{1}{2\pi}[2(\pi-\alpha)+\sin 2\alpha]}$$

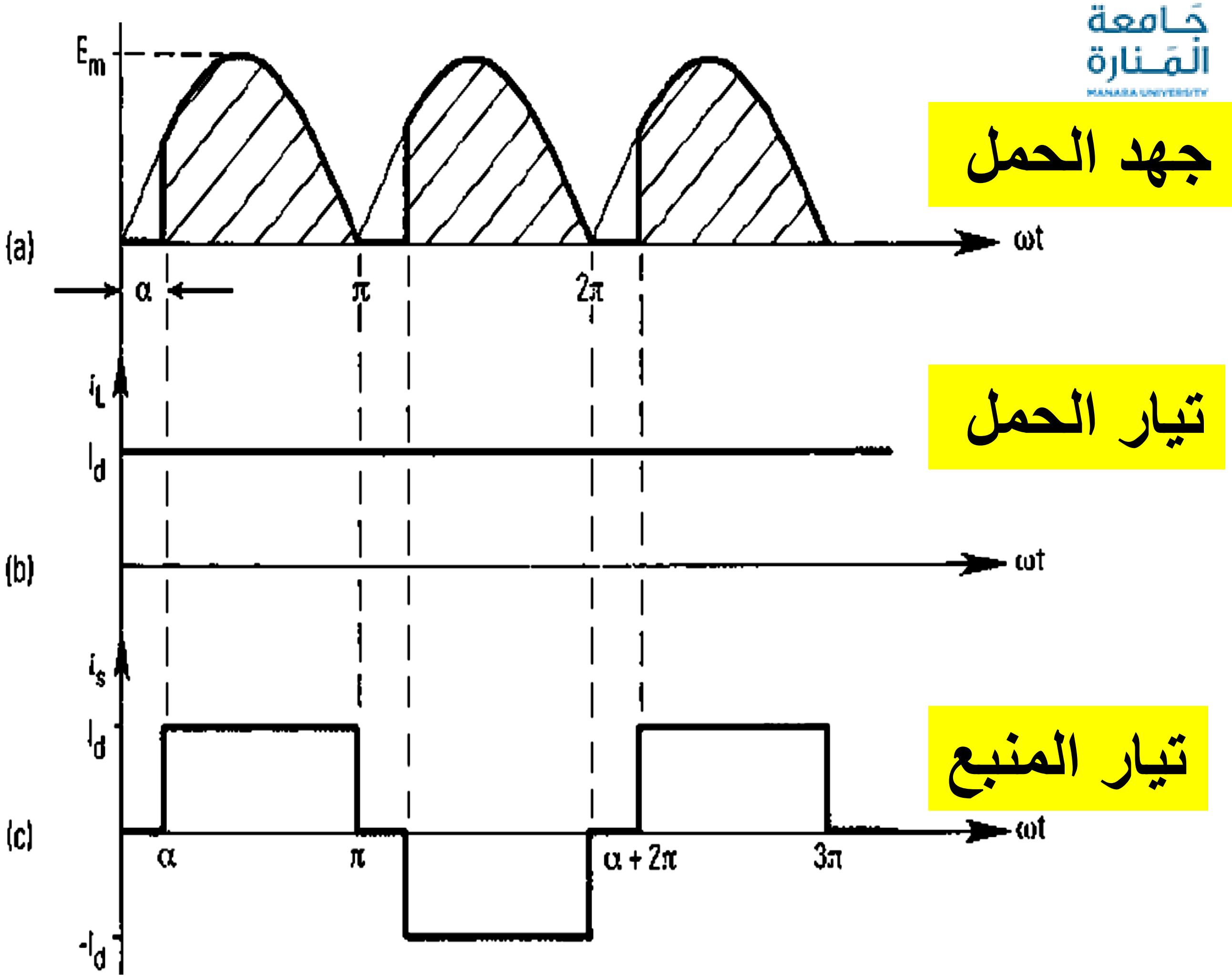
- لاحظ أن القيمة الفعالة لتيار المنبع تعادل القيمة الفعالة لتيار الحمل.
- يمكن استنتاج عامل الاستطاعة للمبدلة بالعلاقة:

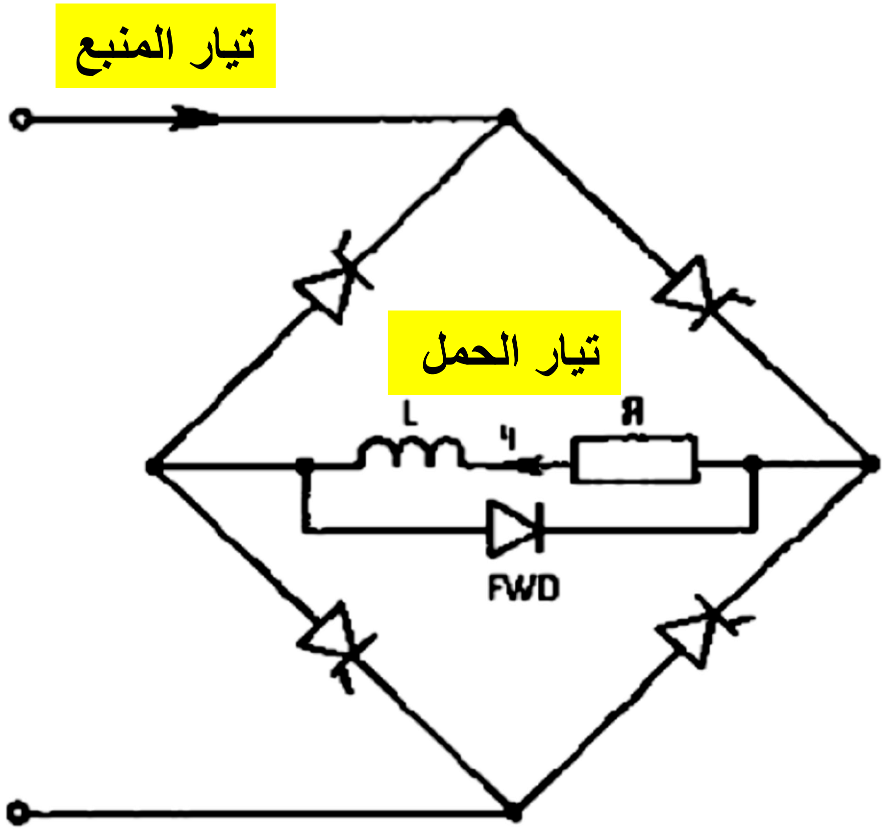
$$PF = \sqrt{\frac{1}{2\pi}[2(\pi-\alpha)+\sin 2\alpha]}$$

يمكن تشكيل المبدلة ذات الموجة الكاملة بمبدلة ذات نقطة مشتركة وباستخدام محول ذي نقطة مشتركة على الطرف الثانوي



عمل دارة المبدلة الجسرية عند ربط ديود حر على أطراف حمولة التحريضية:





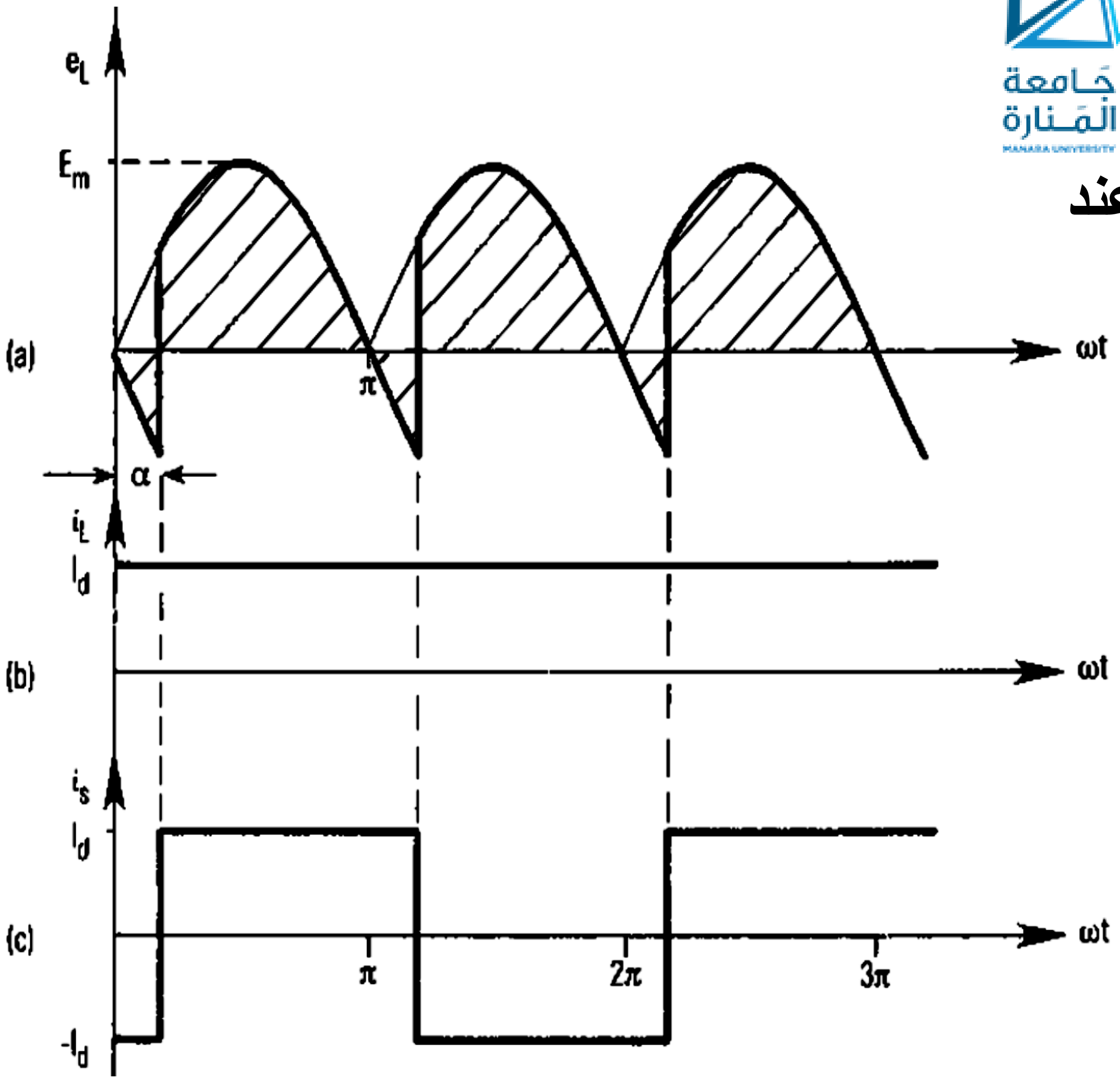
إشارات كل من جهد وتيار الحمل لدارة المبدلة عند عملها على $(\alpha = 30^0)$ وبمحارضة حمل **(L)** عالية.

خصائص دارة المبدلة الجسرية

عند ربط ديود حر على أطراف حمولة التحريضية:

• القيمة المتوسطة لإشارة جهد الخرج بالمعادلة:	$E_{av} = \frac{1}{\pi}\int_{\alpha}^{\pi} E_m \sin \omega t \, d\omega t = \frac{E_m}{\pi}(1 + \cos\alpha)$
• القيمة المتوسطة لتيار الحمل بالمعادلة:	$I_{av} = \frac{E_{av}}{R}$
• القيمة الفعالة لتيار الحمل:	$I_{av} = I_d$
• القيمة الفعالة لتيار المنبع:	$I_s = \sqrt{\frac{1}{\pi}\int_{\alpha}^{\pi} {I_d}^2 (\omega t) d\omega t} = I_d\sqrt{\frac{\pi - \alpha}{\pi}}$
• الاستطاعة المصروفة في (R) واستطاعة المنبع	$P_{out} = P_{in} = I_d^2 R$
• عامل استطاعة الدارة	$PF = \frac{P}{E\, I_S} = \frac{E\frac{2\sqrt{2}}{\pi} I_d \cos^2(\alpha/2)}{E I_d \sqrt{\frac{\pi - \alpha}{\pi}}} = 2\sqrt{\frac{2}{\pi}}\frac{\cos^2(\alpha/2)}{\sqrt{\pi - \alpha}}$

عمل دارة المبدلة الجسرية على حمولة تحريضية بدون ديود حر:



يبين الشكل إشارات كل من جهد الحمل وتياره عند $(\alpha = 30^0)$ وبمحارضة حمل (L) عالية جدا.

تعطى القيمة المتوسطة لإشارة جهد الخرج بالمعادلة:

$$E_{av} = \frac{1}{\pi}\int_{\alpha}^{\pi+\alpha} E_m . \sin\omega t \, d\omega t = \frac{2\,E_m}{\pi} cos\alpha$$

تتحدد القيمة المتوسطة لتيار الحمل بالمعادلة:

$$I_{av} = I_d = \frac{E_{av}}{R}$$

والقيمة الفعالة لجهد الخرج:

$$E_L = \frac{E_m}{\sqrt{2}}$$