MECATRONICS

Lecture 1

دارات المبدلات أحادية الطور

Single-Phase

Controlled Rectifier

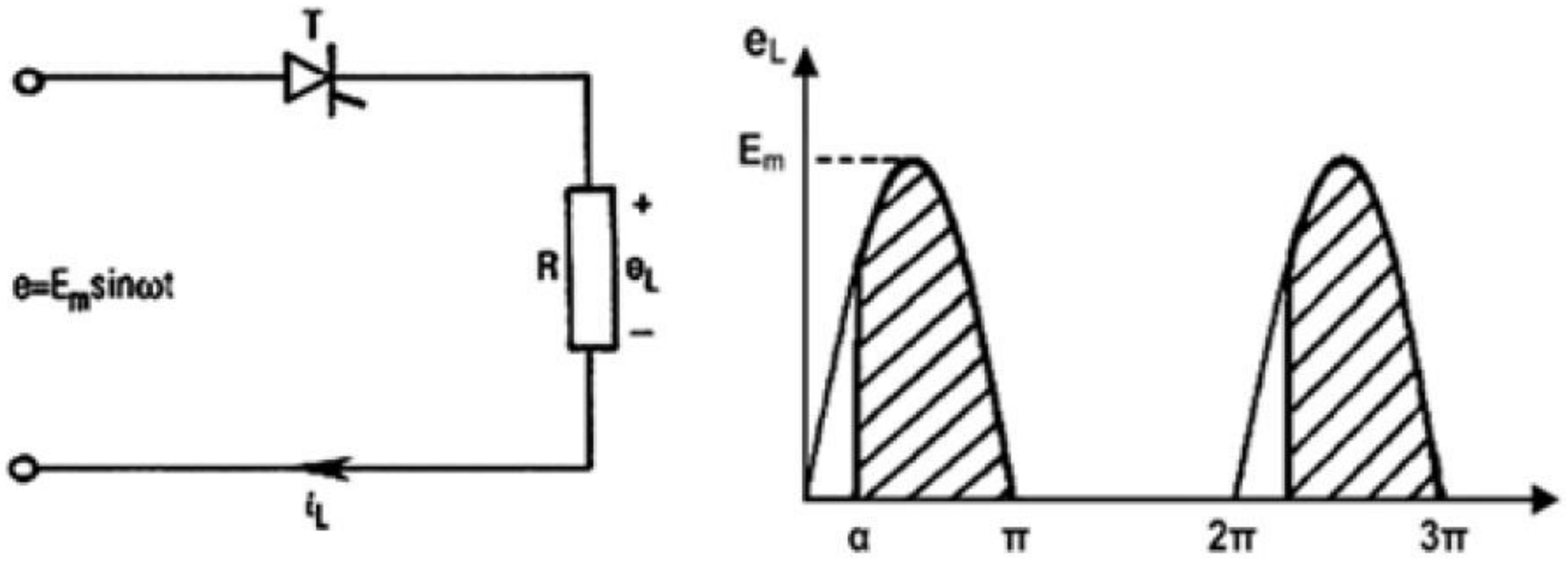
(CONVERTERS) Circuits

(SINGLE PHASE CONTROLLED RECTIFIER CIRCUITS WITH R LOAD)

١.٣: عمل المبدلات أحادية الطور على حمولة أومية:

(Single-Phase Controlled Circuits with Resistive Load)

١.١.٣: مقوم نصف موجة قابل للضبط (مبدلة نصف موجة):



الشكل (1.3): دارة مبدلة بنصف موجة و إشارة جهد الحمل (e_L) عند زاوية تأخير $(\alpha = 60^0)$.

- نستنتج مما سبق أن فترة توصيل الثايرستور خلال الدور الواحد تكون محدودة بالمجال $(\alpha \le \omega t \le \pi)$(انظر الشكل 1.3)، بذلك يمكن تنظيم الاستطاعة المصروفة في الحمل بتنظيم زاوية التأخير (α).
- تكون الاستطاعة المصروفة في الحمل عظمى عند العمل على $(\alpha = 0)$ ومساوية للصفر عند العمل على $(\alpha = \pi)$.
- نظراً لكون الحمولة أومية، فإن شكل إشارة تيار الحمل يكون مشابهاً لإشارة جهد الحمل المبينة على الشكل (1.3).

٢. محددات (بارامترات) الدارة:

تكتب علاقة القيمة اللحظية لجهد الحمل وفق المعادلة التالية:

$$e_L(\omega t) = E_m . \sin(\omega t)\Big|_{\alpha, 2\pi+\alpha, \ldots}^{\pi, 3\pi, \ldots} \qquad (1.3)$$

القيمة المتوسطة لإشارة جهد الخرج تعطى بالمعادلة التالية:

$$E_{av} = \frac{1}{2\pi}\int_{\alpha}^{\pi} e_L(\omega t)d\omega t = \frac{E_m}{2\pi}(1 + cos\alpha) \qquad (2.3)$$

القيمة الفعالة لإشارة جهد الحمل (E_L):

$$E_L = \sqrt{\frac{1}{2\pi}\int_{\alpha}^{\pi} e_L{}^2\,(\omega t)d\omega t} = \frac{E_m}{2}\sqrt{\frac{1}{2\pi}[2(\pi-\alpha)+\sin 2\alpha]} \qquad (3.3)$$

ومنها نحدد القيمة الفعالة لإشارة تيار الحمل (I_L):

$$I_L = \frac{E_L}{R} = \frac{E_m}{2.R}\sqrt{\frac{1}{2\pi}[2(\pi-\alpha)+\sin 2\alpha]} \qquad (4.3)$$

عامل تموج إشارة جهد الحمل (RF) وفق المعادلات (4.3) , (2.3) يعطى كما يلي:

$$RF = \sqrt{\left(\frac{E_L}{E_{av}}\right)^2 - 1}$$

$$RF = \sqrt{\frac{\pi[(\pi-\alpha)+(1/2)\sin 2\alpha]}{(1+\cos\alpha)^2} - 1} \qquad (5.3)$$

- يتناسب عامل التموج طردا مع زاوية التأخير ويأخذ قيمته الصغرى عند $(\alpha = 0)$.

تكون قيمة عامل التموج مساوية (1.21) عند العمل على $(\alpha = 0)$ ويزداد ليصل إلى (1.98) عند $(\alpha = {}^{\pi}/_{2})$.

- نستنتج مما سبق، أن أية زيادة في زاوية التأخير، ستؤدي إلى تخفيض القيمة المتوسطة وزيادة القيمة الفعالة للمركبات المتناوبة المشكلة لإشارة جهد الخرج.

القيمة المتوسطة للاستطاعة المصروفة في الحمل تعطى بالعلاقة :

٣. الاستطاعة وعامل الاستطاعة في مبدلات نصف الموجة:

(Power and Power Factor in Half-Wave Rectifier Circuits)

$$P_L = I_L^2 R$$

$$P_L = \frac{E_m^2}{4.R}\frac{1}{2\pi}[2(\pi - \alpha) + \sin 2\alpha] \qquad (6.3)$$

عامل الاستطاعة للدارة وفق المعادلات (1.3);(4.3);(6.3) يعطى كما يلي:

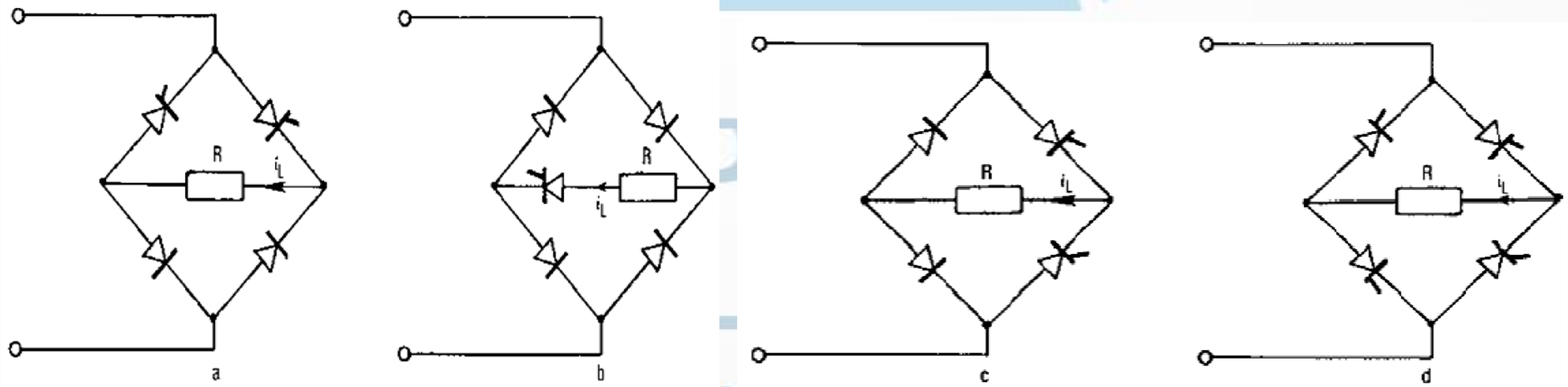
$$PF = \frac{P_L}{E_s . I_S} = \frac{P_L}{S_s}$$

$$PF = \frac{1}{\sqrt{2}}\sqrt{\frac{2(\pi - \alpha) + \sin 2\alpha}{2\pi}} \qquad (7.3)$$

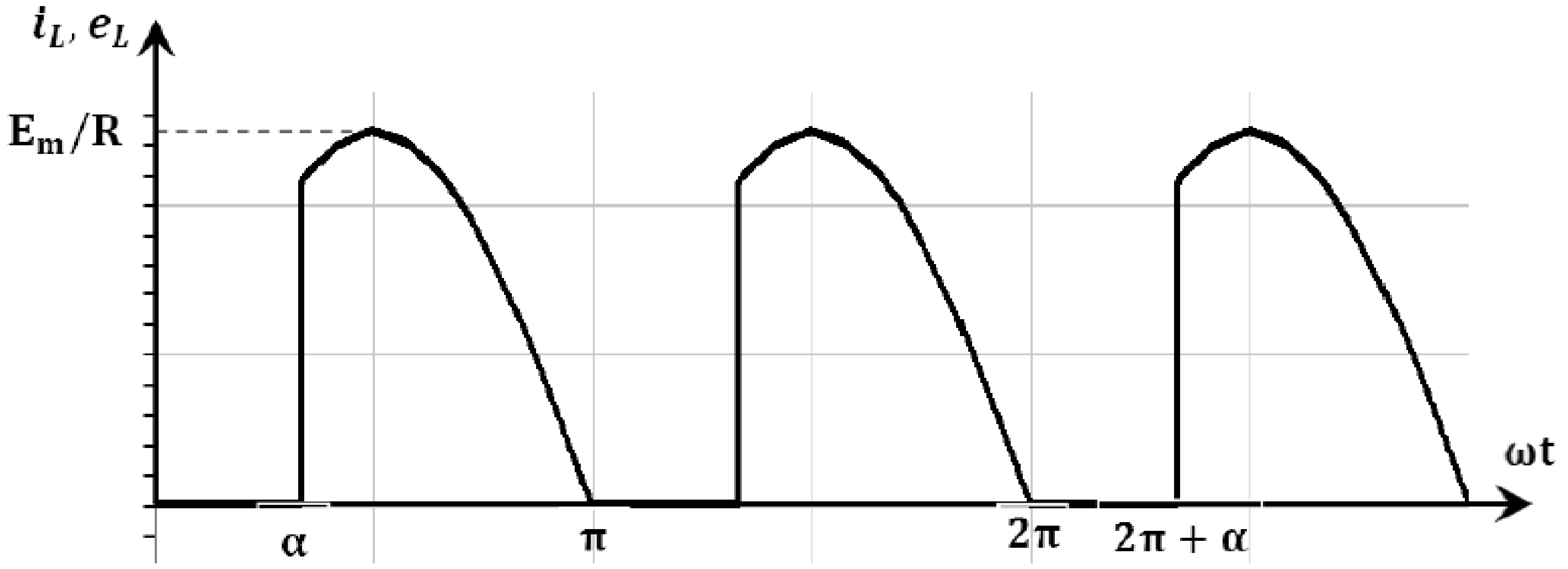
٣.١.٢: دارة مبدلة جسريه أحادية الطور:

Single-Phase Full-Wave Bridge Rectifier Circuit

يبين الشكل(3.3) التشكيلات المختلفة لدارة مبدلة ثايرستورية جسريه أحادية الطور، كما يبـ ين الشكل (4.3) شكل إشارة جهد الخرج عند العمل بزاوية تأخير (α).



الشكل (3.3) : التشكيلات المختلفة لدارة مبدلة ثايرستورية جسريه أحادية الطور.



الشكل(4.3): إشارة جهد وتيار الخرج عند عمل المبدلة على حمولة أومية وبزاوية تأخير α.

تتحدد معادلة القيمة اللحظية لإشارة جهد الخرج بالعلاقة التالية :

$$e_L(\omega t) = E_m.\sin(\omega t) \Big|_{\alpha}^{\pi} + E_m.\sin(\omega t - \pi) \Big|_{\pi+\alpha}^{2\pi} \qquad (31.3)$$

تتحدد القيمة المتوسطة لإشارة جهد الخرج والتي تعادل ضعف القيمة فـ ي مـدلات نصـ ف

الموجة بالمعادلة التالية:

$$E_{av} = \frac{E_m}{\pi}(1 + cos\alpha) \qquad (32.3)$$

والقيمة الفعالة لإشارة تيار الخرج:

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

$$I_L = \frac{E_m}{\sqrt{2}R}\sqrt{\frac{1}{2\pi}[2(\pi - \alpha) + \sin 2\alpha]} \qquad (33.3)$$

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

نستنتج عامل التموج لإشارة تيار الحمل بتعويض (32.3) و (33.3) في معادلة عامل التموج:

$$RF = \frac{\sqrt{I_L^2 - I_{av}^2}}{I_{av}} = \sqrt{\left(\frac{I_L}{I_{av}}\right)^2 - 1}$$

$$RF = \sqrt{\frac{\pi}{4}}\sqrt{\frac{2(\pi - \alpha) + \sin 2\alpha}{1 + cos\alpha^2} - 1} \qquad (34.3)$$

MECATRONICS

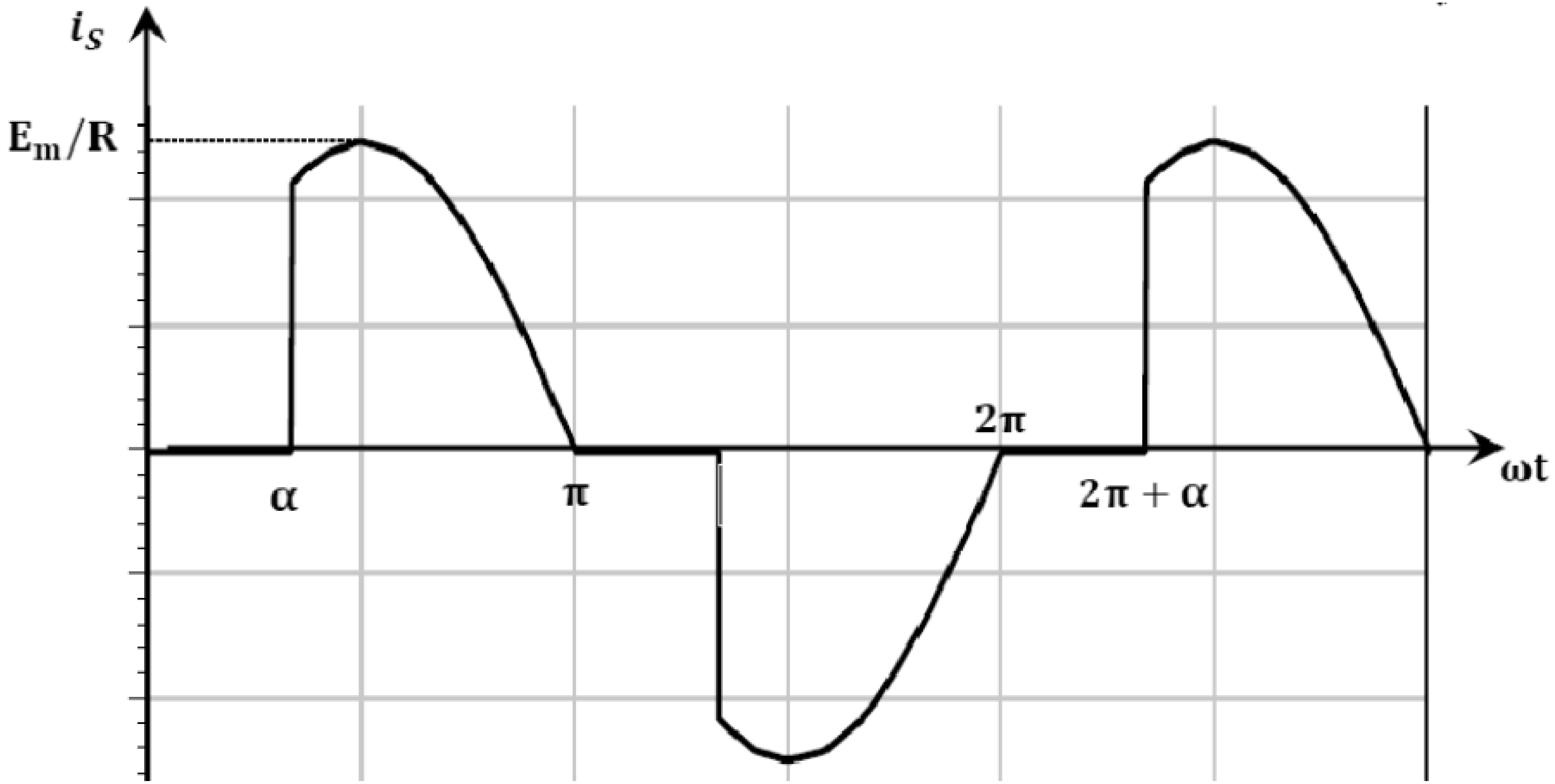
بتعويض $\alpha=0$ في المعادلة (34.3) نستنتج قيمة عامل التموج لإشارة تيار الحمل لدارة التقويم والتي كانت تعادل RF=0.48.

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

$$P_s = P_L = I_L{}^2 R$$

$$P_s = \frac{E_m{}^2}{2R}\frac{1}{2\pi}[2(\pi-\alpha)+\sin 2\alpha] \qquad (35.3)$$

يبين الشكل (5.3) شكل إشارة تيار المنبع.



الشكل (5.3) شكل إشارة تيار المنبع للمبدلة عند عملها على حمولة أومية بزاوية تأخير α.

نلاحظ من الشكل (5.3)، أن القيمة المتوسطة لإشارة تيار المنبع تكون مساوية للصفر، وأن هذه الإشارة لا تحوي على توافقيات زوجية.

تتحدد القيمة الفعالة لإشارة تيار المنبع بالعلاقة التالية:

$$I_S = \sqrt{\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} i_s^{\,2}(\omega t)\, d\omega t}$$

تتحدد القيمة اللحظية لإشارة تيار المنبع بالعلاقة التالية:

$$i_s(\omega t) = \frac{E_m}{R}.\sin(\omega t) \quad \Big|_{\alpha,\pi+\alpha.....}^{\pi,2\pi...} \qquad (36.3)$$

والقيمة الفعالة بالعلاقة:

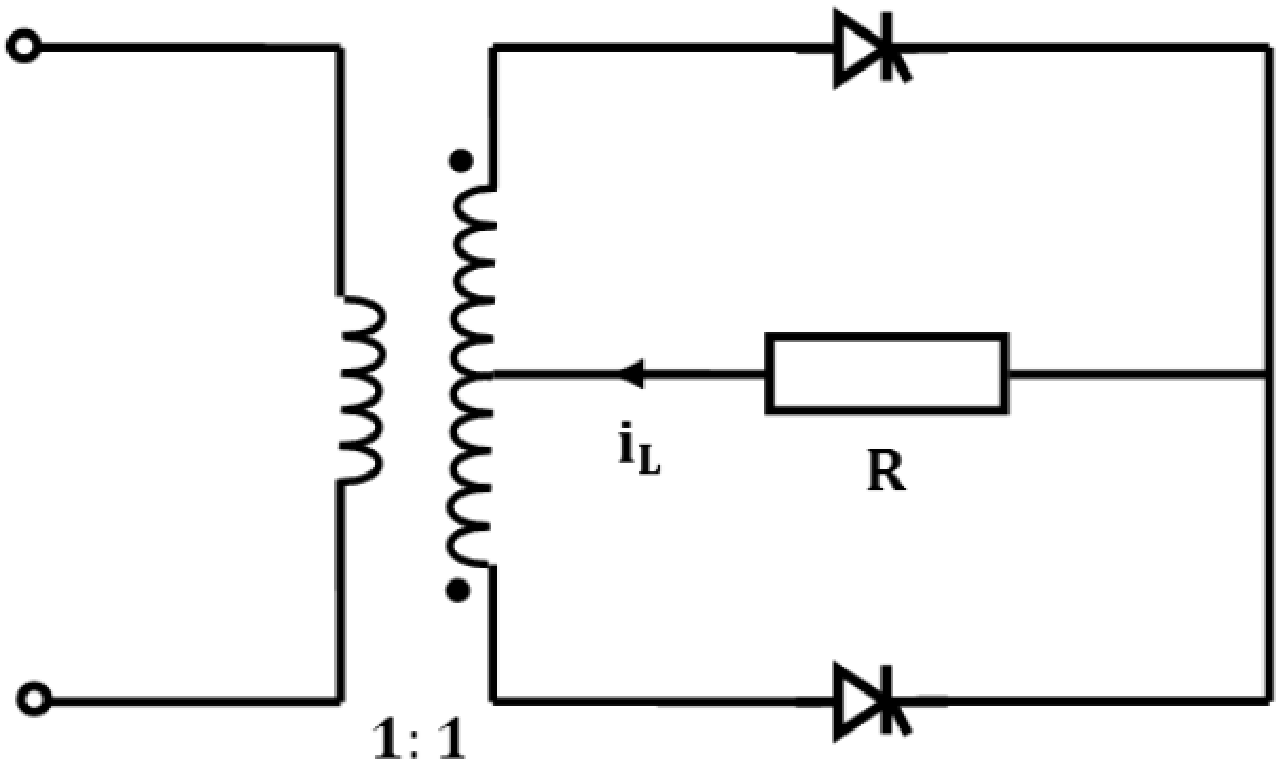
$$I_S = \frac{E_m}{\sqrt{2}R}\sqrt{\frac{1}{2\pi}[2(\pi-\alpha)+\sin2\alpha]} \qquad (37.3)$$

☜ لاحظ أن القيمة الفعالة لتيار المنبع تعادل القيمة الفعالة لتيار الحمل.

يمكن استنتاج عامل الاستطاعة للمبدلة بتعويض المعادلات (37.3) ; (35.3) ; (1.3) في المعادلة (16.3).

$$PF = \sqrt{\frac{1}{2\pi}[2(\pi-\alpha)+\sin2\alpha]} \qquad (38.3)$$

يمكن تشكيل المبدلة ذات الموجة الكاملة بمبدلة ذات نقطة مشتركة وباستخدام محول ذي نقطة مشتركة على الطرف الثانوي (الشكل 6.3).



الشكل (6.3): مبدلة ذات نقطة مشتركة