Lecture 5

جَامعة المَنارة
MANARA UNIVERSITY

دارات المبدلات الجسرية ثلاثية الأطوار

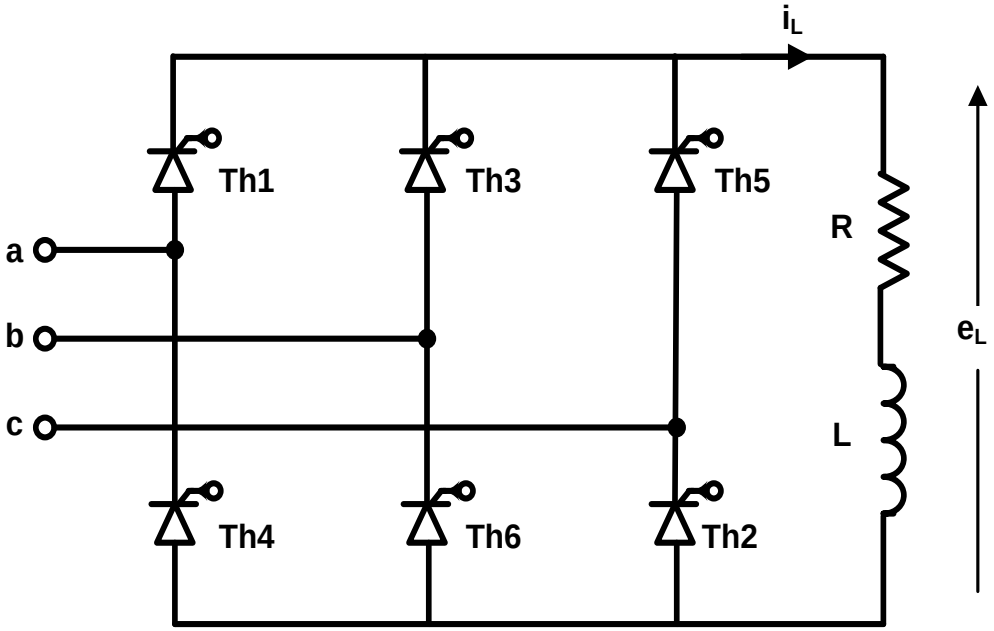
THREE-PHASE, FULL-WAVE CONTROLLED BRIDGE RECTIFIER CIRCUITS

(RESISTIVE LOAD)

العمل على حمولة تحريضية عالية ومنبع مثالي

محددات طرف الحمل (Load-Side Quantities):

- تستخدم المبدلات الجسريه بشكل واسع في التطبيقات العملية بمحارضة حمل عالية. توصل المحارضة العالية على التسلسل مع الحمولة الأومية على خرج المبدلة من أجل ترشيح تيار الحمل والحصول على تيار مستمر أقرب ما يمكن للشكل المثالي.

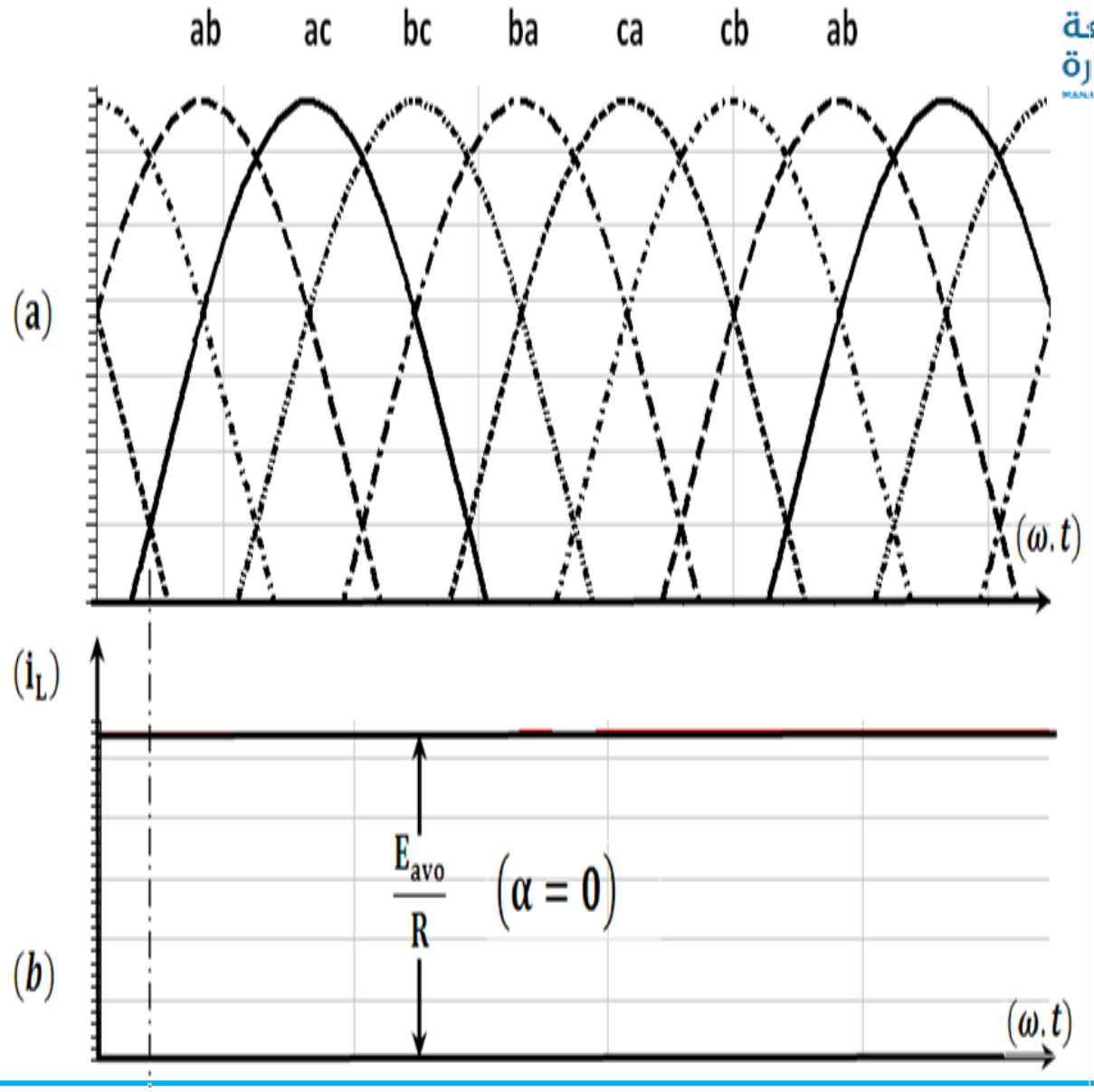


دارة مبدلة جسرية عند العمل على حمولة أومية بمحارضة عالية ومنبع مثالي

- تعادل القيمة اللحظية لإشارة تيار الحمل المرشح بشكل مثالي نتيجة استخدام محارضة ترشيح عالية(L) موصلة على التسلسل مع الحمل الأومي (R) القيمة المتوسطة والقيمة الفعالة لهذا التيار.

$$i_L(\omega t) = I_{av} = I_L = I_m$$

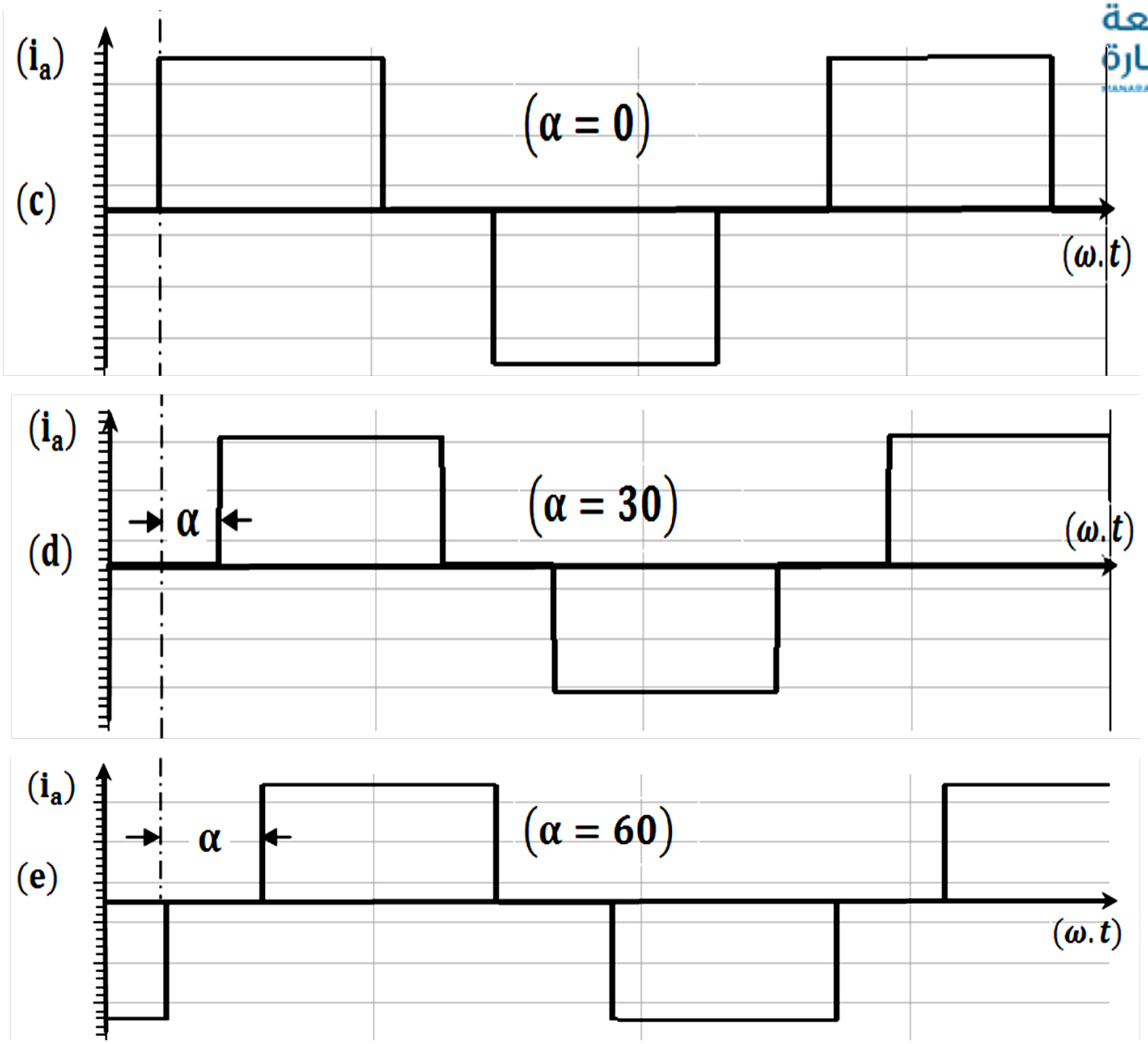
- بذلك نجد ان القيمة المتوسطة لجهد محارضة الترشيح تكون مساوية للصفر والقيمة المتوسطة لإشارة جهد الخرج تكون مساوية للقيمة المتوسطة لجهد الحمل الأومي.

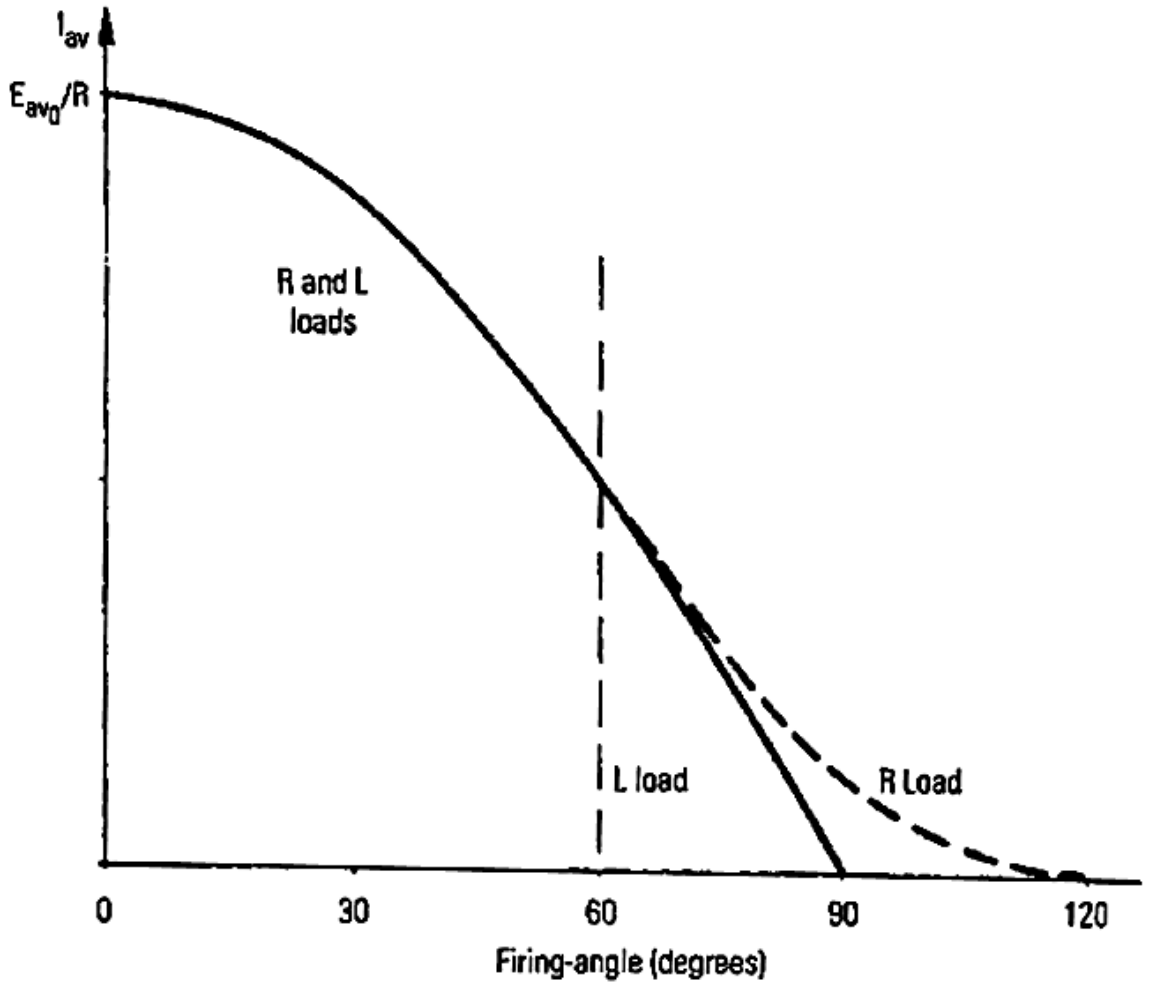


- يبين الشكل تغيرات كل من إشارات تيار الحمل والمنبع عند العمل على زاويا تأخير $(\alpha = 0; 30; 60)$.
- لاحظ أن نظام العمل للمبدلة عند العمل بمحارضة حمل عالية يشكل دائما نظام العمل بتيارات مستمرة فقط مهما تغيرت قيمة زاوية التأخير(α) (لا وجود لنظام التيارات المتقطعة).
- تتطابق معادلتي القيمة المتوسطة لإشارة جهد الحمل وتياره لهذا النظام مع نفس المعادلات المستنتجة لنظام عمل المبدلة على حمولة أومية بنظام التيار المستمر:

$$\left(I_{av} = \frac{E_{avo}}{R} COS\alpha \;\; ; \;\; E_{av} = E_{avo} COS\alpha\right);$$

إشارات تيار المنبع عند العمل على زاويا تأخير $(\alpha = 0; 30; 60)$





منحني تغيرات القيمة المتوسطة لتيار الحمل مع تغيرات زوايا التأخير ، لنظام العمل بحمولة أومية ونظام العمل بمحارضة عالية مع حمولة أومية

- تكون القيم المتوسطة لإشارتي جهد الحمل وتياره مساوية للصفر عند العمل على زاوية تأخير $(\alpha = 90)$ نظراً لظهور إشارات سالبة في إشارة جهد الخرج لهذا النظام مطابقة للإشارات الموجبة من نفس الإشارة.
- تكون القيم المتوسطة لإشارتي جهد الحمل وتياره عند العمل بمحارضة حمل عالية مساوية لمثيلاتها في نظام التيار المستمر عند العمل على حمولة أومية $(\alpha \leq 60)$ وأقل من مثيلاتها في نظام التيار المتقطع عند العمل على حمولة أومية $(\alpha > 60)$ نظراً لظهور إشارات سالبة في إشارة جهد الخرج لهذا النظام.
- يكون عامل التموج لإشارة تيار الحمل لهذا النظام مساوياً للصفر نتيجة كونه مرشحاً بشكل مثالي.
- يتحدد عامل تموج إشارة جهد الخرج لهذا النظام من علاقة عامل التموج عند العمل على حمولة أومية بنظام تيارات مستمرة:

$$\frac{E_L}{E_{av}} = \frac{\pi}{6}\sqrt{\frac{2\pi + 3\sqrt{3}\,cos\,2\alpha}{\pi . cos^2\,\alpha}}$$

المحدد	العمل على حمولة أومية		حمل بمحارضة عالية
القيمة اللحظية لجهد الحمل $e_L(\omega t)$	مستمر	$u_{ab}\Big\vert_{\alpha+\pi/6}^{\alpha+\pi/2}$	$u_{ab}\Big\vert_{\alpha+\pi/6}^{5\pi/6}$
	متقطع	$u_{ab}\Big\vert_{\alpha+\pi/6}^{5\pi/6}$	
القيمة المتوسطة لجهد الحمل (E_{av})	مستمر	$\frac{3\sqrt{3}}{\pi}E_m cos\alpha = E_{av0}\ cos\ \alpha$	$E_{av0}\ cos\ \alpha$
	متقطع	$\frac{3\sqrt{3}}{\pi}E_m[1+cos(\alpha+\pi/3)]$	
القيمة الفعالة لتيار الحمل (I_L)	مستمر	$0 \le \alpha \le \frac{\pi}{3}$ $\frac{\sqrt{3}E_m}{2R}\sqrt{\frac{2\pi+3\sqrt{3}\,cos2\alpha}{\pi}}$	$\frac{E_{av0}\ cos\ \alpha}{R}$
	متقطع	$\frac{\pi}{3} \le \alpha \le \frac{2\pi}{3}$ $\frac{\sqrt{3}E_m}{2R}\sqrt{\frac{4\pi-6\alpha+3sin\left(2\alpha-\frac{\pi}{3}\right)}{\pi}}$	
استطاعة الحمل (P_L)	مستمر	$\frac{3E_m^{\ 2}}{4\pi R}(2\pi+3\sqrt{3}\,cos2\alpha)$	$\frac{(E_{av0}\ cos\ \alpha)^2}{R}$
	متقطع	$\frac{3E_m^{\ 2}}{4\pi R}\left[4\pi-6\alpha-3\ sin\left(2\alpha-\frac{\pi}{3}\right)\right]$	

- تتحدد الاستطاعة المصروفة في الحمل بالعلاقة التالية:

$$P_L = I_L{}^2R = I_{av}{}^2R = \frac{(E_{av0})^2}{R}\ cos^2\alpha = \frac{27(E_m)^2}{\pi^2\ R}\ cos^2\alpha$$

يبين الجدول ملخص لعلاقات محددات طرف الحمل للمبدلة الجسريه عند عملها على حمولة أومية في النظامين المستمر والمتقطع وعلى حمولة تحريضية:

محددات طرف التغذية (Supply-Side Quantities):

من أشكال إشارات تيار المنبع (i_a) لعمل المبدلة.

تكتب القيمة اللحظية لإشارة تيار المنبع للمبدلة الجسريه بالمعادلة التالية:

$$i_a(\omega t) = \frac{E_{avo}}{R}\cos\alpha\Big|_{\alpha+\pi/6}^{\alpha+5\pi/6} - \frac{E_{avo}}{R}\cos\alpha\Big|_{\alpha+7\pi/6}^{\alpha+11\pi/6}$$

- تتحدد القيمة الفعالة لتيار المنبع بالعلاقة التالية:

$$I_a = \sqrt{\frac{1}{\pi}\int_{\alpha+\frac{\pi}{6}}^{\alpha+\frac{5\pi}{6}} \left(\frac{E_{avo}}{R}\cos\alpha\right)^2 d\omega t}$$

$$I_a = \frac{E_{avo}}{R}\cos\alpha\sqrt{\frac{1}{\pi}\Big[\omega t\Big]_{\alpha+\pi/6}^{\alpha+5\pi/6}}$$

$$I_a = \sqrt{\frac{2}{3}}\frac{E_{av0}}{R}cos\alpha$$

$$I_a = \frac{3\sqrt{2}\,E_m}{\pi R}cos\alpha$$

$$I_a = \sqrt{\frac{2}{3}}I_{av}$$

عامل الاستطاعة(Operating Power Factor):

- يمثل عامل الاستطاعة نسبة الاستطاعة المصروفة بالحمل إلى الاستطاعة المقدمة من المنبع:

$$PF = \frac{P_L}{3I_a.E_a}$$

$$PF = \frac{3}{\pi} \frac{\left(\frac{E_m^2}{\pi^2.R}\right)\cos^2}{\left(\frac{E_m}{\sqrt{2}}\right)\frac{\sqrt{2}\,(E_m \cos\alpha)}{\pi R}} = \frac{3}{\pi}\cos\alpha$$

- بتعويض $(\alpha = 0^0)$ في المعادلة نجد أن عامل استطاعة الدارة يساوي $PF = \frac{3}{\pi} = 0.955$،
- والذي يعادل عامل استطاعة دارة التقويم الجسريه عند عملها على حمولة أومية بمحارضة عالية.

تطبيق:

مبدلة جسرية تغذى من شبكة ثلاثية الأطوار مثالية $(240\,V; 50Hz)$ لتغذي حمل أومي $(R = 10\Omega)$ مع محارضة تسلسلية عالية. والمطلوب:

١. تحديد القيمة المتوسطة لجهد الحمل والاستطاعة المصروفة بالدارة عند العمل على زوايا تأخير $(\alpha = 30^0; 60^0)$.
٢. تحديد عامل الإزاحة (displacement factor) - عامل التشويه (distortion factor)- عامل الاستطاعة (power factor) عند العمل على زوايا تأخير $(\alpha = 30^0; 60^0)$.
٣. تحديد الجهد الاسمي والتيار الاسمي لثايرستورات المبدلة.

الحل:

١. تتحدد القيمة المتوسطة لجهد الحمل من العلاقة التالية:

$$E_{av} = \frac{3\sqrt{3}}{\pi} E_m cos\alpha = E_{av0}\, cos\, \alpha$$

حيث:

$$E_m = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}} 240$$

بالتعويض بمحددات التطبيق نحدد القيم المتوسطة لجهد الحمل عند$(\alpha = 30^0; 60^0)$:

$$E_{av} = \frac{3\sqrt{3}}{\pi}\frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}} 240\, cos\alpha = 324 cos\alpha$$

$$\alpha = 30^0 \quad ; \quad E_{av} = 280.6\ v$$

$$\alpha = 60^0 \quad ; \quad E_{av} = 162\ v$$

تحديد الاستطاعة المصروفة بالعلاقة التالية:

$$P_L = I_{av}{}^2 R = \frac{E_{av}{}^2}{R}$$

$$\alpha = 30^0 \quad ; \quad P = 7.863\ kW$$

$$\alpha = 60^0 \quad ; \quad P = 2.625\ kW$$

تحديد عامل الإزاحة:

$$\cos\psi_1 = \cos\alpha$$

$$\alpha = 30^0 \quad ; \quad \cos\alpha = 0.866 = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$\alpha = 60^0 \quad ; \quad \cos\alpha = 0.5$$

تحديد عامل التشويه: لا يتعلق عامل التشويه لتيار منبع المبدلة في هذا النظام بتغيرات زاوية التأخير ويعادل $\left(\frac{3}{\pi}\right)$:

$$\text{distotion factor} = \frac{3}{\pi} = 0.955$$

تحديد عامل الاستطاعة:

يتحدد عامل الاستطاعة للمبدلة من جداء عامل الإزاحة بعامل التشويه:

$$PF = \frac{3}{\pi} cos\alpha$$

$$\alpha = 30^0 \quad ; \quad PF = 0.827$$

$$\alpha = 60^0 \quad ; \quad PF = 0.478$$

٣. تحديد الجهد الاسمي والتيار الاسمي لثايرستورات المبدلة.

يتحدد الجهد العكسي الأعظمي لثايرستورات المبدلة بمطال جهد الخط لمنبع التغذية:

$$E_{max} = \sqrt{2}\ 240 = 339.4$$

تتحدد القيمة الفعالة لتيارات ثايرستورات المبدلة من القيمة الفعالة لتيارات المبدلة والتي تعادل:

$$I_a = \sqrt{\frac{2}{3}} I_{av} = \frac{3\sqrt{2}}{\pi R} E_m cos\alpha$$

ونظراً لتوصيل كل ثايرستور من ثايرستورات المبدلة لفترة توافق ثلث الدور (الثايرستور لتيار الفعالة القيمة تحديد الممكن فمن ،)) 120^0 بالعلاقة التالية:

$$I_{Th_1} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_{\alpha+\frac{\pi}{6}}^{\alpha+\frac{5\pi}{6}} i_a{}^2(\omega t)\, d\omega t} = \frac{1}{\sqrt{2} I_a}$$

$$\alpha = 0^0 \quad ; \quad I_{Th_1} = \frac{3E_m}{\pi R} = \frac{3}{\pi}\frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}} 240 \frac{1}{10} = 18.7\ A$$