

Lecture 4

دارات التحويل الجسرية ثلاثية الأطوار

THREE-PHASE, FULL-WAVE

CONTROLLED BRIDGE RECTIFIER CIRCUITS

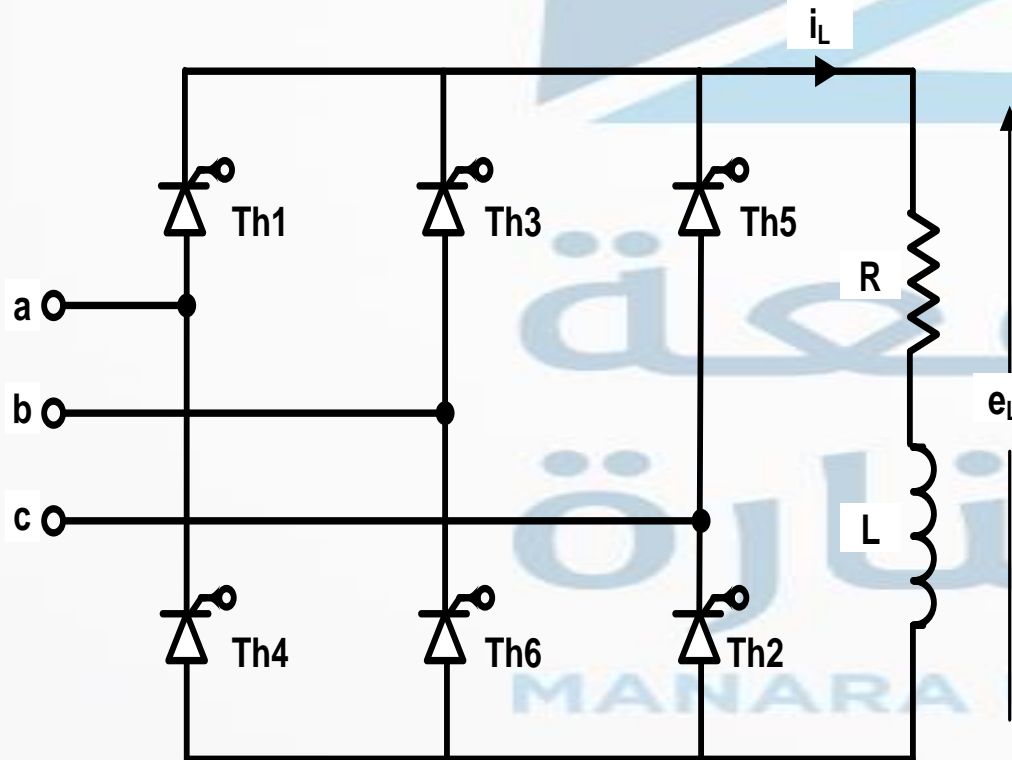
(HIGHLY INDUCTIVE LOAD IN THE PRESENCE OF SUPPLY IMPEDANCE)

العمل على حمولة بمحارضة عالية وبوجود ممانعة لمنبع التغذية

العمل على حمولة أومية بمحارضة عالية ومنبع مثالي

1. محددات طرف الحمل (Load-Side Quantities):

تستخدم المبدلات الجسرية 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 لما يمكن للشكل المثالي.

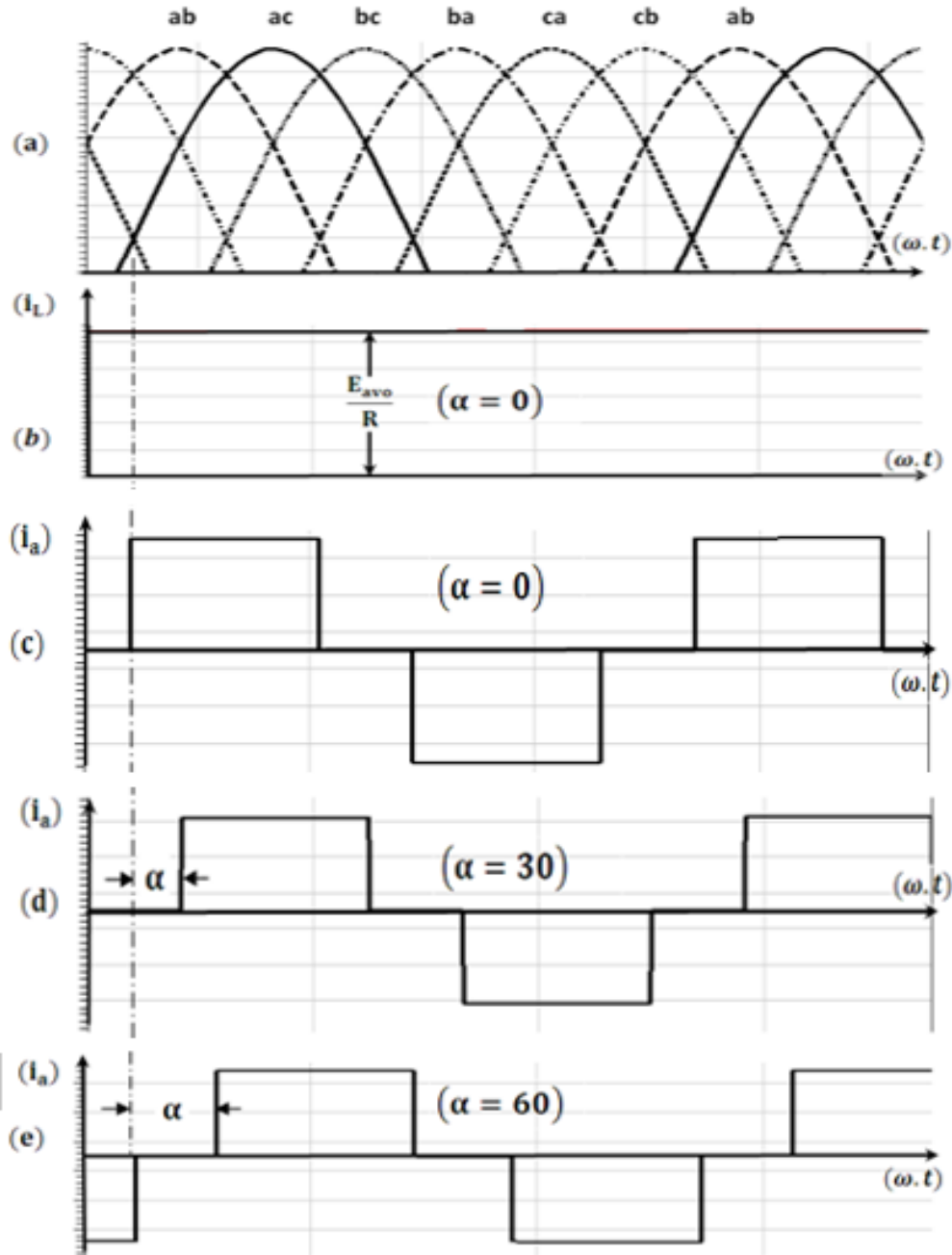


تعاود القيمة اللحظية لإشارة تيار الحمل المرشح بشكل مثالي نتيجة استخدام محارضة ترشيح عالية (L) موصلة على التسلسل مع الحمل الأومي (R) القيمة المتوسطة والقيمة الفعالة لهذا التيار.

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

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

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



جهود خطوط
شبكة التغذية

تيار الحمل

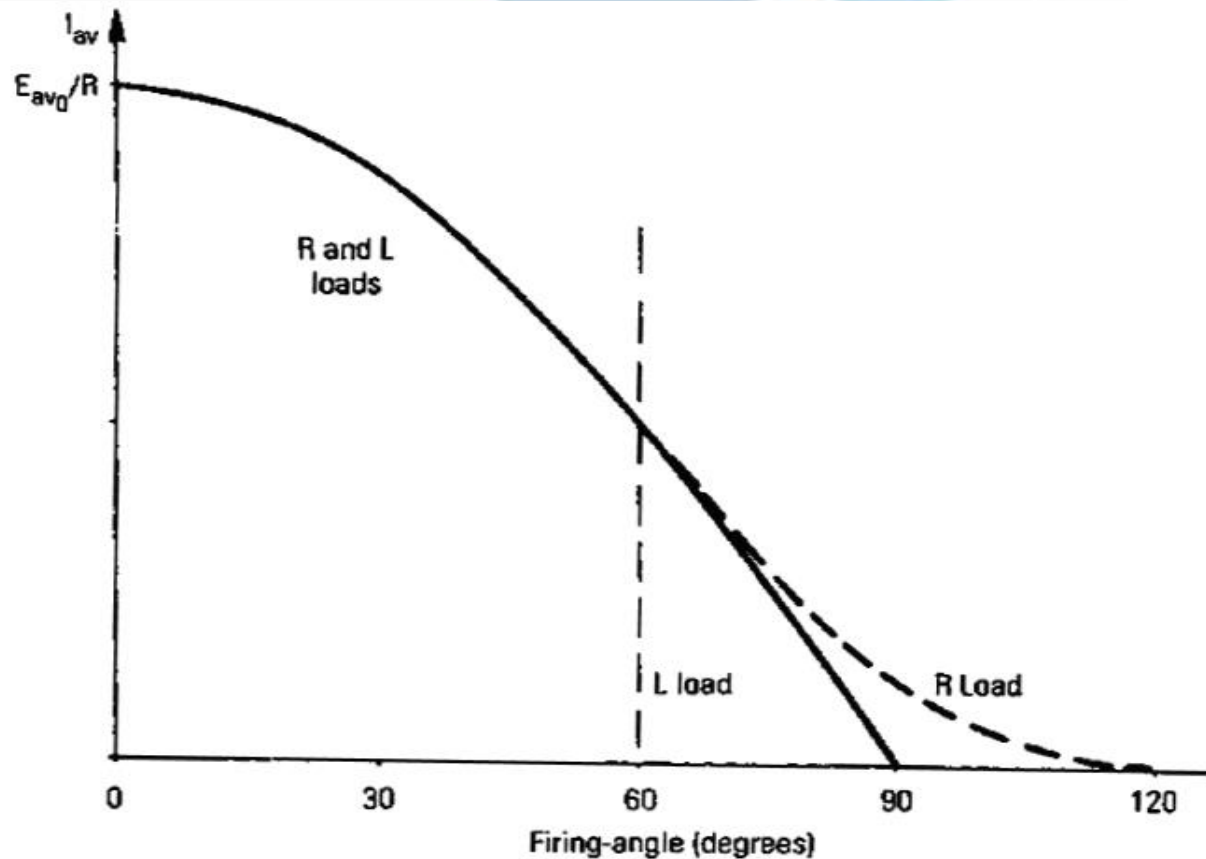
يبين الشكل تغيرات كل من إشارات تيار الحمل والمصدر عند العمل على زوايا تأخير $(\alpha = 0; 30; 60)$.

تيار المصدر عند العمل على زوايا 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 معادلتا القيمة المتوسطة لإشارة جهد الحمل وتياره لهذا النظام مع نفس المعادلات المستنتجة لنظام عمل المبدلة على حمولة أومية بنظام التيار المستمر:

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



يبين الشكل منحنى تغيرات القيمة المتوسطة لتيار الحمل مع تغيرات زوايا التأخير (α) 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 بمحاوضة 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 (*voltage ripple factor*) لهذا النظام من علاقة عامل التموج عند العمل على حمولة أومية

بنظام تيارات مستمرة:

$$\frac{E_L}{E_{av}} = \frac{\pi}{6} \sqrt{\frac{2\pi + 3\sqrt{3} \cos 2\alpha}{\pi \cdot \cos^2 \alpha}}; \quad RF = \sqrt{\left(\frac{E_L}{E_{av}}\right)^2 - 1}$$

$$P_L = I_L^2 R = I_{av}^2 R$$

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

تحدد الاستطاعة المصروفة في الحمل بالعلاقة التالية:

محددات طرف التغذية (Supply-Side Quantities):

يبين الشكل أشكال إشارات تيار المنبع (i_a) لعمل المبدلة.

تكتب القيمة اللحظية لإشارة تيار المنبع للمبدلة الجسريه بالمعادلة التالية:

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

تحدد القيمة الفعالة لتيار المنبع بالعلاقة التالية:

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

$$I_a = \sqrt{\frac{2}{3} \frac{E_{av0}}{R} \cos \alpha} = \frac{3 \sqrt{2} E_m}{\pi R} \cos \alpha = \sqrt{\frac{2}{3}} I_{av}$$

عامل الاستطاعة (Operating Power Factor):

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

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

نحدد عامل استطاعة الجسر بتعويض علاقة الاستطاعة المصروفة في الحمل (P_L) وعلاقة القيمة الفعالة لتيار المنبع:

$$PF = \frac{P_L}{3I_a \cdot E_a} \frac{\left(\frac{E_m^2}{\pi^2 \cdot R}\right) \cos^2}{\left(\frac{E_m}{\sqrt{2}}\right) \frac{\sqrt{2} (E_m \cos \alpha)}{\pi R}} = \frac{3}{\pi} \cos \alpha$$

بتعويض ($\alpha = 0^\circ$) في المعادلة نجد أن عامل استطاعة الدارة يساوي $\left(PF = \frac{3}{\pi} = 0.955\right)$ ، 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:

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

الحل:

1. تتحدد القيمة المتوسطة لجهد الحمل من العلاقة التالية:

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

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

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

$$E_{av} = \frac{3\sqrt{3}}{\pi} \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}} 240 \cos \alpha = 324 \cos \alpha \quad \alpha = 30^0 ; E_{av} = 280.6 \text{ v} \quad \alpha = 60^0 ; E_{av} = 162 \text{ v}$$

كما يمكننا تحديد الاستطاعة المصروفة بالعلاقة التالية:

$$P_L = I_{av}^2 R = \frac{E_{av}^2}{R} \quad \alpha = 60^0 ; P_L = 2.625 \text{ kW} \quad \alpha = 30^0 ; P_L = 7.863 \text{ kW}$$

✓ 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 $\left(\frac{3}{\pi}\right)$:

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

✓ تحديد عامل الاستطاعة:

يتحدد عامل الاستطاعة للمبدلة من جداء عامل الإزاحة بعامل التشويه:

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

$$\alpha = 30^0 \quad ; \quad \text{PF} = 0.827$$

$$\alpha = 60^0 \quad ; \quad \text{PF} = 0.478$$

3. تحديد الجهد الاسمي والتيار الاسمي لثايرستورات المبدلة.

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

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

✓ 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 (120°)، فمن الممكن تحديد القيمة الفعالة لتيار الثايرستور بالعلاقة التالية:

$$I_{Th1} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_{\alpha + \frac{\pi}{6}}^{\alpha + \frac{5\pi}{6}} i_a^2(\omega t) d\omega t}$$

$$I_{Th1} = \frac{1}{\sqrt{2}} I_a$$

$$\alpha = 0^\circ ; \quad I_{Th1} = \frac{3E_m}{\pi R}$$

$$I_{Th1} = \frac{3\sqrt{2}}{\pi \sqrt{3}} 240 \frac{1}{10} = 18.7 \text{ A}$$