جامعة المنارة
قسم هندسة الميكاترونكس

الكترونيات الطاقة
Power Electronic

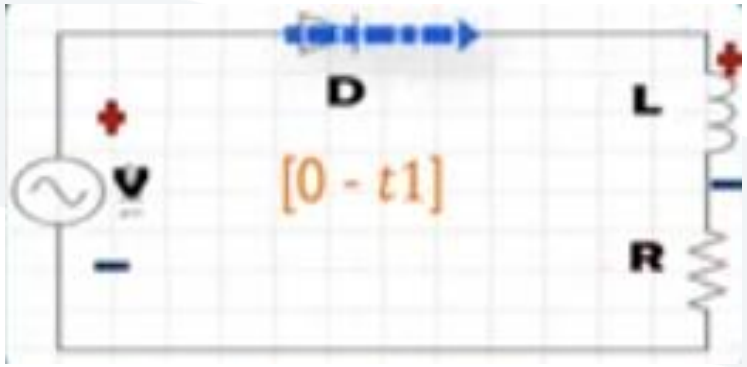
الدكتور المهندس
علاء الدين أحمد حسام الدين

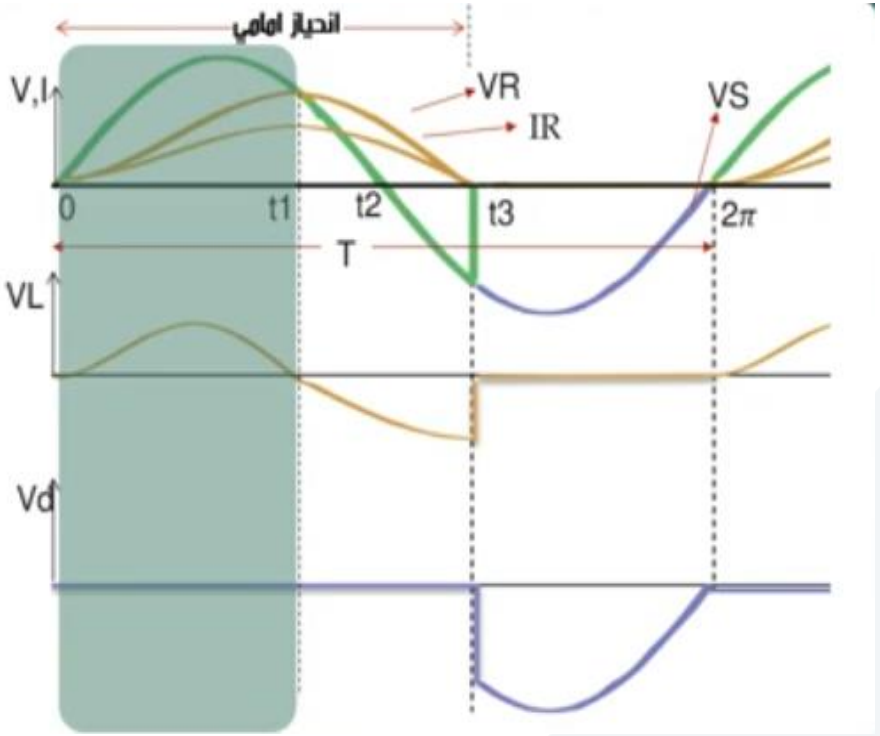
2

مفردات المقرر

- مقدمة.
- عناصر الكترونيات القدرة، وخصائصها.
- عمل دارات المبدلات أحادية الطور على حمولة اومية.
- عمل دارات المبدلات أحادية الطور على حمولة تحريضية.
- عمل دارات المبدلات ثلاثية الأطوار على حمولة اومية.
- عمل دارات المبدلات ثلاثية الأطوار على حمولة تحريضية.
- مقطعات التيار المستمر/ مقطعات التقوية - التضعيف
- القالبات أحادية الطور Single- Phase Inverters.
- القالبات ثلاثية الأطوار Three-Phase Inverter.
- طرق التعديل المستخدمة في تنظيم جهد خرج القالبات.
- المبدلات الترددية الستاتيكية.
- حماية أنظمة القدرة وأجهزة عدم انقطاع التغذية UPS.

التقويم أحادي الطور نصف موجة عند حمولة تحريضية أومية R-L load:



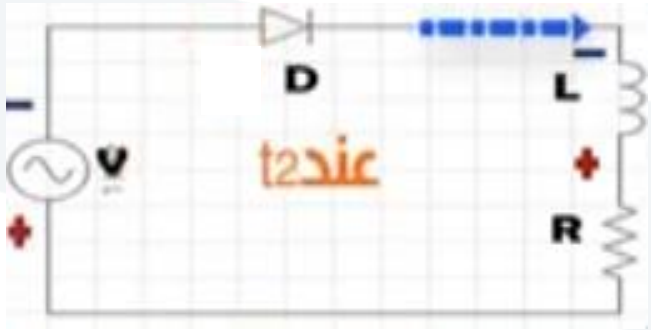


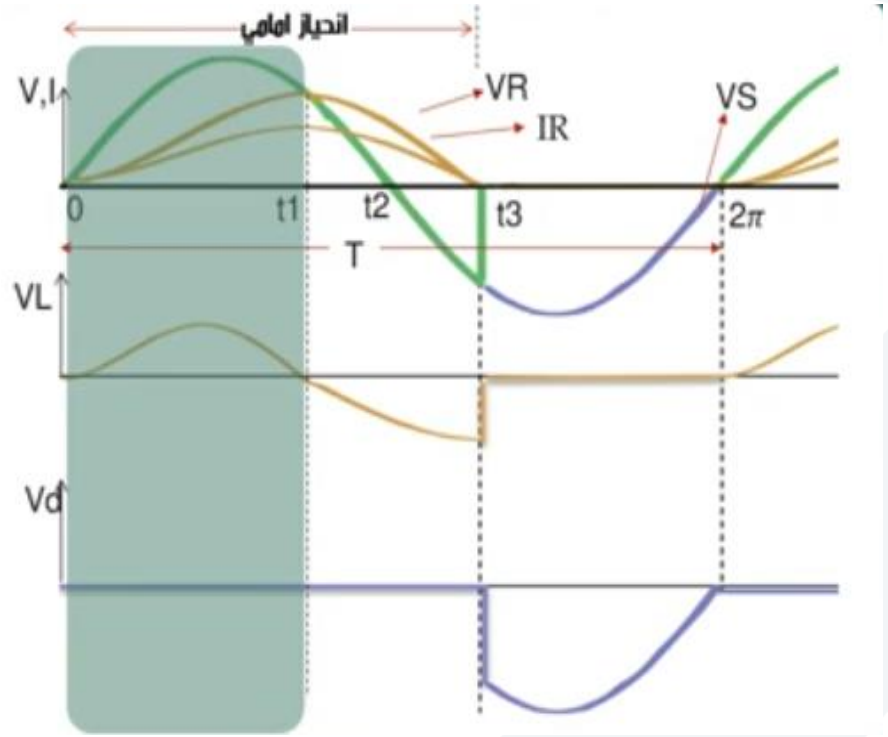
يؤدي وجود الوشيعة في دارة الحمولة للمقوم إلى إلغاء التغيرات الفجائية للتيار المقوم المار من خلال الحمولة، لأن طبيعة عمل الوشيعة أنها تختزن الطاقة المغناطيسية خلال ربع الدور لكي تعيدها خلال ربع الدور التالي، مما يؤدي إلى استمرار مرور التيار بعد عبوره لنقطة الصفر كما تبين المنحنيات المبينة، والتي تظهر أيضاً فرق الطور بين جهد وتيار الحمولة الناتج عن طبيعة الحمولة التحريضية الأومية.

المجال o-t3:

يكون الدايود في حالة انحياز أمامي ويمرر التيار حتى الزمن t1 يمر التيار وتزداد الطاقة المخزنة في الملف.

عند الزمن t1 يصبح جهد الملف سالباً.

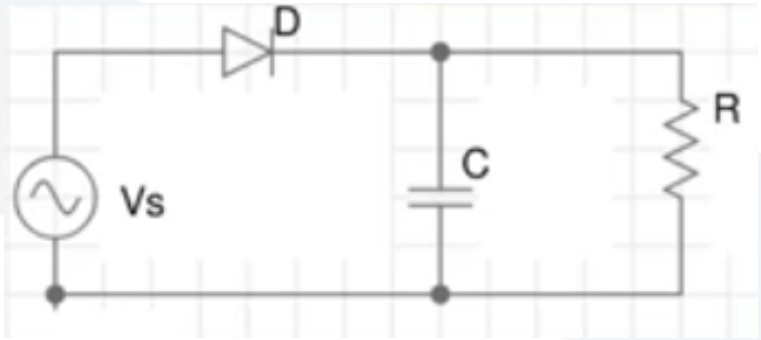


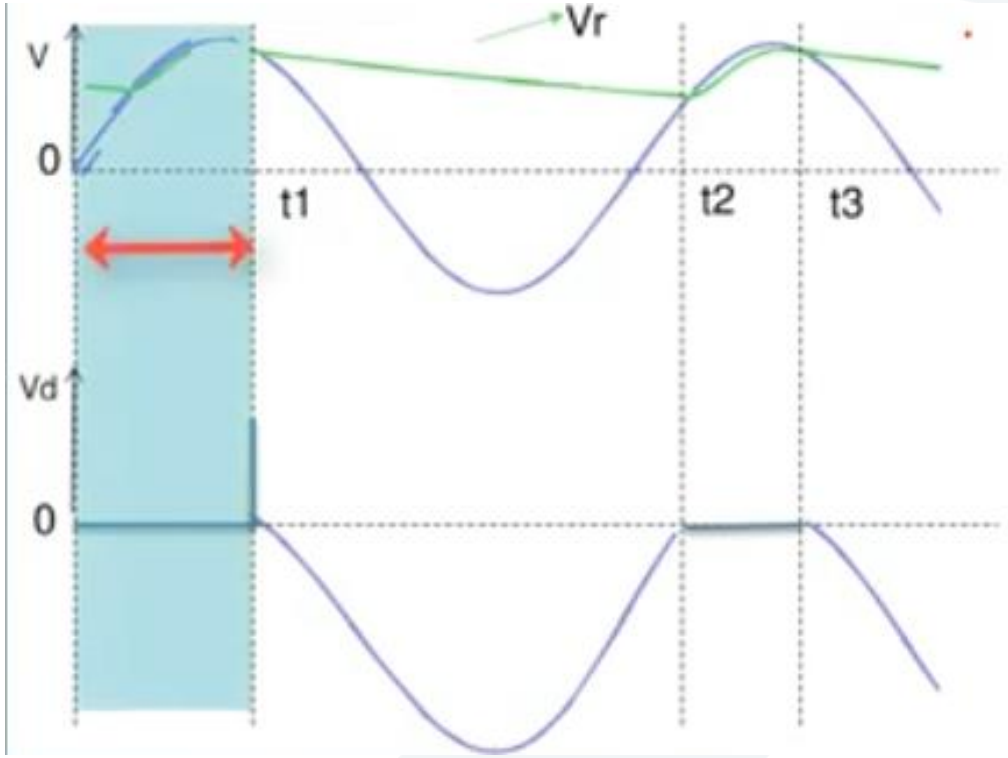


المجال t2-t3:

ينعكس جهد المنبع ويستمر الدايود بالتمرير بسبب الطاقة المختزنة في الملف.

التقويم أحادي الطور نصف موجة عند حمولة سعوية أومية R-C load:

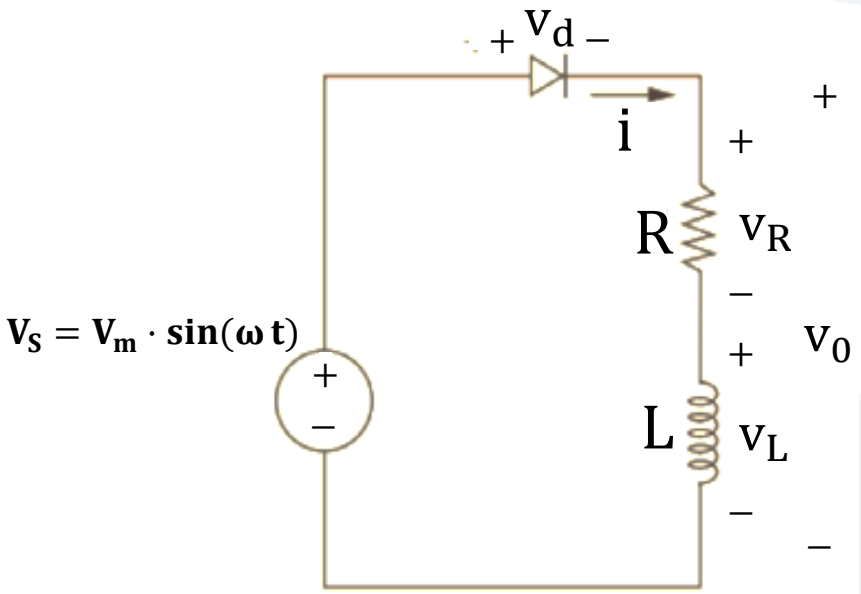




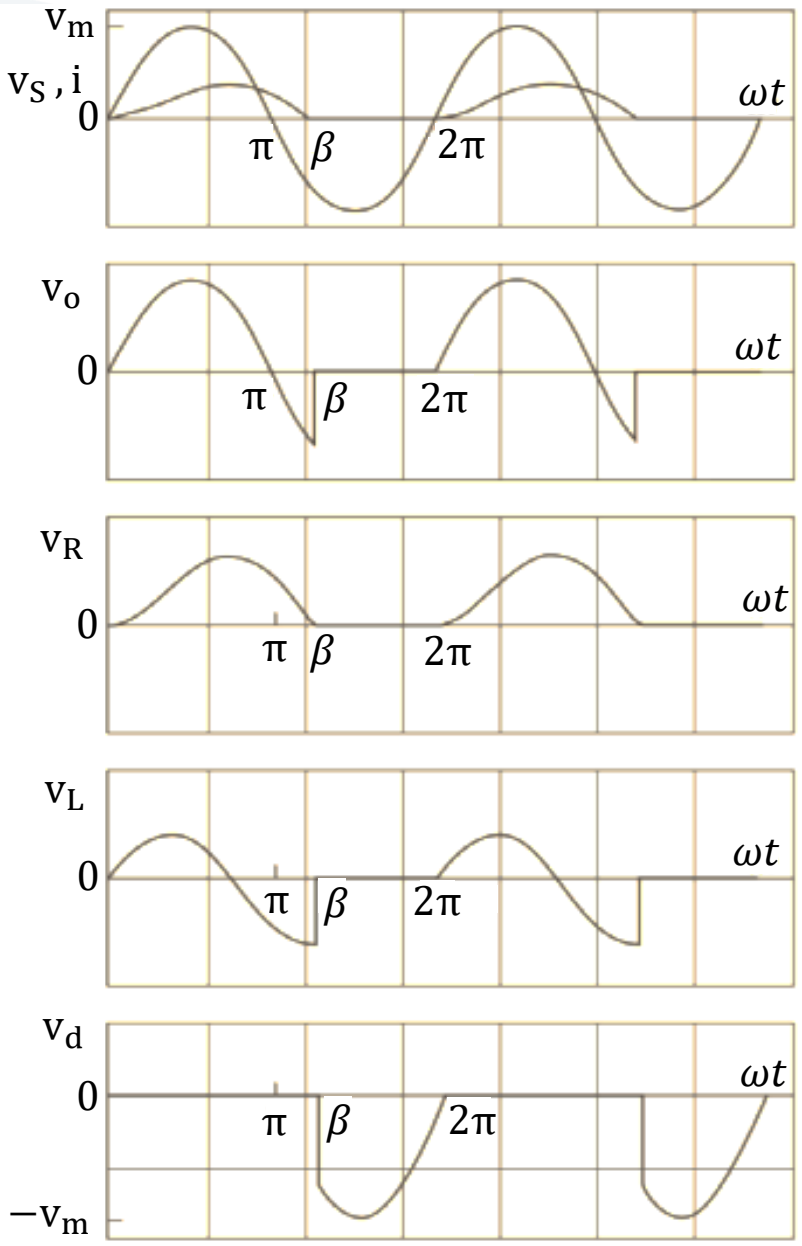
المجال 0-t1:

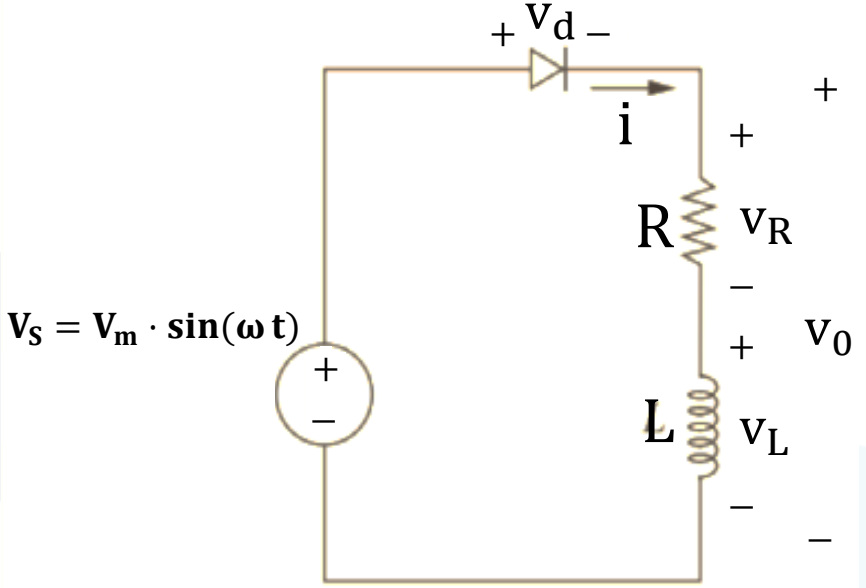
يكون الدايود في حالة انحياز أمامي ويمرر التيار.

تحليل دارة التقويم أحادي الطور نصف موجة عند حمولة تحريضية أومية R-L load:



تظهر ممانعة الوشيعة عند ظهور أي تغير للتيار، ونتيجة لذلك فإن أي تغير مفاجئ للتيار يحدث في دارة لا يوجد فيها وشيعة، يختفي عند وضع وشيعة في الدارة.

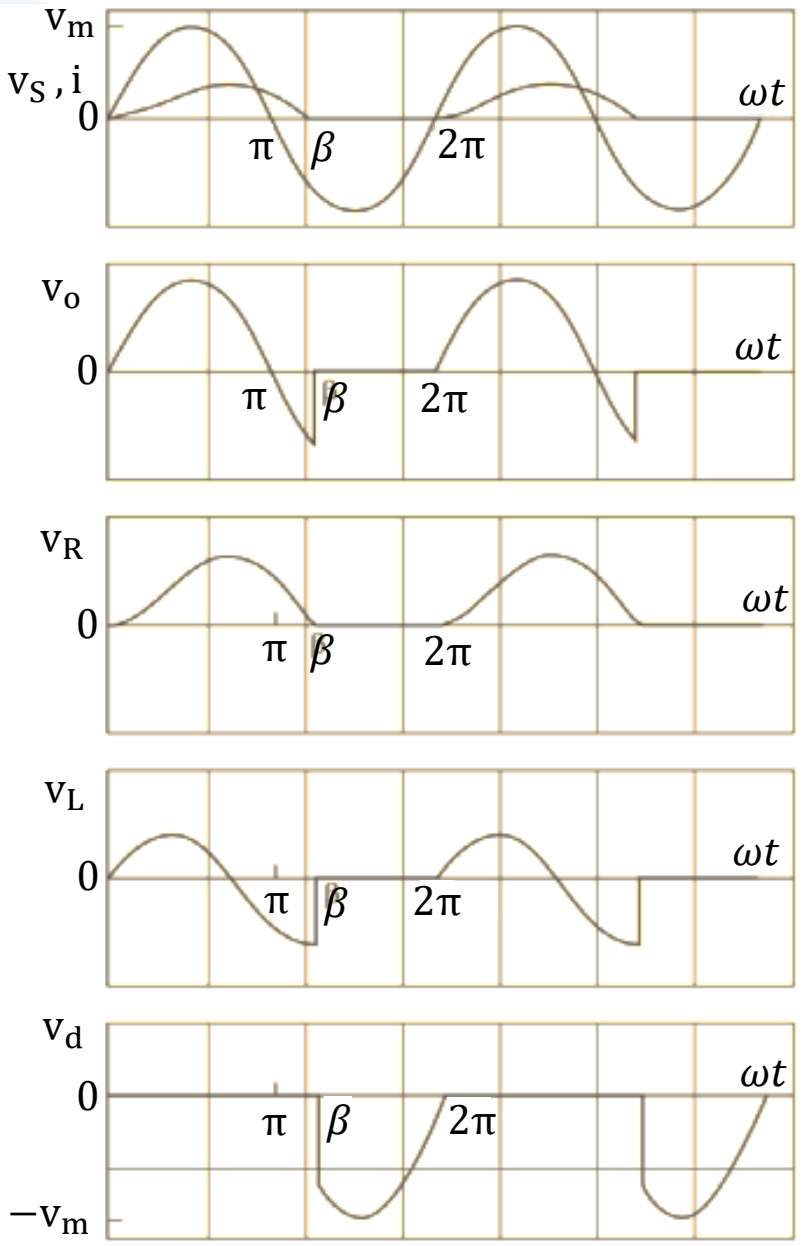


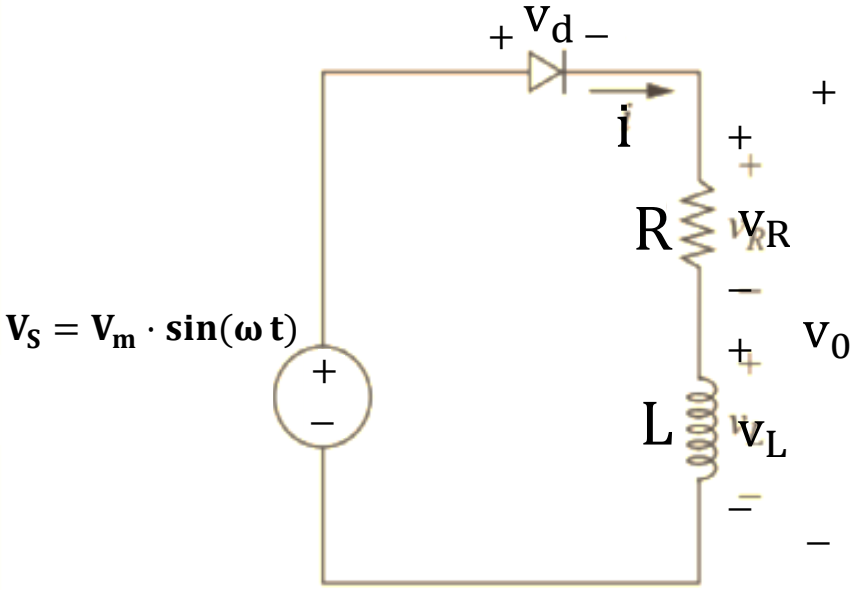


يستمر سريان التيار i حتى بعد أن يصبح جهد المنبع v_S سالباً (نصف الموجة السالب)، وذلك بسبب تحريضية الوشيعة.

عند انتهاء النبضة الموجبة لجهد المنبع فإن الديود يبقى في حالة تمرير، وبالتالي فإن النصف السالب لموجة جهد المنبع يبقى مطبقاً على الحمل حتى تصل قيمة التيار i للصفر وذلك عند $\omega t=\beta$.

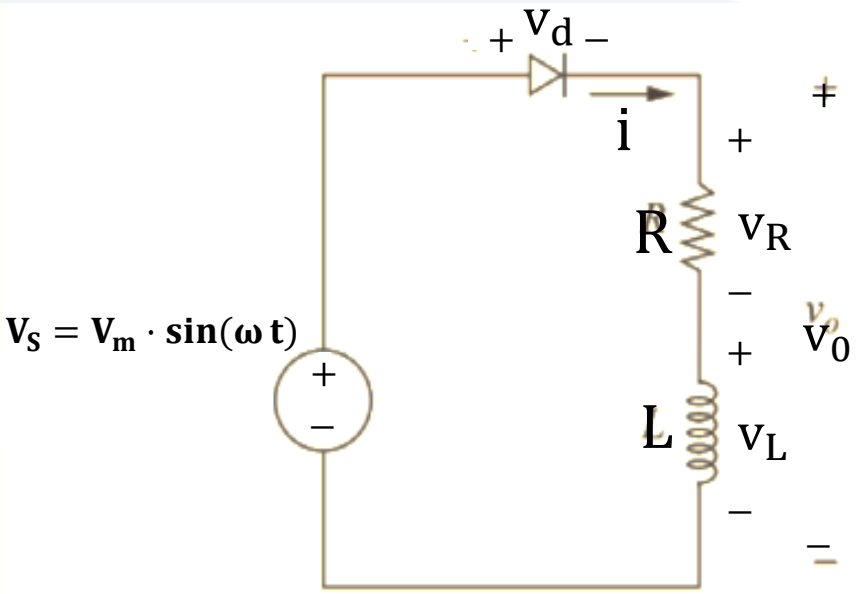
يظهر من الشكل أن قيمة الجهد المطبق على المقاومة $v_R = i.R$، تكون مشابهة لموجة التيار المار عبر الحمل i.





في اللحظة $\omega t=\beta$ تصبح قيمة التيار $i=0$، وبالتالي تكون قيم الجهود المطبقة على العناصر $v_R=0$, $v_L=0$، وعندها يطبق جهد المنبع v_S على الدايود بشكل عكسي (الدايود في حالة انحياز عكسي).

في اللحظة β يقفز جهد الدايود v_d من القيمة صفر إلى القيمة $v_m.\sin\beta$ حيث $\beta > \pi$. هنا $\beta = \gamma$ تمثل زاوية التوصيل للدايود (زاوية الإطفاء).



حسب قانون كيرشوف للجهود خلال فترة التمرير:

$$v_S = v_R + v_L$$

$$V_m \cdot \sin \omega t = R \cdot i(t) + L \cdot \frac{di(t)}{dt}$$

وهي معادلة تفاضلية من المرتبة الأولى، حلها يكون بالشكل التالي:

$$i(t) = i_f(t) + i_n(t)$$

- **The forced response for this circuit is the current that exists after the natural response has decayed to zero. In this case, the forced response is the steady-state sinusoidal current that would exist in the circuit if the diode were not present.**

الاستجابة القسرية لهذه الدارة هي التيار المار بعد تخامد الاستجابة الطبيعية إلى الصفر، في هذه الحالة تكون الاستجابة القسرية هي التيار الجيبي المستقر الذي يمكن أن يوجد في الدارة إذا لم يكن الدايود موجوداً فيها.

- **This steady-state current can be found from phasor analysis, resulting in**

يمكن الحصول على تيار الحالة المستقرة بحل المعادلة التفاضلية، كما يلي:

$$i_f(t) = \frac{V_m}{Z} \cdot \sin(\omega t - \theta)$$

حيث:

$$Z = \sqrt{R^2 + (\omega \cdot L)^2} \qquad \textbf{and} \qquad \theta = \tan^{-1}\left(\frac{\omega \cdot L}{R}\right)$$

- **The natural response is the transient that occurs when the load is energized. It is the solution to the homogeneous differential equation for the circuit without the source or diode.**

الاستجابة الطبيعية هي الحالة العابرة التي تحدث عندما يتم وصل الحمل، وهو حل المعادلة التفاضلية المتجانسة للدارة بدون منبع التغذية أو بدون الدايود.

أي أن التيار يحتوي على مركبتين: الأولى جيبية، والثانية أسية ناتجة عن شحن وتفريغ الوشيعة نتيجة اختزان الطاقة في الوشيعة، وبالتالي فإن التيار سيتأخر عن الجهد، مما يؤدي إلى أن التيار سيمر عبر الدارة عندما يكون جهد التغذية سالباً، وأن التيار i يمر لفترة أكبر من نصف موجة جهد التغذية ($t>180^o$)، ولذلك تكون القيمة المتوسطة لجهد الخرج المقوم في الدارة ذات الحمولة التحريضية أقل منه في الدارة ذات الحمولة الأومية البحتة، حيث أن جهد الخرج يساوي حاصل طرح مساحتي الجزء الموجب والجزء السالب.

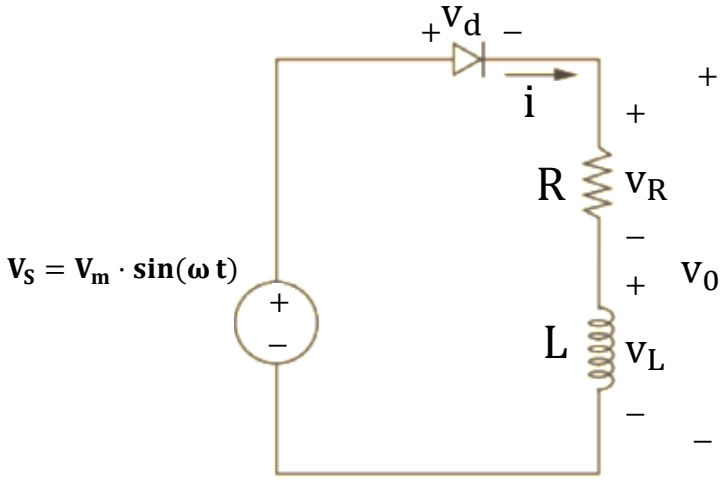
$$R \cdot i(t) + L \cdot \frac{di(t)}{dt} = 0$$

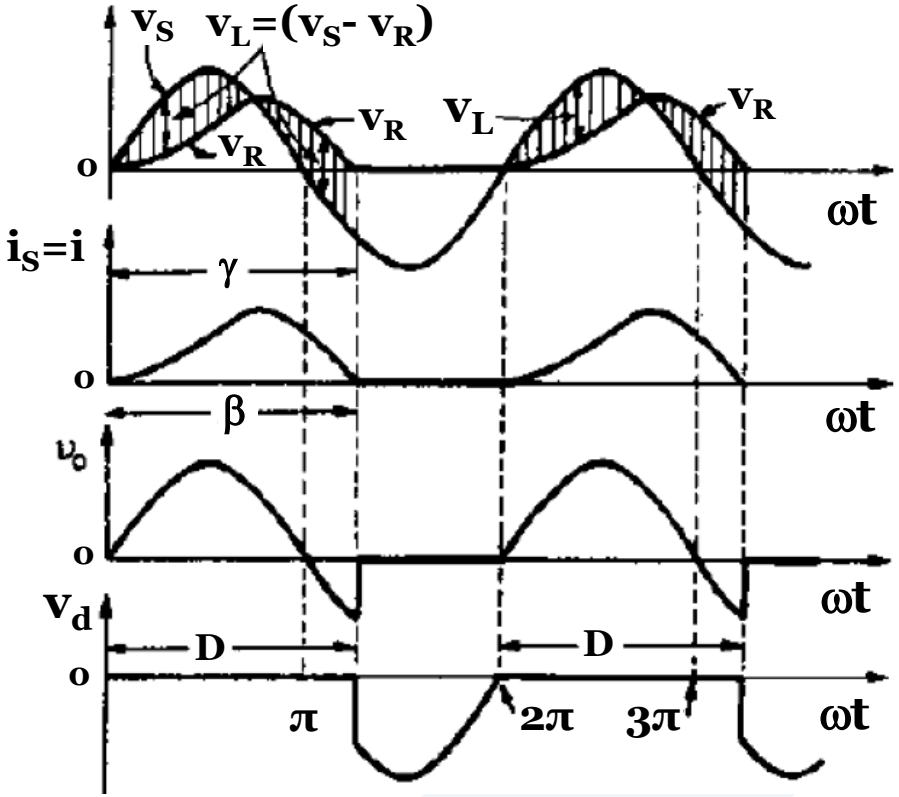
For this first-order circuit, the natural response has the form $i_n(t) = A \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$

حيث: $\tau = \frac{L}{R}$, $A = \text{constant}$

Adding the forced and natural responses gets the complete solution.

$$i(t) = i_f(t) + i_n(t) = \frac{V_m}{Z} \cdot \sin(\omega t - \theta) + A \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} \qquad (*)$$





The constant A is evaluated by using the initial condition for current:

$$t=o\ ,\ i(\omega t)=o.$$

Using the initial condition and equation (*) to evaluate A yields

$$i(0) = \frac{V_m}{Z} \cdot \sin(0-\theta) + A \cdot e^0 = 0$$

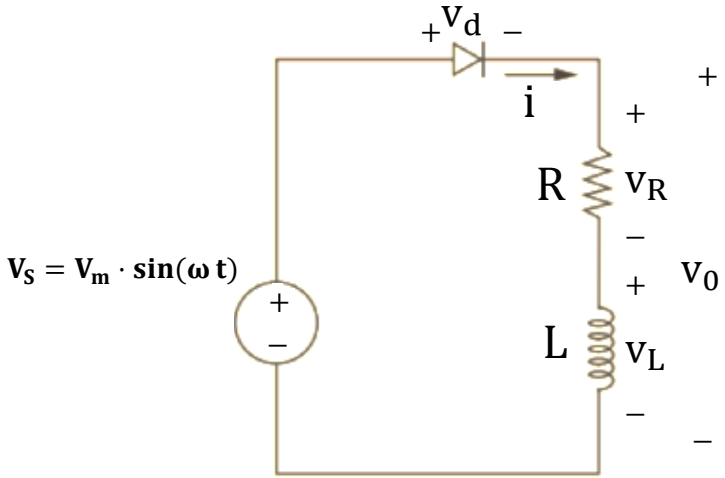
$$A = -\frac{V_m}{Z} \cdot \sin(-\theta) = \frac{V_m}{Z} \cdot \sin\theta$$

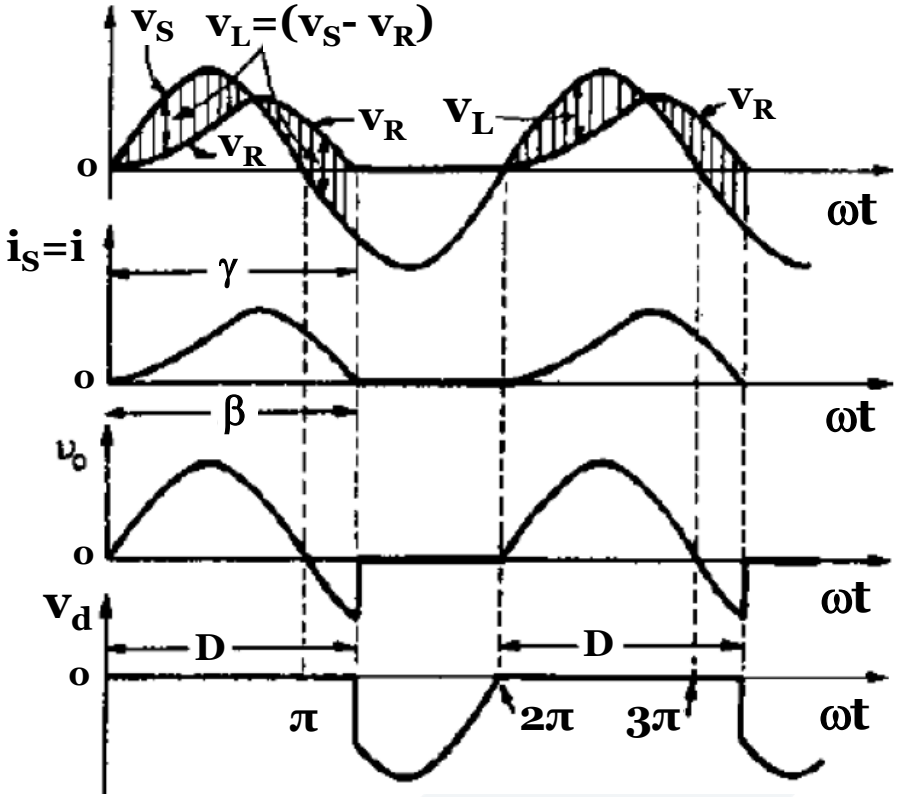
بالتعويض في العلاقة (*) نجد:

$$i(t) = i_f(t) + i_n(t) = \frac{V_m}{Z} \cdot \sin(\omega t-\theta) + A \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} \quad (*)$$

$$i(t) = \frac{V_m}{Z} \cdot \sin(\omega t-\theta) + \frac{V_m}{Z} \cdot \sin(\theta) \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$i(t) = \frac{V_m}{Z} \cdot [\sin(\omega t-\theta) + \sin(\theta) \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}]$$





يمكن كتابة المعادلة الأخيرة للتيار بالشكل:

$$i(\omega t) = \frac{V_m}{Z} \cdot [\sin(\omega t - \theta) + \sin(\theta) \cdot e^{-\frac{\omega t}{\omega \tau}}]$$

في هذه العلاقة فإن النقطة التي يصل فيها التيار للقيمة صفر توافق حالة عدم تمرير الدايود (off).

أول قيمة موجبة لـ ωt في المعادلة الأخيرة والتي تكون فيها قيمة التيار مساوية للصفر تسمى زاوية الإطفاء Extinction angle ونرمز لها بالرمز β.

يمكن إيجاد قيمة β من المعادلة الأخير، بتعويض $\omega t = \beta$:

$$i(\beta) = \frac{V_m}{Z} \cdot \left[\sin(\beta - \theta) + \sin(\theta) \cdot e^{-\frac{\beta}{\omega \tau}}\right] = 0$$

$$\Rightarrow \sin(\beta - \theta) + \sin(\theta) \cdot e^{-\frac{\beta}{\omega \tau}} = 0$$

القيمة المتوسطة لجهد الخرج، والتي تمثل مركبة DC تحسب من العلاقة:

$$V_{dc} = \frac{1}{2\pi}\int_{0}^{2\pi} v(\omega t)\cdot d(\omega t)$$

$$V_{dc} = \frac{1}{2\pi}\int_{0}^{\beta} V_m \cdot \sin\omega t \cdot d(\omega t) = \frac{V_m}{2\pi}\cdot(1-\cos\beta)$$

أما المركبة المستمرة DC لتيار الخرج، فتحسب من العلاقة:

$$I_{dc} = \frac{V_{dc}}{R} = \frac{V_m}{2\pi\cdot R}\cdot(1-\cos\beta)$$

القيمة الفعالة لجهد الخرج:

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{2\pi}\int_0^{\omega t} v^2(\omega t)\cdot d(\omega t)} = \sqrt{\frac{1}{2\pi}\int_0^{\beta} v^2(\omega t)\cdot d(\omega t)}$$

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{2\pi}\int_0^{\omega t} (V_m \cdot \sin \omega t)^2 \cdot d(\omega t)} = \sqrt{\frac{V_m^2}{4\pi}(\beta - \frac{1}{2} sin2\beta)}$$

أما القيمة الفعالة للتيار فتساوي:

$$I_{rms} = \frac{V_{rms}}{Z} = \frac{V_{rms}}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}} = \frac{1}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}} \sqrt{\frac{V_m^2}{4\pi}(\beta - \frac{1}{2} sin2\beta)}$$

Example: For the RL half-wave rectifier, R=100Ω, L=0.1H, ω=377rad/s, and V_m=100V. Determine:

(a)An expression for the current in this circuit.

(b) the average current.

(c) the rms current.

(d)The power absorbed by the RL load.

(e)The power factor.