

الالكترونيات الطاقة Power Electronic

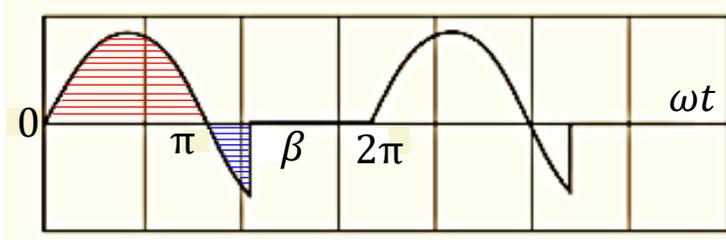
الدكتور المهندس
علاء الدين أحمد حسام الدين

3

مفردات المقرر

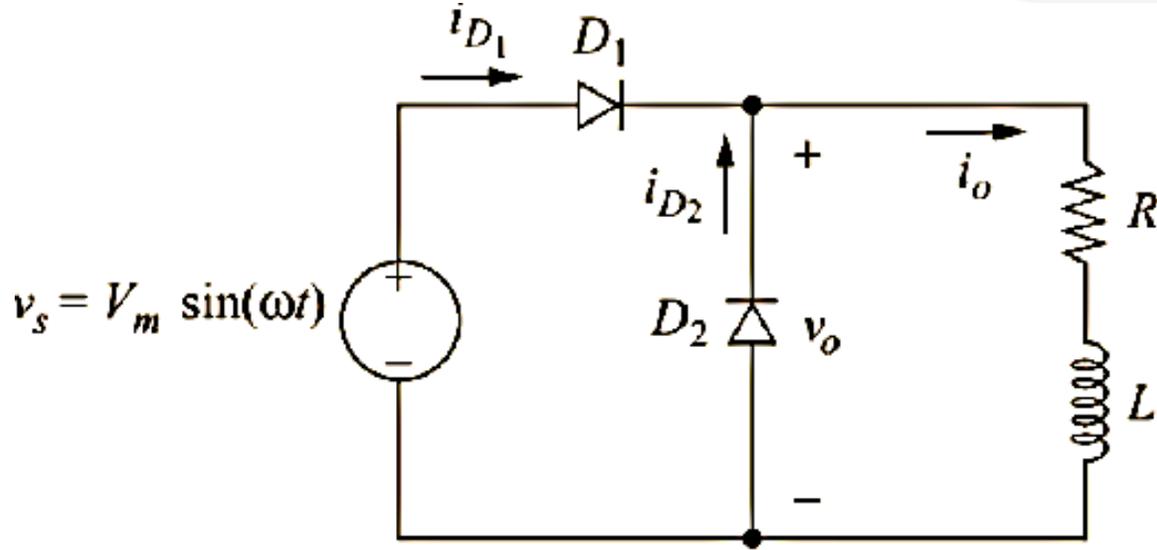
- ❖ مقدمة.
- ❖ عناصر الكترونيات القدرة، وخصائصها.
- ❖ عمل دارات المبدلات أحادية الطور على حمولة اومية.
- ❖ عمل دارات المبدلات أحادية الطور على حمولة تحريضية.
- ❖ عمل دارات المبدلات ثلاثية الأطوار على حمولة اومية.
- ❖ عمل دارات المبدلات ثلاثية الأطوار على حمولة تحريضية.
- ❖ مقطعات التيار المستمر/ مقطعات 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.

تعاني دارات التقويم التي تحتوي على حمل تحريضي من بعض المشاكل أهمها:



1. القيمة المتوسطة لجهد الخرج المقوم في الدارة ذات الحمولة التحريضية ستكون أصغر من مثيلتها في الدارة ذات الحمولة الأومية فقط، لأن هذا الجهد في حالة الحمولة التحريضية يساوي حاصل طرح القسم السالب من الموجب للموجة.
2. التيار المار في الحمل يمكن أن يكون غير متصل.
3. يمكن أن يكون جهد الخرج سالباً.
4. التموج في هذا النوع من الدارات يكون مرتفع القيمة.

من أجل التخلص من السلبيات السابقة، وزيادة القيمة المتوسطة لموجة جهد الخرج يتم اللجوء إلى وضع دايود صفري (حر) على التفرع مع الحمولة، حيث يساهم في إلغاء القسم السالب من منحنى جهد الخرج المقوم.

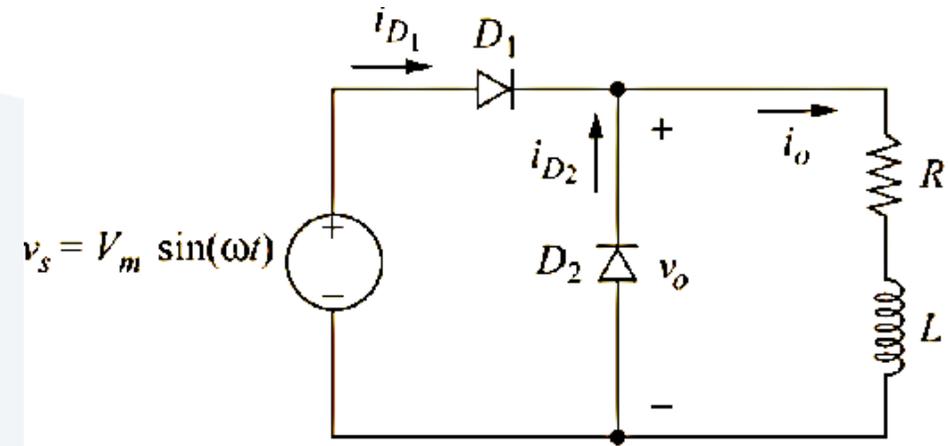


لا يمكن أن يكون الدايودان متحازان أمامياً في نفس الوقت، فالدايود D_1 يكون في حالة انحياز أمامي عندما تكون موجة الجهد موجبة، أما الدايود D_2 فيكون متحاز أمامياً في النصف السالب من الموجة. أي أن الدايود D_1 يعمل في نصف الموجة الموجب، أما الدايود D_2 فيعمل في نصف الموجة السالب.

يجب الانتباه إلى أنه كلما كبرت قيمة L كلما انخفضت القيمة الأعظمية للتيار، وذلك بسبب انخفاض قيمة الجهد على الوشيعة.

For a positive source voltage,

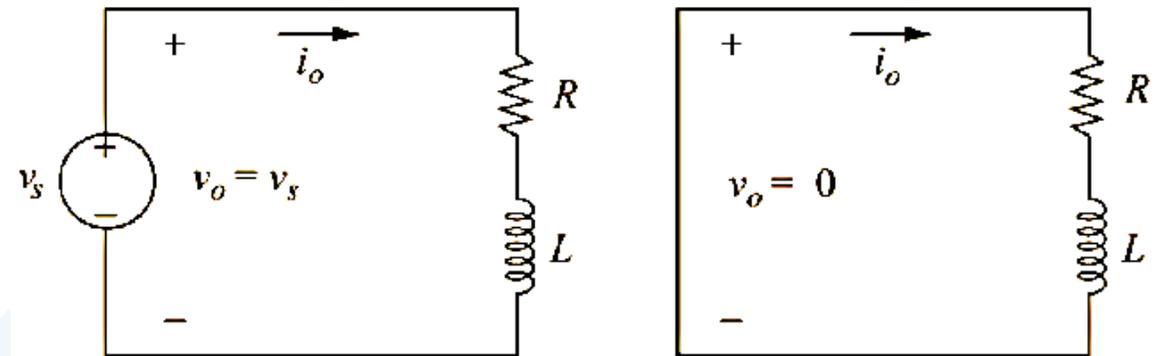
- D_1 is on.
- D_2 is off.
- The equivalent circuit is the same as that of fig. b.
- The voltage across the RL load is the same as the source.



(a)

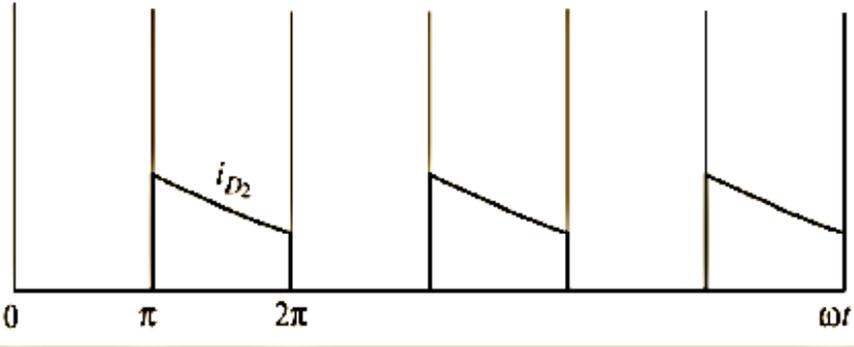
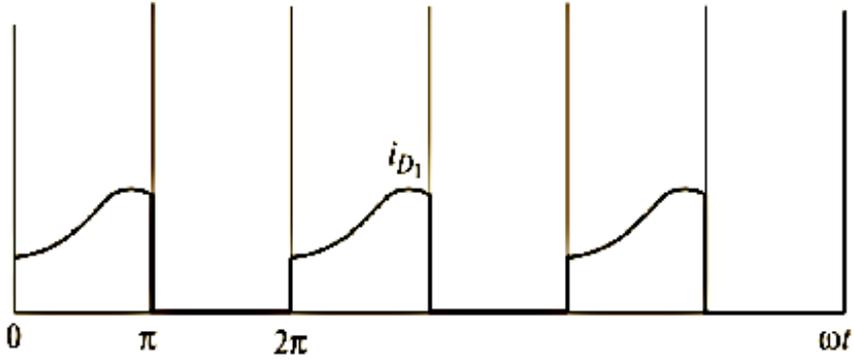
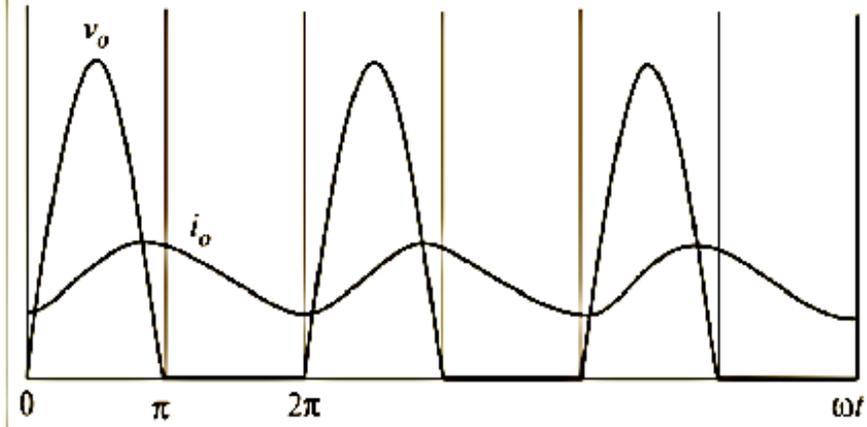
For a negative source voltage,

- D_1 is off.
- D_2 is on.
- The equivalent circuit is the same as that of fig. c.
- The voltage across the RL load is zero



(b)

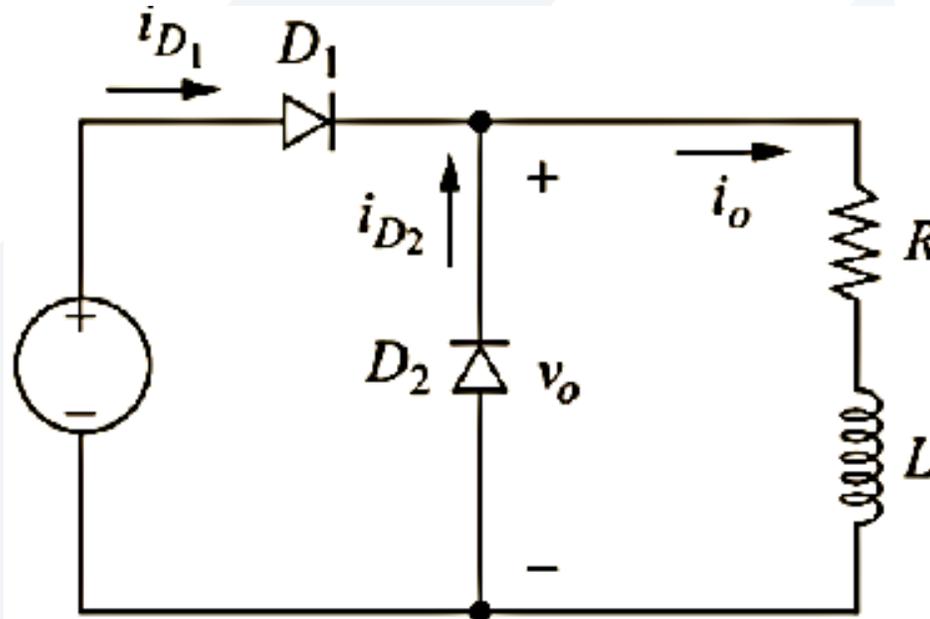
(c)



نظراً لأن الجهد عبر الحمل RL هو نفس جهد المنبع عندما يكون المنبع موجباً، ويكون مساوي للصفر عندما يكون جهد المنبع سالباً، فسيكون جهد الحمل عبارة عن موجة جيبيّة مقومة نصف تقويم.

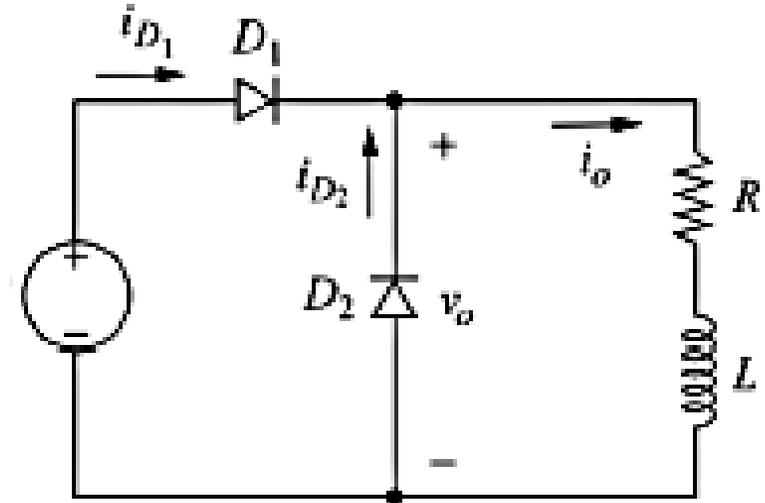
يبين الشكل تيارات الحمولة والمنبع والدايود في الحالة المستقرة.

Example: Determine the average load voltage and current for the circuit, where $R=2\Omega$, $L=25\text{mH}$, $V_m=100\text{V}$, and the frequency is 50Hz .



$$V_o = \frac{V_m}{\pi} = \frac{100}{\pi} = 31.8 \text{ V}$$

$$I_o = \frac{V_o}{R} = \frac{31.8}{2} = 15.9 \text{ A}$$



تحليلات فورييه Fourier Analysis

يكون جهد الخرج لحول القدرة في الحالة المستقرة عبارة عن موجة جورية مع الزمن، ويعطى بالعلاقة:

$$v_o(t) = v_o(t + T)$$

حيث أن (T) - هو الزمن الدوري، إذا كان $(T = 2\pi)$ فإن:

$$T = \frac{1}{f} \quad , \quad \omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$$

$$v_o(\omega t) = v_o(\omega t + 2\pi)$$

تنص نظرية فورييه على أن أي موجة دورية يمكن أن توصف أو تحلل بواسطة مقدار ثابت ومجموع غير متناهي من سلاسل Sin و Cos من أجل تردد $n\omega$ ، حيث أن n هو عدد صحيح، ويعبر عنها بالشكل التالي:

$$v_o(t) = a_o + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cos n\omega t + \sum_{n=1}^{\infty} b_n \sin n\omega t$$

وتعطي قيم الثوابت (a_o, a_n, b_n) بالعلاقات:

$$a_o = \frac{1}{T} \int_0^T v(t) d\omega t = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} v(t) d\omega t$$

$$a_n = \frac{2}{T} \int_0^T v(t) \cos n\omega t d\omega t = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} v(t) \cos n\omega t d\omega t$$

$$b_n = \frac{2}{T} \int_0^T v(t) \sin n\omega t d\omega t = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} v(t) \sin n\omega t d\omega t$$

وهناك شكل آخر للتعبير عن سلسلة فورييه بالشكل التالي: $v_o(t) = a_o + \sum_{n=1}^{\infty} c_n \sin(n\omega t + \phi)$

حيث:

$$a_n \cos n\omega t + b_n \sin n\omega t = \sqrt{a_n^2 + b_n^2} \left[\frac{a_n}{\sqrt{a_n^2 + b_n^2}} \cos n\omega t + \frac{b_n}{\sqrt{a_n^2 + b_n^2}} \sin n\omega t \right] = \sqrt{a_n^2 + b_n^2} [\sin \phi_n \cos n\omega t + \cos \phi_n \sin n\omega t]$$

$$= \sqrt{a_n^2 + b_n^2} [\sin(n\omega t + \phi_n)] = c_n \sin(n\omega t + \phi_n)$$

c_n :- تمثل القيمة العظمى لمفكوك رقم (n) لجهد المخرج.
 ϕ_n :- تمثل زاوية التأخير لمفكوك رقم (n) لجهد المخرج.

حيث: $\phi_n = \tan^{-1} \frac{a_n}{b_n}$

وهناك بعض الحالات الخاصة للموجات التي يتم تحليلها باستخدام فورييه منها:

1. الموجة التناظرية التي يكون فيها النصف الموجب مرآة للنصف السالب، وإزاحة طورية تساوي نصف الزمن الدوري.

$$a_0 = 0$$

$$a_n = \frac{2}{T} \int_0^T v(t) \cos n \omega t d\omega t = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} v(\omega t) \cos n \omega t d\omega t$$

$n = 1, 3, 5, \dots$

$$b_n = \frac{2}{T} \int_0^T v(t) \sin n \omega t d\omega t = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} v(\omega t) \sin n \omega t d\omega t$$

$n = 1, 3, 5, \dots$

$$v_o(t) = \sum_{n=1,3,5,\dots}^{\infty} c_n \sin(n \omega t + \phi)$$

$$f(-t) = -f(t)$$

2. الموجة الفردية (Odd Wave): وهي موجة تحقق العلاقة:

$$\int_{-T/2}^{T/2} f(t) dt = 0 \quad \text{ويكون:}$$

في هذه الموجة تعطى العلاقات كما يلي:

$$a_0 = a_n = 0$$

$$b_n = \frac{4}{T} \int_0^{T/2} v(t) \sin n \omega t d \omega t$$

$$v_o(t) = \sum_{n=1}^{\infty} b_n \sin n \omega t$$

$$v_o(t) = b_1 \sin \omega t + b_2 \sin 2\omega t + b_3 \sin 3\omega t + \dots$$

إذا كان $(T = 2\pi)$ فإن:

$$b_n = \frac{2}{\pi} \int_0^{\pi} v(t) \sin n\omega t d\omega t$$

3. الموجة الزوجية (Even Wave): وهي موجة تحقق الشرط: $f(-t) = f(t)$

وفي هذا النوع من الموجات يكون قيمة الثابت $(b_n = 0)$ ، ويعطى كل من الثوابت (a_0, a_n) بالعلاقات التالية:

$$a_0 = \frac{2}{T} \int_0^{T/2} v_0(t) dt$$

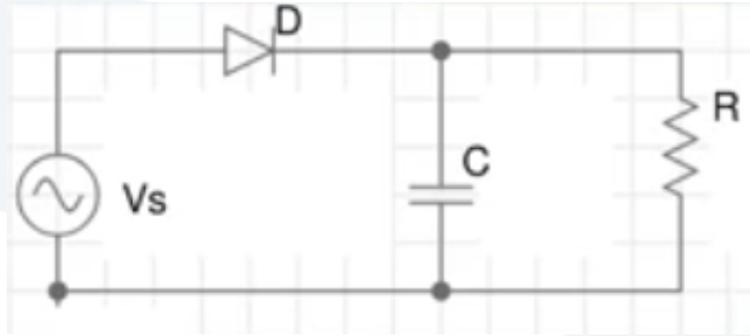
$$a_n = \frac{4}{T} \int_0^{T/2} v_0(t) \cos n \omega t d\omega t \quad , n = 1, 2, 3, \dots$$

إذا كان $(T = 2\pi)$ فإن:

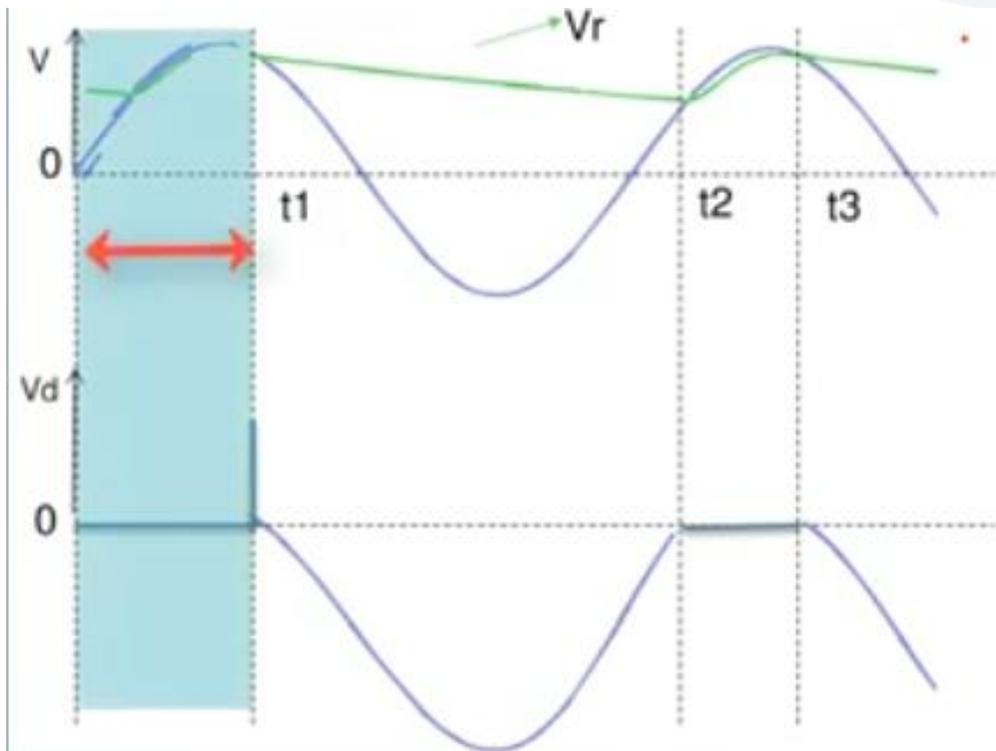
$$a_0 = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} v_o(t) dt$$

$$a_n = \frac{2}{\pi} \int_0^{\pi} v_o(t) \cos n\omega t d\omega t \quad , n = 1, 2, 3, \dots$$

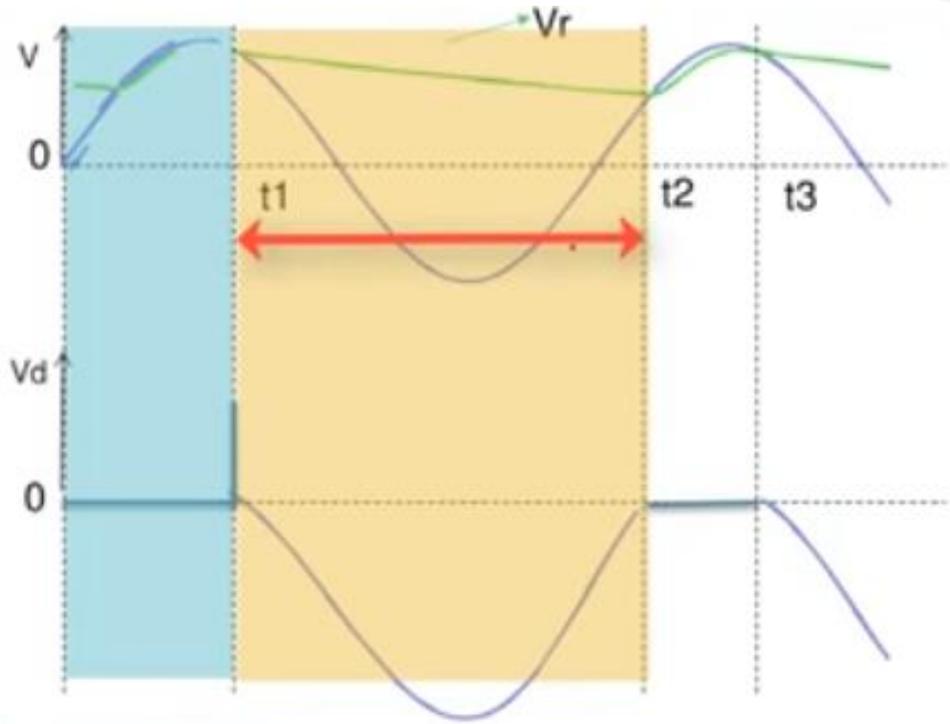
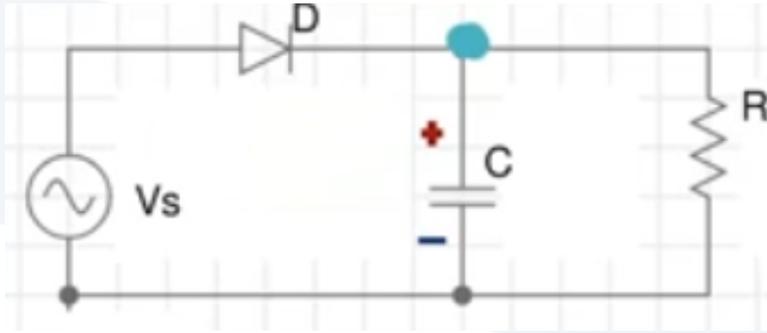
$$v_o(t) = a_0 + a_1 \cos \omega t + a_2 \cos 2\omega t + a_3 \cos 3\omega t + \dots$$



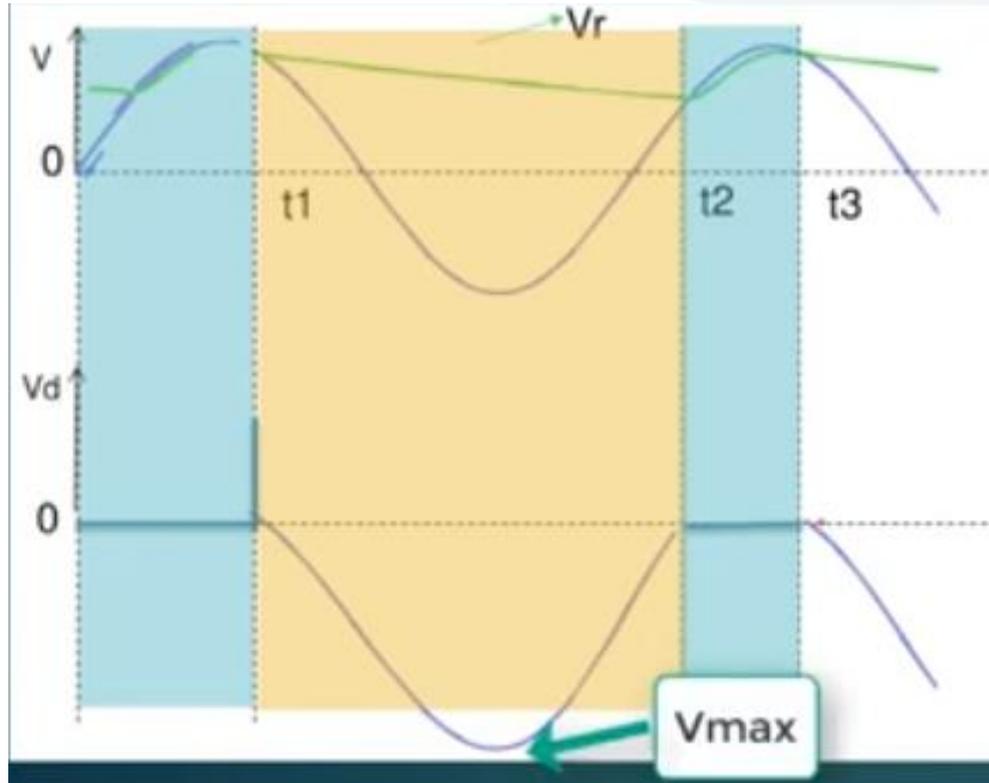
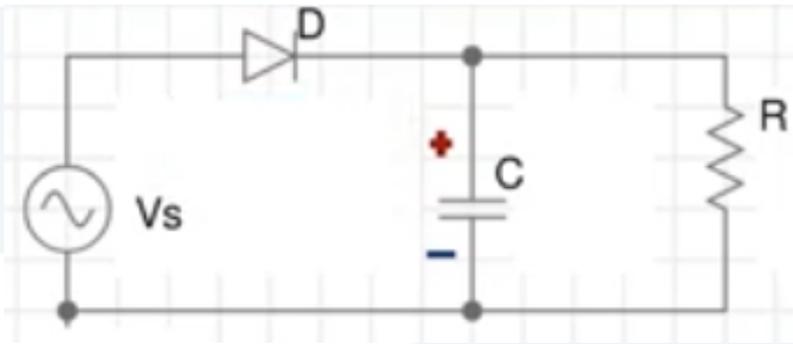
التقويم أحادي الطور نصف
 موجة عند حمولة سعوية
 أومية **R-C load**:



المجال 0-t1:
 يكون الدايمود في حالة انخياز
 أمامي ويمرر التيار.



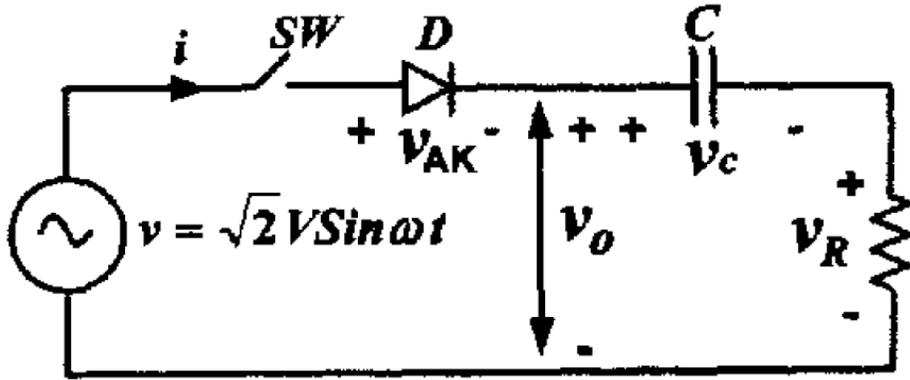
المجال t_1-t_2 :
 يكون الدايود في حالة انحياز
 عكسي، ويبدأ المكثف في تفريغ
 شحنته في الحمل ويكون الجهد
 الأعظمي للدايود V_{max} .



المجال t_2-t_3 :
يصبح $V_s > V_c$ يعود الدايود
إلى حالة انحياز أمامي ويمر
التيار..

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

عند إغلاق المفتاح **SW** تكون معادلة الجهد حسب قانون كيرشوف الثاني:



$$V_S = V_R + V_C = V_O$$

$$V_m \cdot \sin \omega t = R \cdot i + \frac{1}{C} \int_0^t i \cdot dt$$

وهي معادلة تفاضلية من المرتبة الأولى، حلها يكون بالشكل التالي: $i = i_f + i_n$

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

تكون المركبة القسرية للتيار بالشكل:

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

حيث:

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega \cdot C}\right)^2} \quad \text{and} \quad \theta = \tan^{-1} \left(\frac{1}{\omega \cdot C \cdot R} \right)$$

$$i_n = A \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} = A \cdot e^{-\frac{t}{RC}}$$

أما المركبة الطبيعية للتيار فهي:

وبالتالي تكون علاقة التيار الكلي هي:

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

يتم تحديد قيمة الثابت A من الشروط الابتدائية عندما تكون شحنة المكثف تساوي الصفر، أي لا يمر التيار عبر الدارة:

$$t=0, i=0, V_C=0.$$

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

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

بالتعويض في العلاقة (**): نجد:

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

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

يعطى فرق الجهد على طرفي المكثف بالعلاقة:

$$V_C = \frac{1}{C} \int_0^t i \cdot dt$$

$$V_C = V_m \cdot \sin \theta \left[\cos \theta \cdot e^{-\frac{t}{RC}} - \cos(\omega t + \theta) \right]$$

عند نهاية موجة التيار عند $(\omega t = \beta > 90^\circ)$ يكون جهد المكثف V_C موجبا لذلك يكون المكثف مشحون ايجابيا عند بداية الموجة الثانية للتيار عندما يكون $V = V_0$ ، ويكون الدايمود في حالة التوصيل فقط عندما يكون الجهد V_S أكبر من جهد المكثف V_C .
 إذا كانت قيمة المقاومة $R=0$ فإن جهد المكثف V_C تصل إلى القيمة العظمى لجهد منبع التغذية عند أول نبضة للتيار.

