جامعة المنارة
قسم هندسة الميكاترونكس

الكترونيات الطاقة
Power Electronic

الدكتور المهندس
علاء الدين أحمد حسام الدين

7

مفردات المقرر

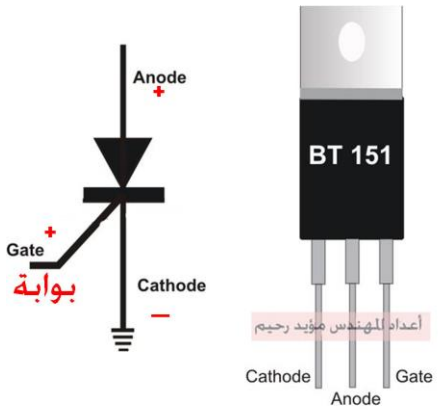
- مقدمة.
- عناصر الكترونيات القدرة، وخصائصها.
- عمل دارات المبدلات أحادية الطور على حمولة اومية.
- عمل دارات المبدلات أحادية الطور على حمولة تحريضية.
- عمل دارات المبدلات ثلاثية الأطوار على حمولة اومية.
- عمل دارات المبدلات ثلاثية الأطوار على حمولة تحريضية.
- مقطعات التيار المستمر/ مقطعات التقوية - التضعيف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

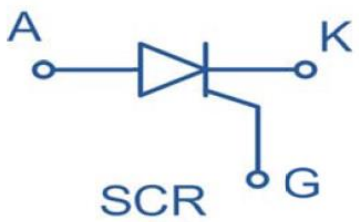
أنواع الثايرستور Thyristor Type :

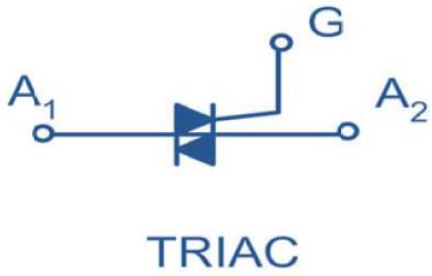
يوجد عدة أنواع من الثايرستور تتفق بأنها لها ثلاثة أطراف، وتختلف في كيفية تحويلها من حالة التوصيل إلى حالة الفصل، وهي:

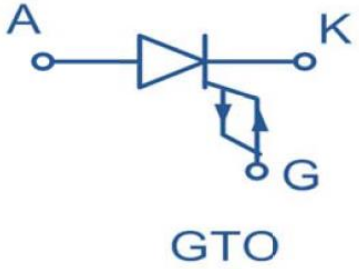
الثايرستور العادي	Phase Controlled Thyristor (SCR)
الثايرستور سريع الفتح والإغلاق	Fast Switching Thyristor (SCR)
الثايرستور ذي بوابة الفتح والإغلاق	Gate-turn-off Thyristor (GTO)
الثايرستور المزدوج	Bidirectional Triode Thyristor (TRIAC)
الثايرستور الذي يتم إشعاله بالضوء	Light Activated Silicon-Controlled Rectifier

كل الأنواع المذكورة توصل التيار باتجاه واحد عدا الترياك الذي يوصل التيار في كلا الاتجاهين، وتسمى الأطراف الثلاثة (مصعد – مهبط – بوابة) إلا الترياك له (مصعدان وبوابة).
تتشابه الأنواع المختلفة للثايرستور في المميزات الستاتيكية، لكنها تختلف في الرمز والتسمية.


Anode
+
Gate
+
بوابة
Cathode
–
BT 151
Cathode
Gate
Anode
أعداد المهندس مؤيد رحيم


A
K
G
SCR


G
A1
A2
TRIAC


A
K
G
GTO

A
K
G
LASCR

المقومات المقادة Controlled Rectifiers :

تستخدم المقومات المقادة للتحويل من تيار متناوب إلى تيار مستمر بجهد على الخرج يمكن التحكم بقيمته، وتغيير قيمته حسب حاجة الأحمال التي تزودها هذه المقومات بالطاقة الكهربائية. ويتم ذلك باستخدام عناصر التقويم المقادة (الثايرستورات)، التي يتم استخدامها كمفاتيح تحكم الكترونية، حيث يتم التحكم في جهد الخرج بتغيير قيمة زمن (زاوية) إشعال (قدح) الثايرستور، وذلك في الفترة التي يكون فيها الثايرستور بحالة انحياز أمامي. ويتم ذلك بتطبيق نبضة على البوابة، بينما يتم إخماده طبيعياً نتيجة انعكاس جهد منبع التغذية على الثايرستور في حالة الأحمال الممثلة بمقاومة، أما إذا كانت الأحمال تحريضية فيتم إخماده بإشعال ثايرستور آخر في الدارة، وذلك خلال النصف السالب من موجة جهد منبع التغذية.

الثايرستور الذي يكون في حالة توصيل، يتحول إلى حالة فصل عندما يصبح جهد المنبع الذي يغذيه سالباً، أو أن يكون هنالك منبع آخر أصبح جهده أعلى يغذي ثايرستورات أخرى كما في حالة المقومات الثلاثية الاطوار.

تتميز المقومات المقادة بالبساطة والكفاءة العالية وقلة التكلفة، ولذلك تستخدم بكثرة في التحكم بالتطبيقات الصناعية التي تتطلب سرعات متغيرة: (شحن البطاريات، التحكم بسرعة محركات التيار المستمر، التحكم بالإنارة، التحكم بالتسخين، ....الخ).

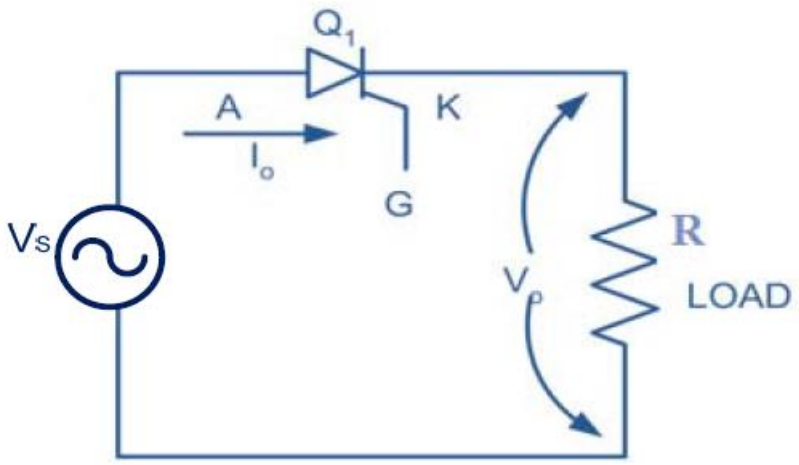
أنواع المقومات المقادة:

ويمكن تقسيم المقاومات المقادة حسب منبع التغذية إلى نوعين رئيسيين: أحادية الطور و ثلاثية الأطوار.

1. مقوم أحادي الطور نصف موجة مقاد (ثايرستور واحد).
2. مقوم أحادي الطور موجة كاملة مقاد (4 ثايرستورات).
3. مقوم أحادي الطور موجة كاملة نصف مقاد (ثايرستورين ودايودين).
4. مقوم ثلاثي الطور نصف موجة مقاد (3 ثايرستورات).
5. مقوم ثلاثي الطور موجة كاملة مقاد (6 ثايرستورات).
6. مقوم ثلاثي الطور موجة كاملة نصف مقاد (3 ثايرستورات و 3 دايودات).

مقوم أحادي الطور نصف موجة مقاد Single Phase Half-wave Controlled Rectifier:

1. دارة تقويم أحادية الطور مقادة نصف موجة مع حمل أومي:

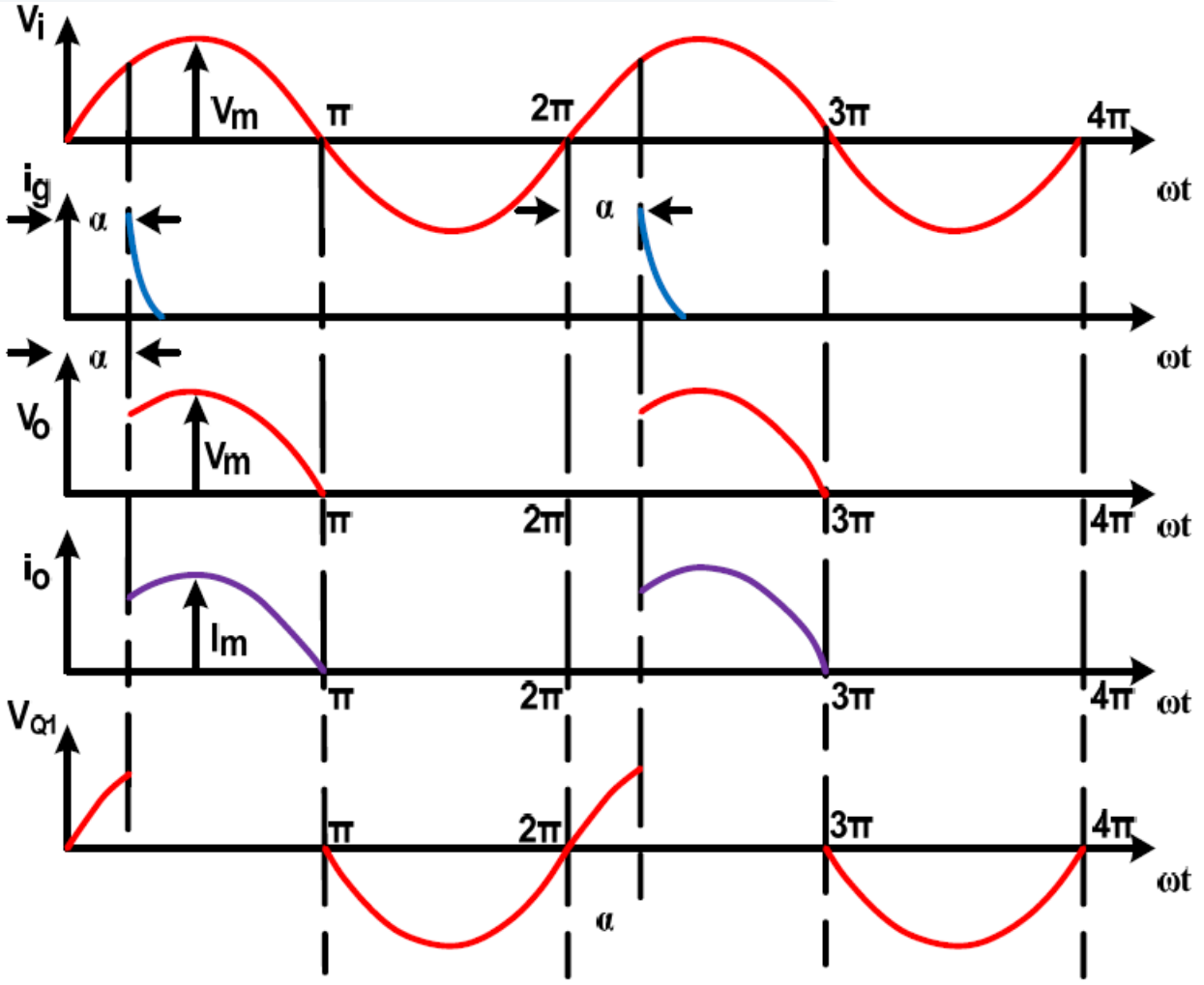


يبين الشكل دارة مقوم أحادي الطور نصف موجة مقاد مع حمل أومي عبارة عن مقاومة والمكونة من ثايرستور واحد.

خلال النصف الموجب من موجة جهد المنبع يكون جهد المصعد A أعلى من جهد المهبط K، ويكون الثايرستور في حالة انحياز أمامي، إلا أنه لن يمرر التيار حتى يتم إشعاله عن طريق تيار البوابة عند زاوية القدح (الإشعال) α، عندها سوف يظهر جهد الدخل على الحمل، ويبدأ مرور التيار في الحمل من خلال الثايرستور، وعندما يصل جهد الدخل إلى القيمة صفر عند ($\omega t=\pi$) فإن التيار المار بالحمل يكون مساوياً للصفر أيضاً، ويصبح الثايرستور في حالة فصل.

عندما يبدأ النصف السالب من موجة جهد منبع التغذية فإن جهد المصعد A سيكون أقل من جهد المهبط K، ويكون الثايرستور في حالة إنحياز عكسي، أي أنه لا يمكن إشعاله خلال هذه الفترة، ويستمر هذا الوضع حتى تبدأ الموجة الموجبة مرة أخرى (دور جديد)، ويتم إشعال الثايرستور مرة أخرى، ويتكرر ذلك كل دور.

يبين الشكل أشكال موجات الجهد والتيار.



- ✓ إذا أصبح الثايرستور في حالة انحياز أمامي فإن توصيل التيار سيتأخر إلى حين تأثير تيار على البوابة.
- ✓ عندما يبدأ الثايرستور بتوصيل التيار يمكن إزالة تيار البوابة.
- ✓ لا يتوقف الثايرستور عن توصيل التيار إلا إذا انخفض التيار إلى قيمة صفرية.

القيمة المتوسطة والقيمة الفعالة لجهد الخرج:

يمكن إيجاد القيمة المتوسطة للجهد المستمر المطبق على الحمل V_{av} من عملية التقويم، وذلك بإيجاد تكامل شكل موجة الحمل (الخرج) خلال دور، فإذا تم تطبيق تيار البوابة عند البوابة $\alpha = \omega t$ ستكون علاقة القيمة المتوسطة كما يلي:

$$V_{av} = V_{dc} = V_{out} = \frac{1}{2\pi}\int_{\alpha}^{\pi} V_m \cdot \sin(\omega t) \cdot d(\omega t) = \frac{V_m}{2\pi}(1 + \cos\alpha)$$

واضح من المعادلة أن هذا الجهد يمكن التحكم بقيمته من خلال التحكم بقيمة زاوية القدح α.

يمكن حساب القيمة المتوسطة لتيار الحمل بالعلاقة:

$$I_{av} = \frac{V_{av}}{R} = \frac{V_m}{2\pi R}(1 + \cos\alpha)$$

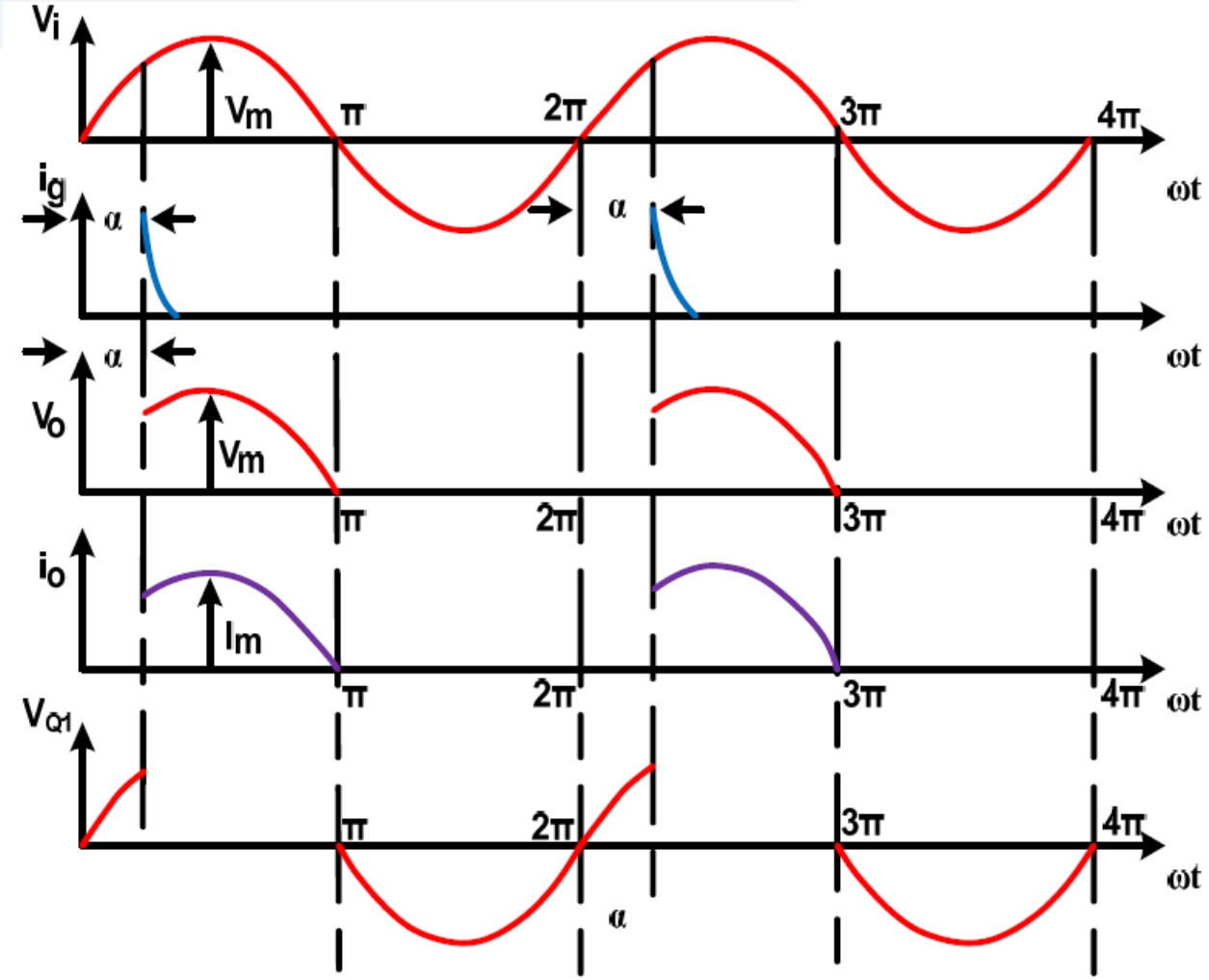
القيمة الفعالة لجهد الخرج على أطراف الحمولة:

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{2\pi}\int_{\alpha}^{\pi}[V_m \cdot \sin(\omega t)]^2 \cdot d(\omega t)} = \frac{V_m}{2}\sqrt{(1 - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{\sin(2\alpha)}{2\pi})}$$

$$V_{rms} = \frac{V_m}{2}\sqrt{\frac{1}{\pi}(\pi - \alpha + \frac{\sin(2\alpha)}{2})} = \frac{V_m}{2}\sqrt{(1 - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{\sin(2\alpha)}{2\pi})}$$

يمكن حساب القيمة الفعالة لتيار الحمل بالعلاقة:

$$I_{rms} = \frac{V_{rms}}{R} = \frac{V_m}{2R}\sqrt{\frac{1}{\pi}\left(\pi - \alpha + \frac{\sin(2\alpha)}{2}\right)} = \frac{V_m}{2R}\sqrt{(1 - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{\sin(2\alpha)}{2\pi})}$$



بالعودة لأشكال موجات الجهد والتيار نجد أن التيار في الحمل الناتج من استخدام دارة التقويم هذه يكون متقطعاً، وهذا غير مرغوب فيه في التطبيقات الصناعية المختلفة، لذا من النادر استخدام مثل هذه الدارة للتقويم، ويقتصر استخدامها على الاستطاعات الصغيرة جداً.

أمثلة:

دارة تقويم أحادية الطور نصف موجة مقادة، فإذا علمت أن القيمة العظمى لجهد منبع التغذية المتناوب $V_m=110V$، المطلوب:

1. احسب القيمة المتوسطة والقيمة الفعالة لجهد الخرج لزوايا القدح التالية:

$$0 , 30^o , 45^o , 60^o , 90^o , 120^o , 135^o , 180^o$$

ارسم بدقة (على ورقة رسم بياني ميليمترية) موجة الدخل، وإشارة القدح، وموجات الخرج لكل من زوايا القدح: $45^o , 90^o , 120^o$

دارة تقويم أحادية الطور نصف موجة مقادة، تغذى من منبع تغذية متناوب قيمته 220V بتردد 50Hz، وذلك لتغذية حمل أومي قيمتها 10Ω. المطلوب إيجاد:

1. القيمة المتوسطة لتيار الحمل إذا كانت زاوية القدح 45°.
2. زاوية القدح اللازمة للحصول على تيار 6A.
3. أقصى قيمة يمكن الحصول عليها لتيار الحمل.
4. أقصى جهد عكسي مطبق على الثايرستور PIV.
5. ارسم موجات الجهد والتيار في الدارة.

دارة تقويم مقادة أحادية الطور نصف موجة، تغذى من منبع جهد قيمته 220V، فإذا علمت أن قيمة مقاومة الحمولة الموصولة في الدارة $R=10\Omega$، المطلوب:

احسب القيمة المتوسطة لجهد الحمل، والقدرة المزودة للحمل من أجل قيم α التالية:

$0 , 45^{o} , 90^{o} , 135^{o} , 180^{o}$

دارة تقويم أحادية الطور نصف موجة مقادة، تغذى من منبع تغذية متناوب قيمته 220V بتردد 50Hz، وذلك لتغذية حمل أومي قيمتها 10Ω. فإذا علمت أن زاوية القدح للثايرستور $\alpha=30^{o}$، المطلوب إيجاد:

1. القيمة العظمى لتيار الحمل.
2. القيمة المتوسطة لجهد وتيار الحمل.
3. القيمة الفعالة لجهد وتيار الحمل.
4. استطاعة الحمل.
5. زاوية التوصيل.
6. تردد موجة الخرج.
7. عامل الإستطاعة للحمل.