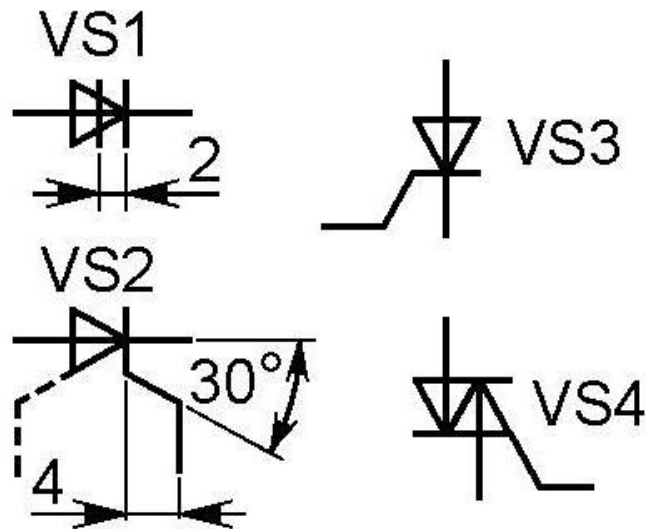


Тиристоры

Тиристоры – полупроводниковые приборы, имеющие три и более *p-n*-переходов. Тиристор – электронный ключ, т.е имеет два состояния: включен (открыт) и выключен (закрит).

Максимальное напряжение, прикладываемое к тиристоры составляет в пределе до нескольких сотен (тысяч) вольт, а максимальный ток лежит в диапазоне от нескольких ампер до тысячи ампер.



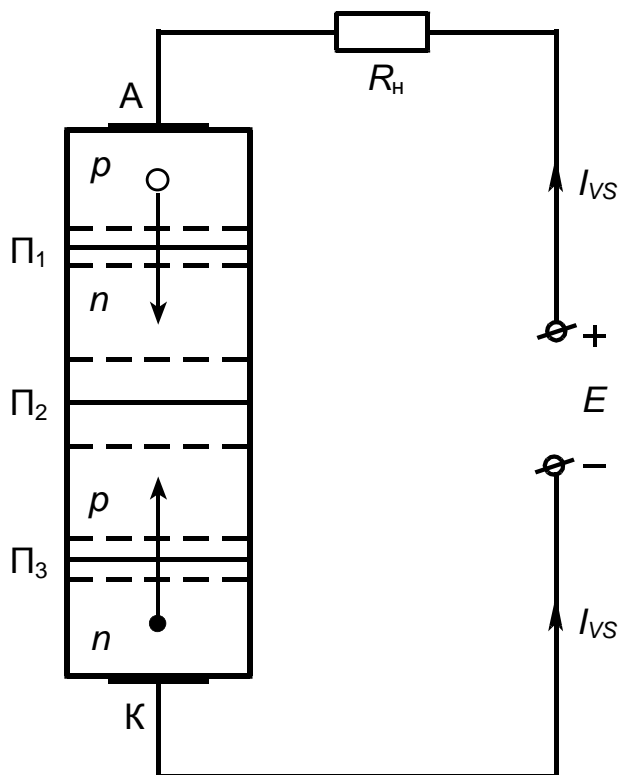
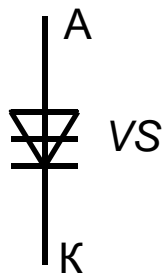
УГО тиристоров

Название «тиристор» от греч. *thyra* (тира) - дверь, вход.

VS1 – динистор;
 VS2, VS3 – тринистор;
 VS4 – симистор.

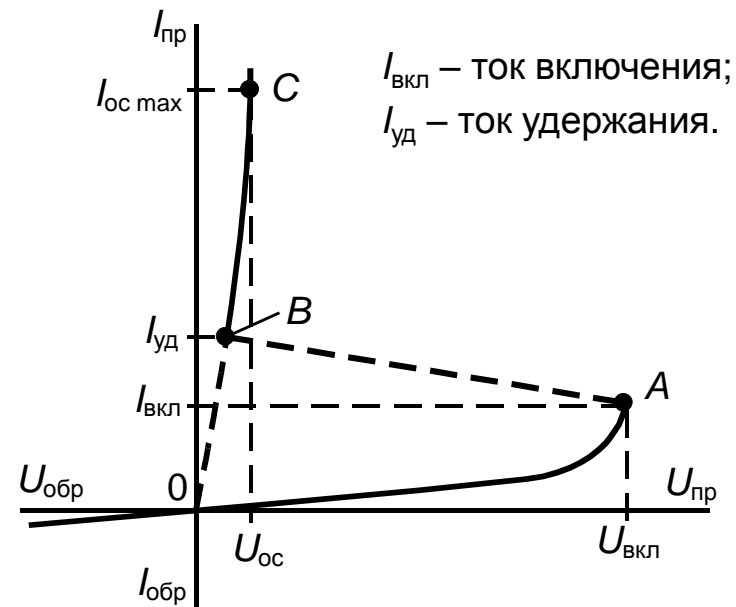
Динистор – диодный тиристор

Динистор имеет $p-n-p-n$ структуру и три $p-n$ -перехода:
 Π_1, Π_3 работают в прямом направлении;
 Π_2 – в обратном.



Принцип действия

Через переходы Π_1 и Π_3 в области, примыкающие к Π_2 , инжектируются неосновные носители заряда. В результате, сопротивление перехода R_{Π_2} уменьшается.



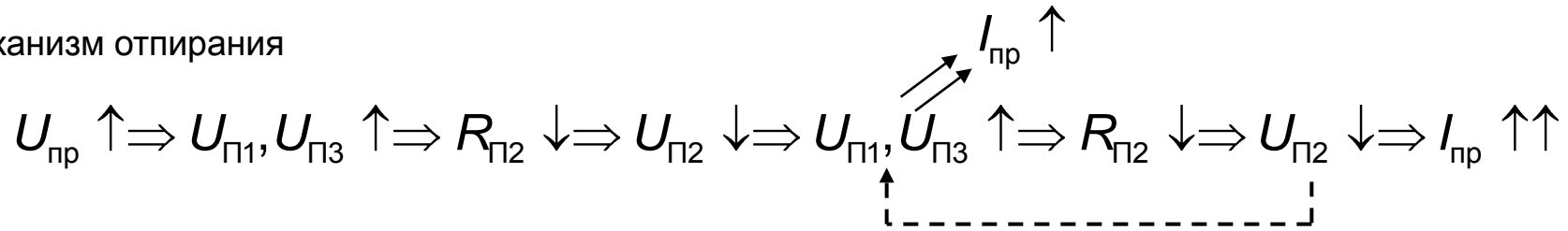
На R_{Π_2} влияют два взаимно противоположных процесса:

1. Повышение обратного для Π_2 напряжения U_{AK} увеличивает R_{Π_2} .
2. Это же напряжение является прямым для Π_1 и Π_3 , \Rightarrow инжекция носителей к переходу Π_2 возрастает, что способствует уменьшению.

На участке $0A$ – наибольшее влияние имеет 1 процесс.

В точке A влияние обоих процессов уравновешено. Точке A соответствует напряжение включения ($U_{вкл} =$ десятки сотни В). Теперь даже ничтожно малое повышение подводимого напряжения ведет к преобладанию 2-го процесса, $\Rightarrow R_{\Pi_2}$ уменьшается. Возникает лавинообразный процесс быстрого отпириания тиристора, и ток тиристора практически скачком возрастает (участок AB).

Механизм отпирания



Увеличение напряжений $U_{\text{П1}}, U_{\text{П3}}$ ведет к уменьшению $R_{\text{П2}}$, а \Rightarrow уменьшению $U_{\text{П2}}$. За счет этого еще больше возрастают напряжения на П1 и П3, а это, в свою очередь, приводит к дальнейшему уменьшению $R_{\text{П2}}$ и еще большему увеличению тока $I_{\text{пр}}$ через диностор (положительная обратная связь).

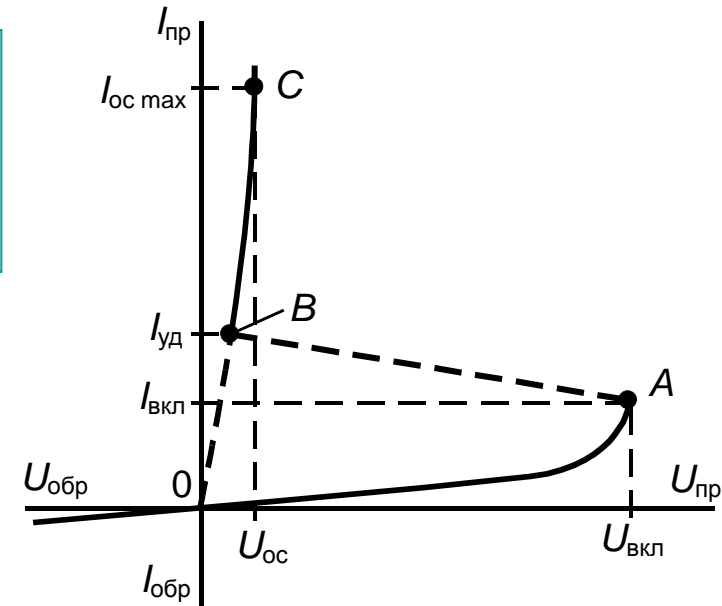
В конечном итоге, устанавливается режим, похожий на режим насыщения транзистора (участок BC): большой ток $I_{\text{ос max}}$ и малое $U_{\text{ос}}$.

В этом режиме прибор открыт, включен (ключ замкнут):

$$I_{\text{ос max}} = I_{\text{VS}} = \frac{E}{R_{\text{VS}} + R_{\text{H}}} = R_{\text{VS}} \ll R_{\text{H}} \cong \frac{E}{R_{\text{H}}}$$

$U_{\text{ос}}$ = несколько Вольт.

Точка C на ВАХ соответствует максимально допустимому значению прямого тока $I_{\text{ос max}}$ и минимальному $U_{\text{ос}}$.



Существуют диносторы с симметричными прямой и обратной ветвями ВАХ – Diode for Alternating Current (DIAC).

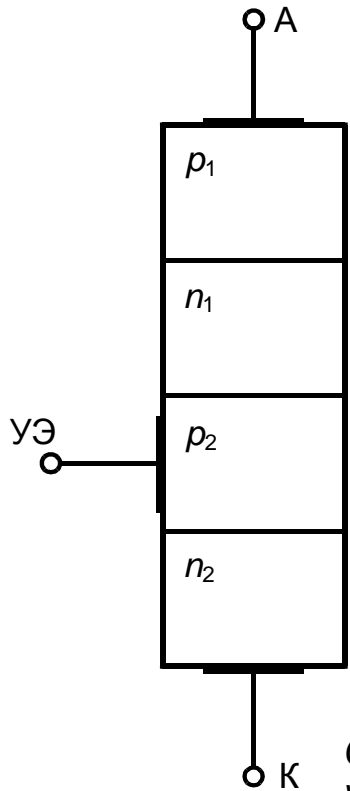
Для выключения тиристора необходимо выполнить: $I_{\text{VS}} < I_{\text{уд}} (I_{\text{выкл}})$.

Тиристор управляется током! Для включения тиристора необходимо обеспечить: $I_{\text{VS}} > I_{\text{вкл}}$.
Необходимый ток включения $I_{\text{вкл}}$ создается при подаче на тиристор напряжения включения $U_{\text{вкл}}$.

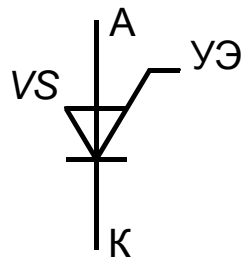
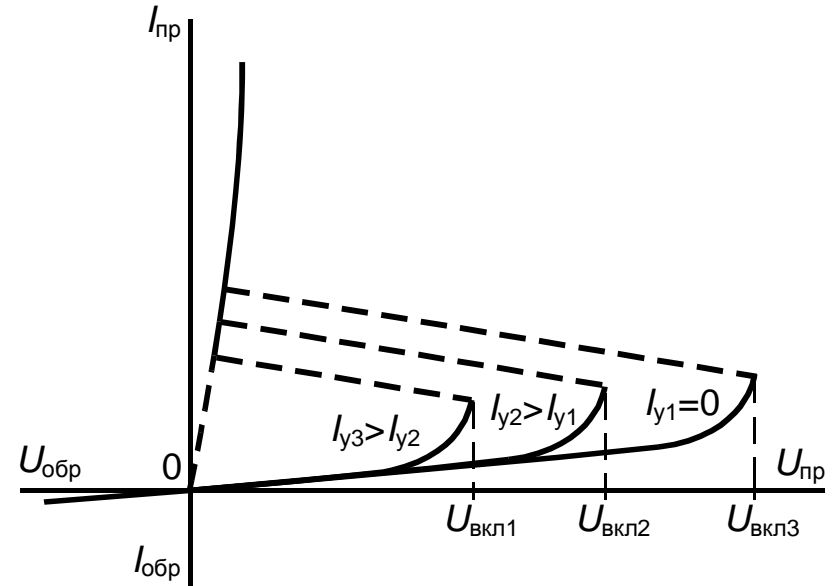
Тринистор – триодный тиристор

Тринистор – трехэлектродный прибор – динистор с дополнительным управляющим электродом (УЭ), подключенным к одной из областей (p_2).

Подавая прямое напряжение на управляющий переход p_2-n_2 , можно регулировать $U_{вкл}$ тиристора, причем чем больше ток через этот переход I_y , тем ниже $U_{вкл}$.



Структура тиристора с управлением по катоду

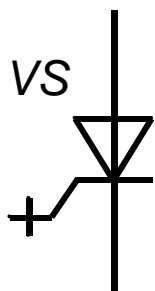


Тиристор с управлением по аноду

При $I_{y1} = 0$ тринистор превращается в динистор. С увеличением управляющего тока I_y инжекция носителей к среднему переходу усиливается и => при меньшем напряжении $U_{вкл}$ будет достигнут ток $I_{вкл}$.

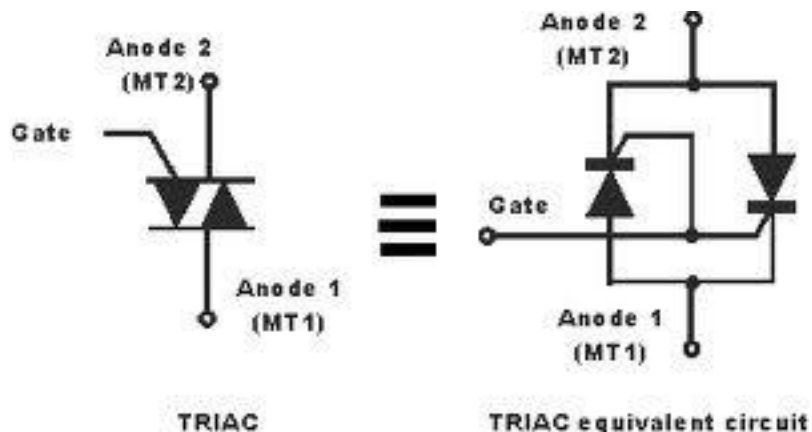
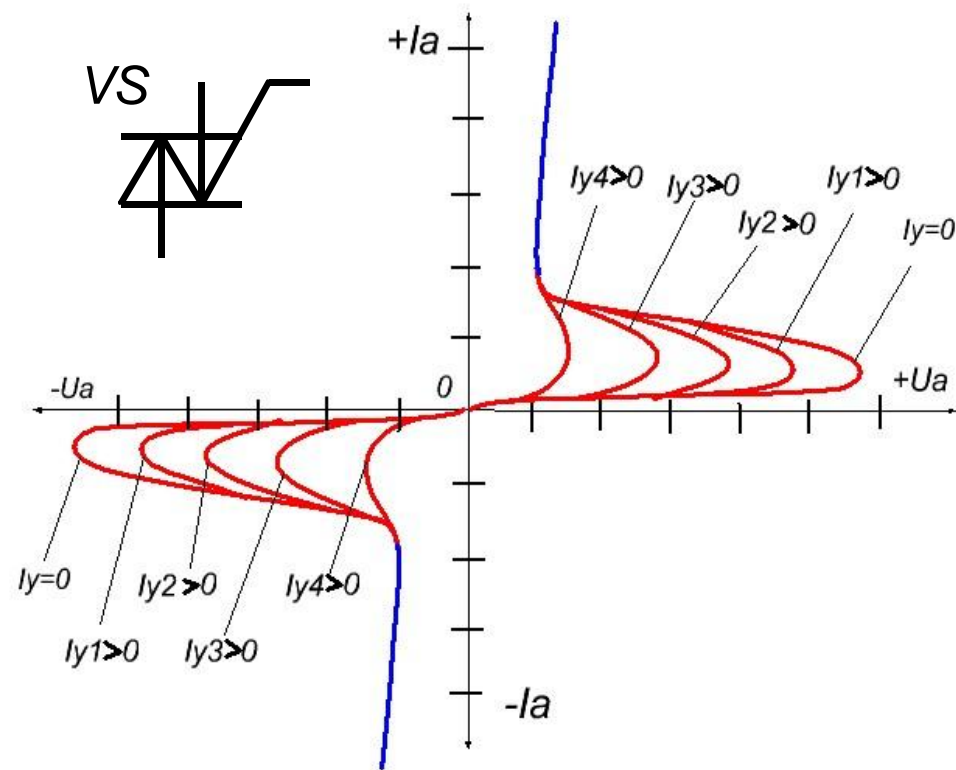
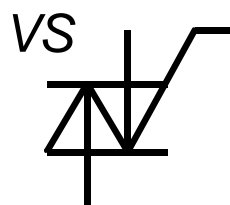
Другие виды тиристоров

Запираемый тиристор - Gate Turn-Off Thyristor (GTO) – триодный тиристор, запираемый подачей на УЭ короткого импульса обратного напряжения. Недостаток – большое значение запираемого тока $I_{y\text{ зап}}$.



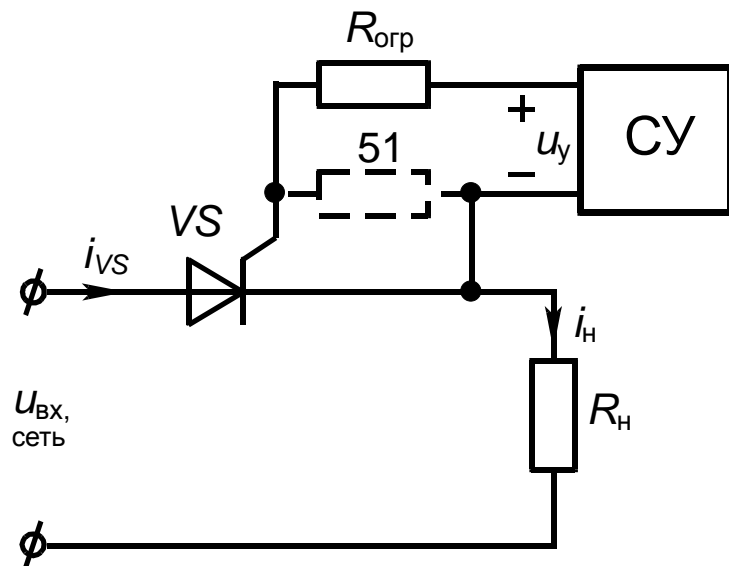
$$I_{y\text{ зап}} = \frac{I_{VS}}{(4 \div 7)}$$

Симистор (симметричный тиристор) – Triode for Alternating Current (TRIAC) – триодный тиристор, имеющий симметричные прямую и обратную ветви ВАХ.

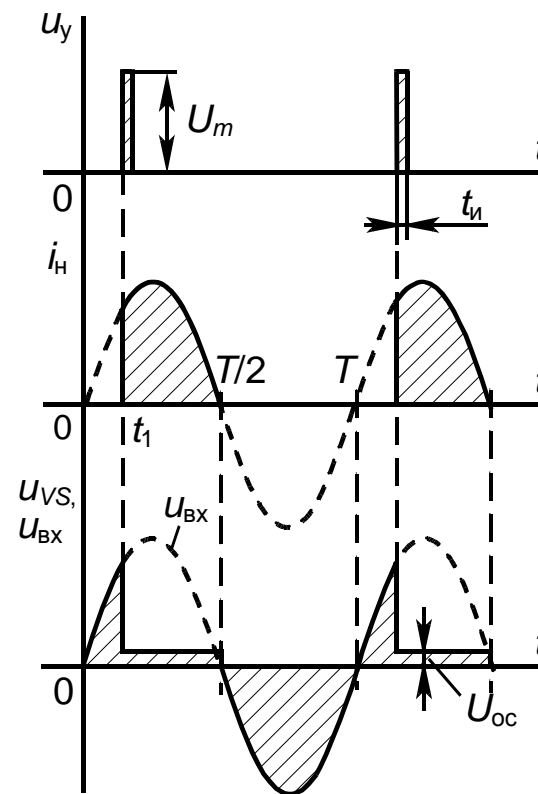


Применение тиристоров

Тиристорный регулятор мощности



- R_H – нагрузки (эл. лампа, эл. плита и т.д.);
- 51 – резистор 51 Ом для повышения помехоустойчивости;
- СУ – система управления – вырабатывает импульсы, отпирающие тиристор.



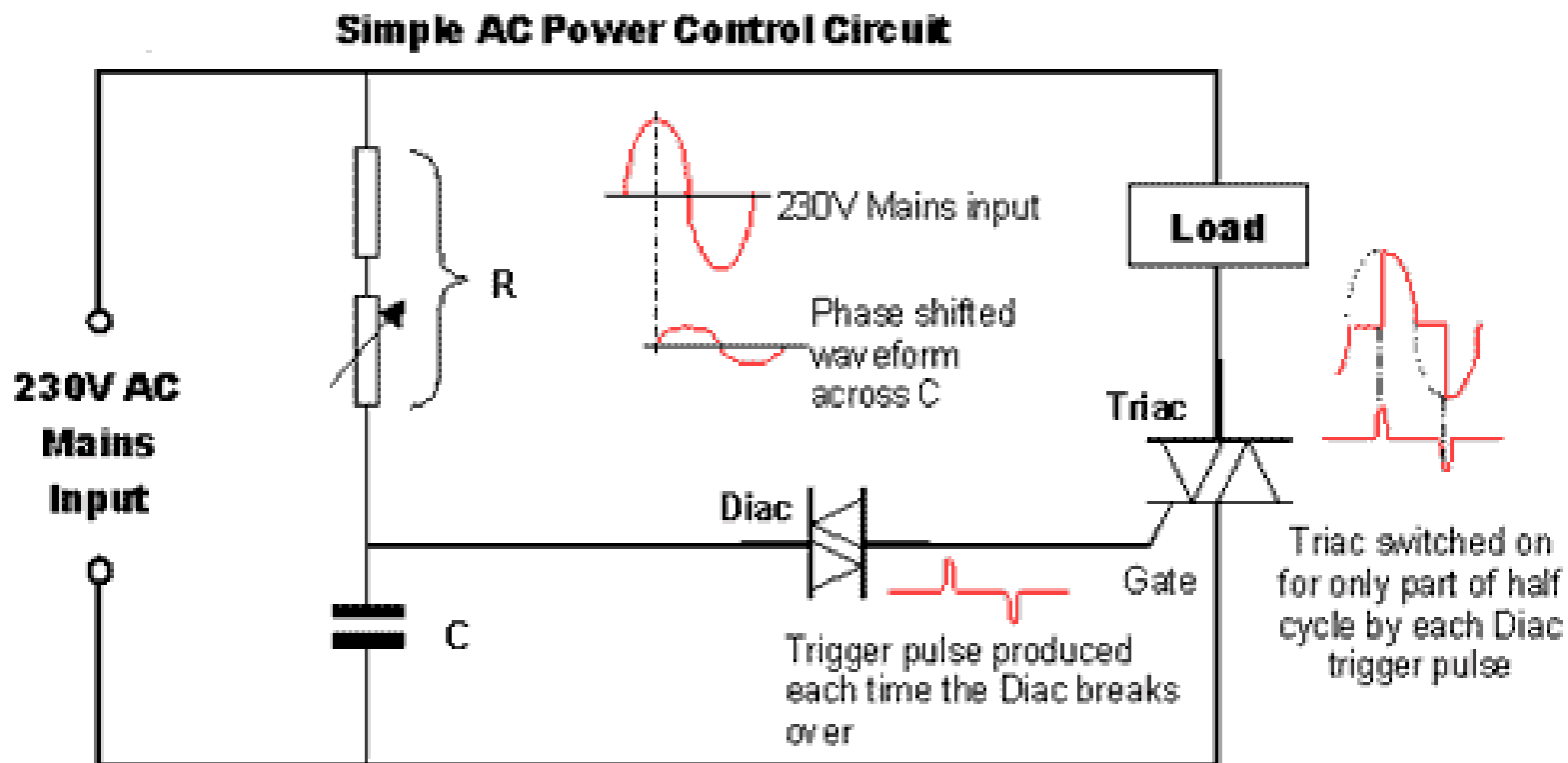
Изменяя момент подачи t_1 импульса, можно регулировать количество энергии, передаваемой в нагрузку, регулируя тем самым мощность в нагрузке.

$$P_H = I_H^2 \cdot R_H$$

$$I_H = \sqrt{\frac{1}{T} \int_{t_1}^{T/2} i_H^2(t) dt} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_{t_1}^{T/2} I_m^2 \sin^2 \omega t dt}$$

Применение тиристоров

Тиристорный регулятор мощности



Основные параметры тиристоров

1. $U_{\text{вкл}}$ – (постоянное или импульсное) напряжение включения (десятки – сотни В).
2. $U_{\text{ос}}$ – напряжение на тиристоре в открытом состоянии ($U_{\text{ос}} = 1 \dots 3 \text{ В}$).
3. $U_{\text{обр}}$ – обратное напряжение, при котором тиристор может работать длительное время без нарушения его работоспособности (единицы – тысячи В).
4. $U_{\text{зс max}}$ – постоянное прямое напряжение в закрытом состоянии, при котором не происходит включение тиристора (единицы – сотни В).
5. $U_{\text{у нот}}$ – наибольшее не отпирающее напряжение на УЭ, наибольшее напряжение не вызывающее отпираания тиристора (доли В).
6. $U_{\text{уз}}$ – запирающее напряжение на УЭ, обеспечивающее требуемое значение запирающего тока УЭ (единицы-десятки В) - для запираемых тиристоров.
7. $I_{\text{ос max}}$ – максимальное значение тока открытого тиристора (сотни мА ÷ сотни А).
8. $I_{\text{уд}}$ – ток удержания (десятки ÷ сотни мА).
9. $I_{\text{обр}}$ – обратный ток (доли мА).
10. $I_{\text{у от}}$ – наименьший ток УЭ, необходимый для включения тиристора (десятки мА).
11. $t_{\text{вкл}}$ – время включения – время с момента подачи отпирающего импульса до момента, когда напряжение на тиристоре уменьшится до 0,1 своего начального значения (единицы – десятки мкс).
12. $t_{\text{выкл}}$ – время выключения – минимальное время, в течение которого к тиристору должно прикладываться запирающее напряжение (десятки – сотни мкс).
13. P – рассеиваемая мощность (единицы – десятки В).
14. $\frac{dU_{\text{зс}}}{dt} \text{ max}$ – максимальная скорость нарастания напряжения в закрытом состоянии (десятки – сотни В/мкс).

Классификация и система обозначений тиристоров

Самостоятельно по:

Лачин В.И., Савёлов Н.С. Электроника: Учебное пособие. – Изд. 8-е. – Ростов н/Д: Феникс, 2010. – 703 с.