

Abdulkhaj N. Rasulov,
ScD, associate professor;

Rakhmatillo Ch. Karimov,
ScM,
Tashkent State Technical University,
Uzbekistan

The Contactless Thyristor Device for Inclusion and Shutdown of Condenser Installations in System of Power Supply

Key words: *contactless thyristor device, inclusion and shutdown of condenser installations, system of power supply.*

Annotation: *In article it is considered questions of use of the contactless thyristor device for inclusion and shutdown of condenser installations in system of power supply and calculation of elements of the scheme.*

Мощные приемники с резкопеременной нагрузкой требуют создания специальных источников реактивной мощности, позволяющих быстро регулировать генерируемую мощность. Колебания реактивной мощности таких приемников вызывают значительные изменения питающего напряжения.

Такие приемники, имеющие нелинейные элементы, вызывают дополнительные искажения токов и напряжений. Поэтому к компенсирующим устройствам предъявляют следующие требования:

- высокое быстродействие изменения реактивной мощности;
- достаточный диапазон регулирования реактивной мощности;
- возможность регулирования потребляемой реактивной мощности;
- минимальные искажения питающего напряжения;

В быстродействующих системах динамической компенсации реактивной мощности используются тиристорные пускатели.

На *рис.1.* изображена принципиальная электрическая схема бесконтактного тиристорного устройства для включения и отключения конденсаторных батарей. Устройство содержит диодный мост, подключенный к сети последовательно с конденсатором C_3 , в диагональ моста включен управляемый силовой тиристор T_5 , к управляющему электроду силового тиристора сигналы управления подаются через резистор R_6 и тиристорную цепь. Диодная цепь включается через резистор R_5 к обкладки конденсатора C_1 (*1-реле*), который последовательно соединен с двумя маломощными управляемыми тиристорами T_1 ; T_2 . Управляющий электрод

маломощного тиристора T_2 , через последовательно соединенные резистора R_1 и диода D_1 подключен к сети, а управляющий электрод маломощного тиристора T_1 , через резистор R_2 соединен к обкладке конденсатора C_1 . Диодная часть соединяется через последовательно соединенный ограничительный резистор R_4 к обкладкам конденсатора C_2 , который в свою очередь подключается к сети через две последовательно включенные маломощные управляемые тиристоры T_3, T_4 (2-реле). Сигнал управления к этим тиристорам подаются, аналогично как в схеме первого реле.

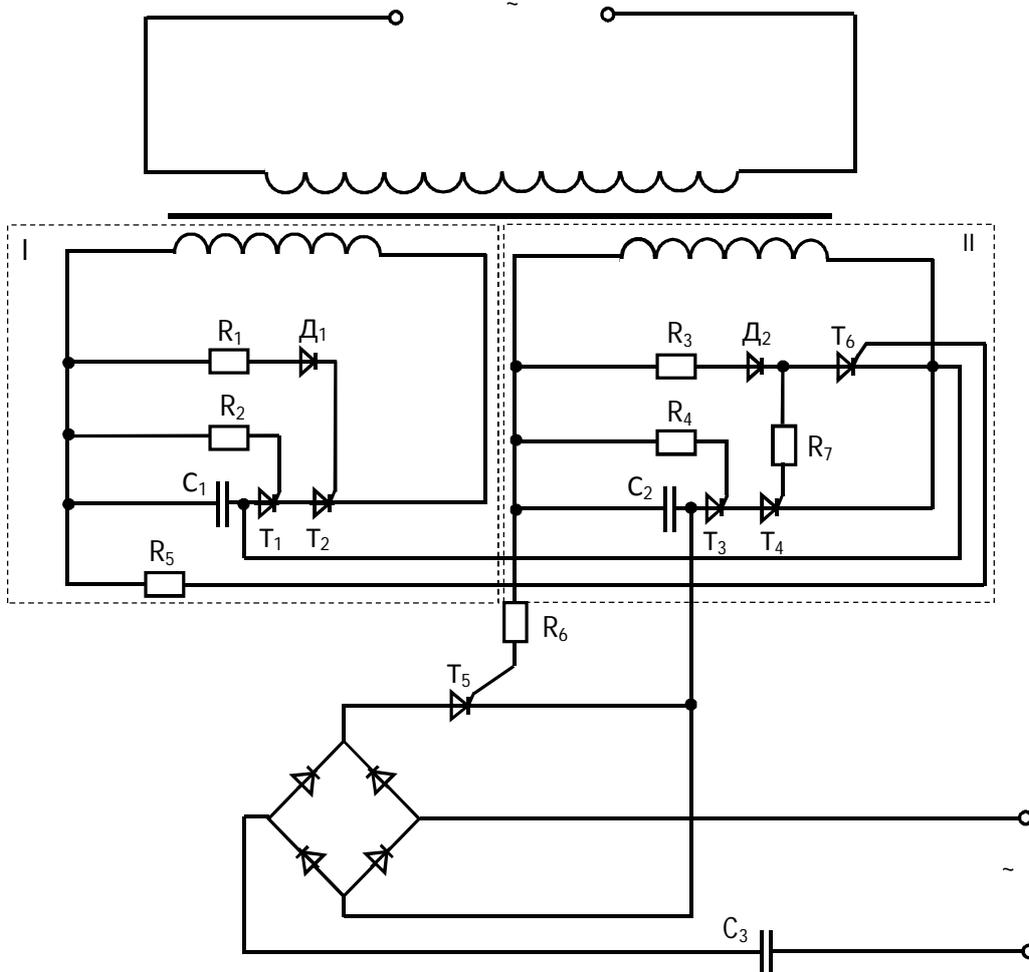


Рис. 1. Принципиальная схема бесконтактного тиристорного устройства для регулирования мощности конденсаторных установок в функции напряжения

Бесконтактное тиристорное устройство для включения и отключения конденсаторных батарей работает следующим образом: при достижении входного напряжения определенного значения, отпирающий сигнал на управляющем электроде второго реле будет достаточно для открывания тиристора T_4 и рабочий ток этого тиристора открывает скачком тиристора T_3 . После открытия тиристоры T_3, T_4 конденсатор C_2 заряжается. С обкладок конденсатора C_2 через резистор R_6 отпирающий сигнал подается на управляющую цепь тиристора T_5 силового тиристора T_2 , который открываясь включает конденсатора C_3 в сеть. Момент срабатывания тиристоры T_3, T_4, T_5 регулируется с подбором параметра резисторов R_3 и R_4 . При увеличении входного напряжения отключение конденсатора от сети

осуществляется за счет действия первого реле напряжения. Замыкая цепь управления тиристора T_6 приводит к отключению второе реле и управляемого силового тиристора T_5 и размыканию конденсаторной установки.

В схеме использованы:

- в качестве тиристорov $T_1, T_2, T_3, T_4, T_5, T_6$ соответственно тиристоры типа **KY201A, KY201A, KY201A, KY201A, KY201И**;
- в качестве диодов D_1, D_2 – **D 226Б**;
- в качестве активных сопротивлений $R_1, R_2, R_3, R_4, R_5, R_6, R_7$ соответственно резисторы на **3,4 кОм, 200 Ом, 4,7 кОм, 200 Ом, 4,7 кОм, 150 Ом, 1,2 кОм**;
- в качестве емкостей C_1 и C_2 – конденсаторы переменного напряжения на **50 В** с емкостью **220 мкФ**.

На *рис.2.* показана характеристика изменения напряжения вход-выход предложенного бесконтактного тиристорного устройство в функции напряжения.

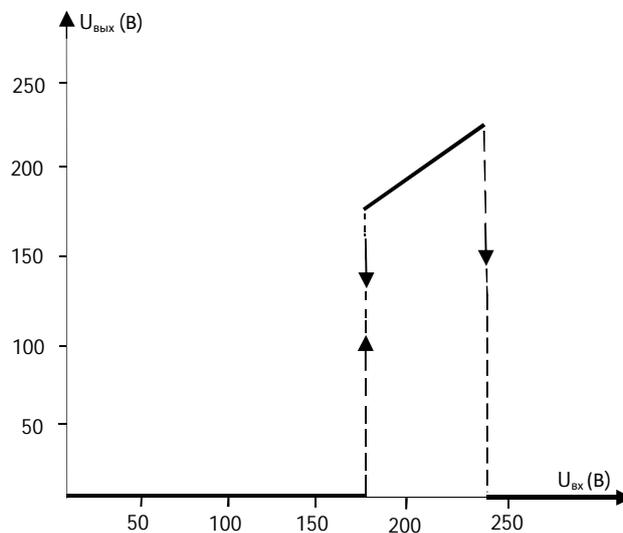


Рис. 2. Характеристика «вход- выход»

Экспериментальные исследования показали, что конденсаторная батарея включалась в сеть при напряжении **180 В**, а отключалась при напряжении **238 В**.

Бесконтактное тиристорное устройство для включения и отключения конденсаторной батареи, испытано в лаборатории кафедры «Электроснабжение» энергетического факультета Ташкентского Государственного технического университета.

Расчет элементов. Исходными данными для расчета схемы (*рис. 1.*) реле напряжения являются:

- номинальная напряжения сети $U_n=220 В$;
- частота рабочего тока $f=50 Гц$;
- угол проводимости равен **180 эл.град**;
- коммутация естественная;
- охлаждение воздушное, принудительное;
- максимальная температура охлаждающей среды $T_{max}=50^{\circ}C$;
- минимальная температура охлаждающей среды $T_{min}=-30^{\circ}C$;
- число температурных циклов работы прибора за срок службы $N_u=5*10^6$;

- максимальная мощность (выходная) $Q_k=400 \text{ ВАр}$;

Выбор типа тиристора осуществляется по расчетному току нагрузки:

$$I_H = \frac{Q_k}{U} = \frac{400}{220} = 1,81 \text{ [А]}$$

Тогда сопротивления нагрузки:

$$R_H = \frac{U}{I_H} = \frac{220}{1,81} = 122 \text{ [Ом]}$$

Выбираем триодный тиристор типа **KУ201К**. Тиристор кремниевый, планарно-диффузионный, **p-n-p-n** триодный, незапираемый, предназначен для работы в качестве ключей средней мощности. Выпускается в металлокерамическом корпусе с жесткими выводами.

Электрические параметры тиристора **KУ201К**:

- напряжения в открытом состоянии при $I_{откр}=2 \text{ А}$ не более, **2 В** для **298 К** и **2,5 В** для **213 К**;

- постоянное отпирающее напряжение управляющего электрода $U_{пр,зкр}=10 \text{ В}$ при $T=213 \text{ К}$; не более **100 мА** для **358 К**, **2 мА** для **358 К**;

- ток в закрытом состоянии при максимальном напряжении **358 К** не более **5 мА**;

- обратный ток при максимальном обратном напряжении **358 К** не более **5 мА**;

- время включения при максимальном напряжении при $I_{откр}=2 \text{ А}$ не более **10 мкс**;

- время выключения при максимальном напряжении $I_{откр}=2 \text{ А}$ не более **100 мкс**;

- минимальный ток в обратном состоянии $U_{пр,зкр}=0$ не более **100 мА**.

Общее сопротивление R_1, R_2 определяем по следующей формуле:

$$R_{доб} = \frac{0,05 \cdot U_m - U_{y.впр}}{(1,1 \div 1,2) \cdot I_{y.впр}} = \frac{0,05 \cdot 311,127 - 5}{1,1 \cdot 100 \cdot 10^{-3}} = \frac{10,556}{0,11} = 95,964 \text{ [Ом]}$$

здесь: U_m - амплитуда напряжения источника питания, (**В**);

$U_{y.впр}$ - напряжение выпрямления (между управляющим электродом и катодом, соответствующее току $I_{y.впр}$), (**В**);

$I_{y.впр}$ - ток выпрямления (постоянный ток в цепи управляющего электрода тиристора при котором исчезает участок тока VAX), (**А**).

Тиристор отпирается в начале каждого положительного полупериода напряжения на аноде в момент, когда мгновенное значение анодного напряжения U_{max} достигает значения, при котором будет выполняться условие:

$$I_y = \frac{U_{max}}{R_{доб} + R_H} \leq I_{y.max} \text{ [А]}$$

где: I_y - ток управления, (**А**);

$I_{y.max}$ - наибольшая амплитуда тока управления, (**А**).

Принимая $I_y=0,1 \text{ А}$. $U_{max} = \sqrt{2} \cdot U_H = \sqrt{2} \cdot 24 = 34 \text{ [В]}$.

Добавочное сопротивление для исследуемой схемы выбираем по току управления тиристора **KУ201К**:

$$R_3 = \frac{U_{max}}{I_y} = \frac{34}{0,1} = 340 \text{ [Ом]}$$

Для выбора значения емкости конденсатора задаемся постоянной времени $\tau = RC = 0,7 \text{ сек}$.

Тогда, $C = \frac{\tau}{R} = \frac{0.07}{340} = 0,00021 \cdot 10^6 = 206$ [мкФ]

Выбираем конденсатор с емкостью **200 мкФ**.

Тиристоры T_1, T_2 выбираем по $U_H=24$ В. Выбираем тиристоры **KY201B** для которого постоянное прямое напряжение в закрытом состоянии $U=50$ В.

Выбираем типа полупроводникового диода.

Средний ток вентильного плеча:

$$I = I_H = \frac{Q_k}{N \cdot U_H} = \frac{400}{1 \cdot 220} = 1,81 \text{ [A]}$$

где: $N=1$ - число параллельно работающих плечей преобразователя.

По справочным данным выбираем диоды типа **Д226Б**. Диоды кремниевые, диффузионные. Выпускаются в металлостеклянном корпусе с гибкими выводами. Тип диода и схема соединения электродов с выводами приводятся на корпусе. Масса диода не более **2 гр**.

Электрические параметры диода **Д226Б** (справочные данные):

- среднее прямое напряжение $I_{пр.ср}=I_{пр.ср.макс}$, и $U_{обр.н}=U_{обр.мах}$ при **1 В**;

- средний обратный ток при $U_{обр.н}=U_{обр.н.мах}$ и $I_{пр.ср}=I_{пр.ср.мах}$ для **3 мА**.

Предельные эксплуатационные данные диодов **Д226Б**:

- импульсное обратное напряжение **300 В**;

- средний прямой ток **5 мА**;

- средний прямой ток перегрузки **50 А** при $U_{обр.н}=2 \cdot U_{обр.н.мах}$ на частоте **50 Гц**;

- **15 А**, в течение **1,5 с** при $U_{обр.н}=U_{обр.мах}$;

- частота без снижения режимов **1,1 кГц**;

- температура окружающей среды от **218** до $T_k=403$ К.

Диоды защищают цепь управления от обратного напряжения при отрицательных полупериодах напряжения на аноде. Максимальное допустимое обратное напряжения этих диодов должно быть:

$$U_{обр.мах} \geq U_m$$

где: U_m - амплитуда напряжения источника питания.

В результате проведенного расчета были выбраны элементы тиристорного переключателя: тиристор типа **KY201К**, диоды типа **Д231Б** по току нагрузки и добавочное сопротивление по току управления тиристора.

References:

1. Kublanovsky YS. Thyristor devices. Moscow, Energy, 1981
2. Chopin LV. Contactless electrical equipment automation. Moscow, Energoatomizdat, 1986

