

Изобретение относится к электроэнергетике и предназначено для использования в системах компенсации реактивной мощности быстроизменяющихся нагрузок.

Наиболее близкой по технической сущности к заявляемой является система пофазного регулирования статического тиристорного компенсатора, содержащая систему пофазного управления, на входы которой включены выходы регулятора, а выходы подключены к управляющим выводам тиристорных блоков статического тиристорного компенсатора и позволяющая осуществлять независимое регулирование тиристорных блоков по фазам [1].

Эта система регулирования не позволяет осуществлять принудительное зажигание тириستоров в случае появления на них недопустимых перенапряжений, вследствие чего приходится увеличивать количество тиристоров в плечах тиристорных блоков до уровня, определяемого коммутационными перенапряжениями на шинах присоединения статического тиристорного компенсатора. Это снижает надежность тиристорных блоков.

В основу изобретения поставлена задача усовершенствования системы регулирования статического тиристорного компенсатора, обеспечив защиту тиристоров от перенапряжений путем использования принудительного зажигания тиристоров в момент появления опасных перенапряжений на выводах тиристорного блока, что повышает в результате надежность работы устройства.

Поставленная задача решается тем, что система регулирования статического тиристорного компенсатора, содержащая систему пофазного управления, подключенную выходами к управляющим выводам тиристорных блоков компенсатора, а входами - к выходам регулятора, согласно изобретению, снабжена шестью делителями напряжения, подключенными между силовыми выводами тиристорных блоков и выводами для подключения к земле, тремя устройствами сравнения и источником опорного напряжения. причем выходы делителей напряжения каждой фазы соединены с первым и вторым входами устройств сравнения, к третьим входам которых подключен источник опорного напряжения. Выходы устройств сравнения подключены к вторым входам системы пофазного управления, при этом устройство сравнения выполнено в виде двух согласующих резисторов, первые выводы которых являются входами устройств сравнения, а вторые выходы соединены с входами формирователя напряжения на тиристорах, выход которого соединен с входами двух формирователей модуля напряжения, выходы которых подключены к первому входу элемента сравнения, второй вход которого является третьим входом устройства сравнения, выход элемента сравнения через нуль-индикатор соединен с исполнительным элементом, являющимся выходом устройства сравнения.

Введенные новые элементы - делители напряжения, устройства сравнения и опорного напряжения, позволяют осуществлять системе регулирования новую функцию - принудительное зажигание тиристоров в момент появления опасных перенапряжений на выводах тиристорного блока, что повышает в результате надежность работы.

На фиг. 1 показана принципиальная схема статического тиристорного компенсатора и системы регулирования; на фиг. 2 показана структурная схема устройства сравнения; на фиг. 3 - зона и принцип действия устройства; на фиг. 4 представлен принцип координации напряжений, воздействующих на тиристорный блок, а на фиг. 5 приведен фрагмент осциллограммы тока реактора тиристорно-реакторной группы при срабатывании устройства.

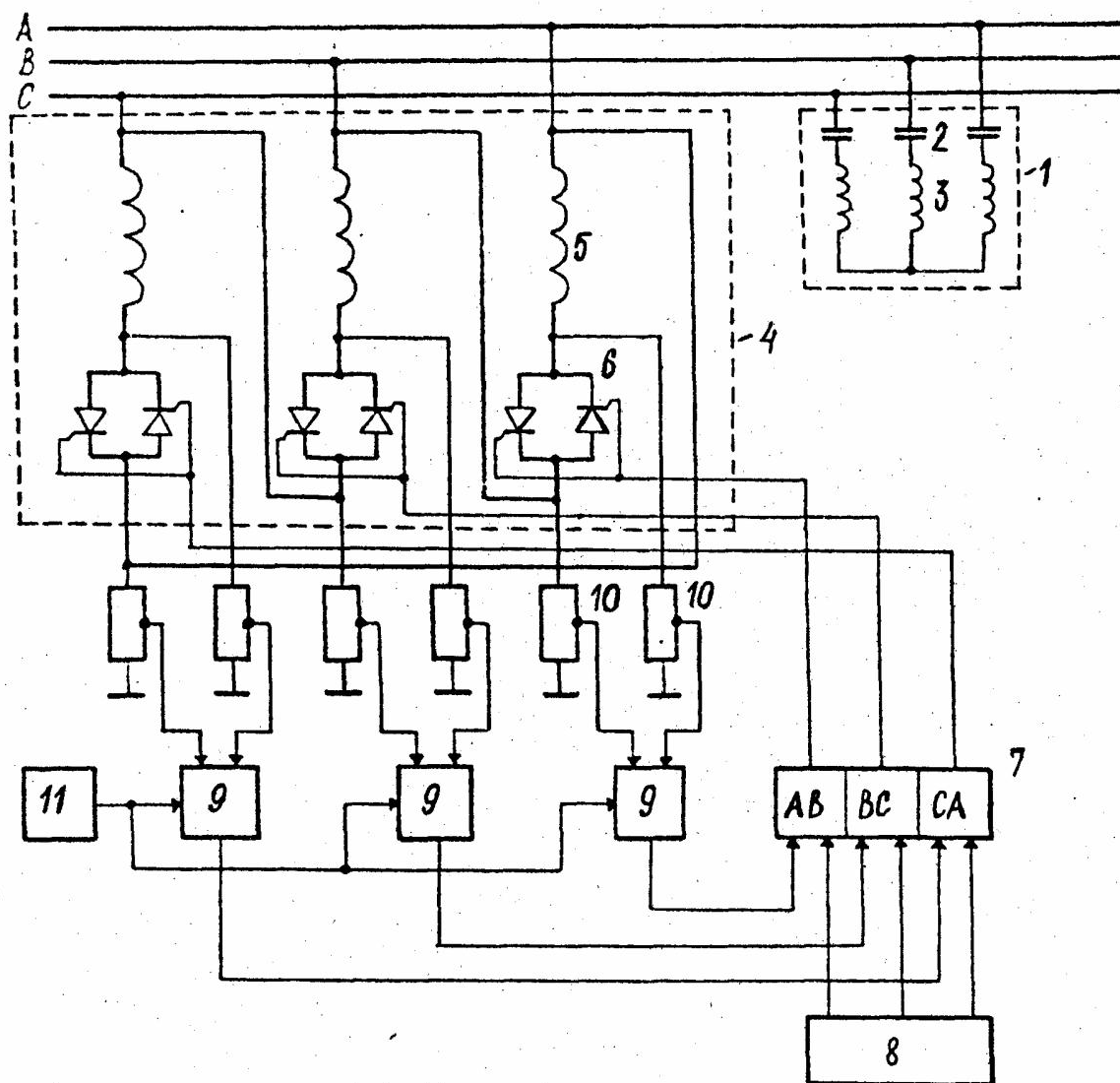
Статический тиристорный компенсатор содержит фильтрокомпенсирующую цепь 1, состоящую из конденсаторных батарей 2 и фильтровых реакторов 3, тиристорно-реакторную группу 4, соединенную в треугольник и состоящую из реакторов 5 и тиристорных блоков 6. систему пофазного управления 7, регулятор 8, три устройства сравнения 9, шесть делителей напряжения 10, источник опорного напряжения 11.

Тиристорно-реакторная группа и фильтрокомпенсирующая цепь подключены к шинам А, В, С, сети переменного тока. На управляющие входы тиристорных блоков 6 включены выходы системы пофазного управления 7, на первые входы которой включены выходы регулятора 8. На вторые входы системы пофазного управления 7 включены выходы устройства сравнения 9. На первые два входа устройства сравнения 9 включены делители напряжения 10 каждой фазы соответственно. На третьи входы устройств сравнения 9 включен выход устройства опорного напряжения 11. Устройство сравнения 9 содержит защитные разрядники 12, два согласующие резистора 13, подводящие кабели 14, формирователь напряжения на тиристорах 15, формирователи модуля напряжения 16 и 17, элемент сравнения 18, нуль-индикатор 19, исполнительный элемент 20. Выходы делителей напряжения 10 подключены через согласующие сопротивления 13 и кабели 14 на выходы формирователя напряжения 15. Выход формирователя напряжения 15 через формирователи модуля напряжения 16 и 17 включен на один из входов элемента сравнения 18, на второй вход которого подключено устройство опорного напряжения 11. Выход элемента сравнения 18 включен через нуль-индикатор 19 и исполнительный элемент к системе пофазного управления 9.

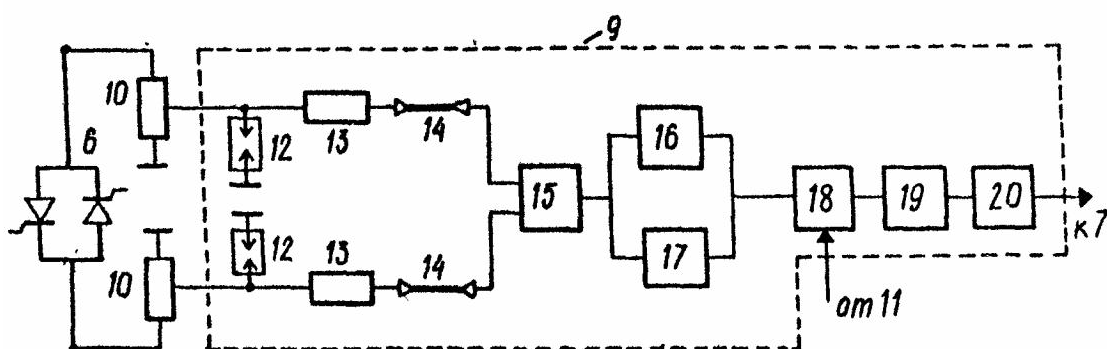
Устройство работает следующим образом. В зависимости от закона регулирования, задаваемого регулятором 8, изменяется угол регулирования тиристорного блока 6, что приводит к изменению тока реактора 5 каждой из фаз тиристорно-реакторной группы 4. При этом в нормальном режиме работы угол регулирования может принимать значения от 0 до -90° . В зависимости от значения угла регулирования α изменяется и форма напряжения u_{α} приложенного к тиристорным блокам 6 (см. фиг. 3). Во время бестоковых пауз Δt в фазах тиристорно-реакторной группы 4 к тиристорам может прикладываться не только напряжение сети, но и волны коммутационных или атмосферных перенапряжений, амплитуды которых находятся на уровне пределов срабатывания разрядников, установленных на шинах присоединения статического компенсатора. Как показали исследования, из-за разбросов характеристик разрядников в тиристорном блоке 6 приходится устанавливать последовательно количество тиристоров, рассчитанное на амплитуду, примерно, двойного напряжения сети. В результате исследования влияния волн коммутационных ($100 \times 2 \cdot 10^3$ мкс. $U_m = 2$ о.е.) и атмосферных перенапряжений (1×40 мкс. $U_m = 2$ о.е.) на закрытые тиристорные блоки 6 установлено, что из-за наличия демпфирующих цепей и собственных емкостей скорость нарастания, при этом на отдельных тиристорах в обоих

случаях не превышает 50 В/мкс, амплитуда - 2 о.е. (расчеты приведены для тиристорных блоков 35 кВ). Это делает возможным использовать для защиты тиристоров от перенапряжений принудительное зажигание тиристоров на основе координации напряжений, которая иллюстрируется на фиг. 4. Здесь: $U_{\text{мр}}$ - максимальное рабочее напряжение; U_3 - пороговое напряжение, задаваемое источником опорного напряжения 11; U_T - напряжение при котором подается импульс зажигания на тиристор; $U_{\text{вТ}}$ - напряжения включения тиристора; t_1 - время задержки срабатывания контура защиты (устройств 9 и 7); t_1 - время включения тиристора. При расчетном значении скорости нарастания напряжения, полученном времени t_i и существующих временах включения тиристоров $t_{\text{в}}$ возможно уменьшить количество последовательных тиристоров до уровня, который определяется только коммутационным выбросом при нормальной работе тиристорного блока 6 и неравномерностью распределения по отдельным тиристорам, учитывая некоторый запас. Устройство сравнения 9 подключено к выводам тиристорного блока 6 через активно емкостные делители напряжения 10 (фиг. 2). Постоянная времени делителей 10 напряжения должна обеспечивать минимальное искажение измеряемого импульса, пропорциональное значение которого подается через согласующие резисторы 13 и измерительные кабели 14 на вход формирователя напряжения 15, который выполнен на тиристорном ключе. В зависимости от полярности измеряемого импульса срабатывает один из формирователей модуля напряжения 16 или 17, которые выполнены на основе операционных усилителей. В качестве элемента сравнения 18 использован серийный триггер. Исполнительный элемент 20 представляет собой компаратор с открытым коллекторным выходом. Пример срабатывания устройства показан на рис.5. Здесь $U_{\text{и}}$ - импульсная волна перенапряжения, $(\alpha_{\text{ср}})$ - принудительный угол включения тиристорного блока. При таком включении максимальное значение амплитуды тока может достигать $2I_{\alpha} = 0$ если угол включения $\alpha = -90^\circ$.

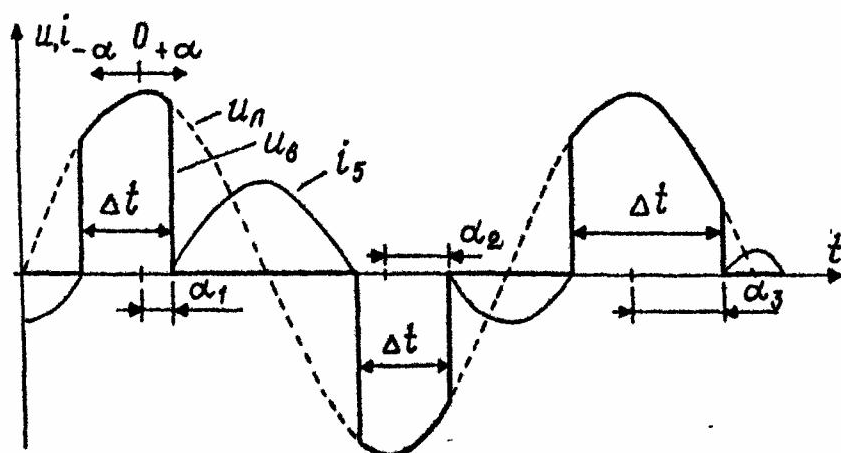
Использование системы регулирования, обеспечивающей защиту тиристоров статического тиристорного компенсатора от перенапряжений путем принудительного зажигания тиристоров, позволит снизить количество последовательных тиристоров в блоке, примерно на 15-20%, что удешевит его конструкцию. Такая система регулирования может быть применена к любым серийным тиристорным блокам и не требует выполнения специальной их конструкции, Она надежно работает при любых скоростях нарастания и мощностях импульсов перенапряжений.



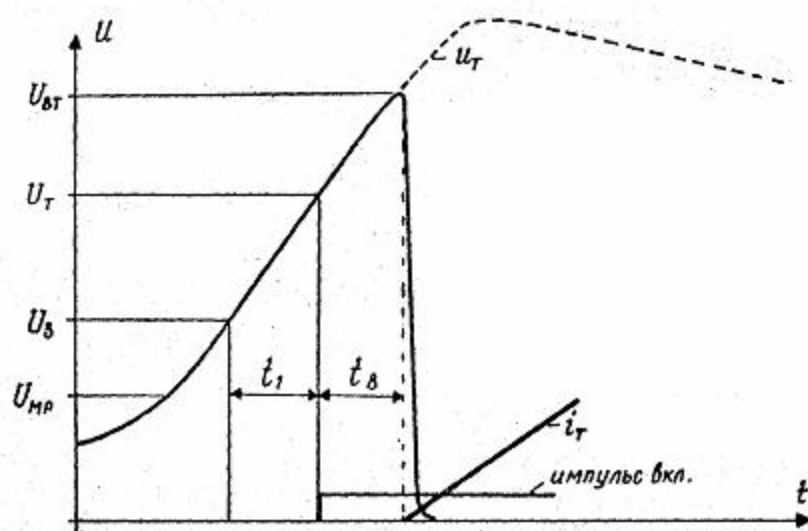
Фиг. 1



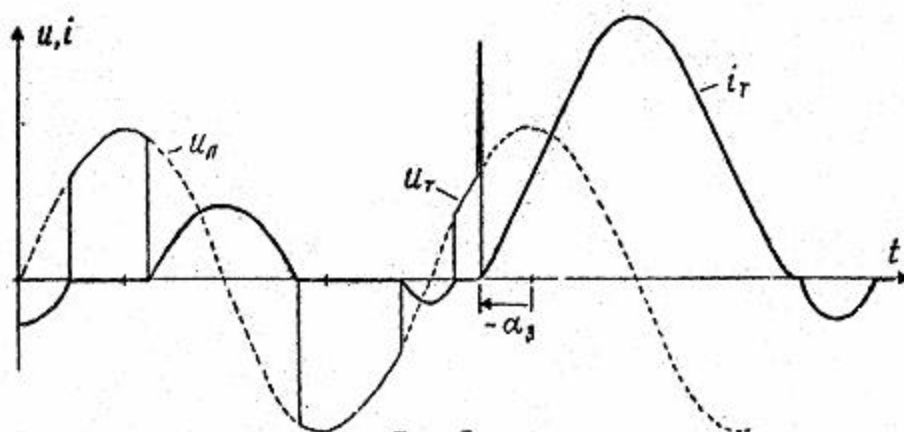
Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5