

УДК 621.356

**РЕГУЛЯТОРЫ НАПРЯЖЕНИЯ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА
REGULATORS TENSION VARIABLE AC**

В.В. Гарновский

Научный руководитель – Т.Е. Жуковская, старший преподаватель
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь

jte@tut.by

V. Harnouski

Supervisor – T. Zhukovskaya, Senior lecturer
Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus

***Аннотация:** Предложены структурные схемы, а также принципы работы следующих регуляторов напряжения переменного тока: а) регуляторы напряжения переменного тока на тиристорах; б) регуляторы напряжения переменного тока на транзисторах.*

***Abstract:** Block diagrams are proposed, as well as the principles of operation of the following AC voltage regulators: a) AC voltage regulators on thyristors; b) AC voltage regulators on transistors.*

***Ключевые слова:** регулятор, транзистор, тиристор, вентиль, источник напряжения, электродвигатель.*

***Keywords:** regulator, transistor, thyristor, valve, voltage source, electric motor.*

Введение

В электрических схемах для изменения уровня выходного сигнала используется регулятор напряжения. Основное его назначение - изменять подаваемую на нагрузку мощность. С помощью устройства управляют оборотами электродвигателей, уровнем освещённости, громкостью звука, нагревом приборов. Регулирование напряжения можно выполнять на первичной и вторичной сторонах регулятора с целью получения на нагрузке номинального напряжения при колебании напряжения сети от 175 вольт до 242 вольт.

Регулятором напряжения называется электронный прибор, служащий для повышения или понижения уровня выходного сигнала, в зависимости от величины разности потенциалов на его входе. То есть это устройство, с помощью которого можно управлять значением мощности, подводимой к нагрузке. При этом регулировать подаваемый уровень энергии можно как на реактивной, так и активной нагрузке. Регулировку можно выполнять как минимум тремя способами: а) установкой автотрансформатора перед первичной обмоткой регулятора; б) выполнением отводов от первичной обмотки трансформатора с интервалом напряжения 2-5 вольт в диапазоне колебания напряжения сети; в) применением тиристорных и транзисторных регуляторов.

Регуляторы напряжения переменного тока на тиристорах

В управляемых выпрямителях используются управляемые вентили – тиристоры. Регулирование осуществляется за счет задержки момента прохождения тока через вентиль по отношению к моменту его собственного отпирания.

На рис. 1, а приведена схема однофазного преобразователя переменного напряжения, а на рис. 2, а диаграмма её напряжения на нагрузке. Изменение действующего значения напряжения на нагрузке осуществляется изменением угла управления α . Такое регулирование называется фазовым. При этом даже при активной нагрузке ухудшается $\cos\varphi$ и коэффициент мощности. Такая схема применяется для регулирования активных и активно-индуктивных нагрузок: ламп накаливания, а также однофазных двигателей тока.

В схеме рис. 1, б применены запираемые тиристоры, что позволяет получить на нагрузке напряжение в соответствии с рис.2, б или рис. 2, в. При этом $\cos\varphi$ может быть меньше или равен 1, но угол сдвига φ получается опережающим или равным нулю. При таком регулировании печь сопротивления представляет для сети как бы емкостную нагрузку.

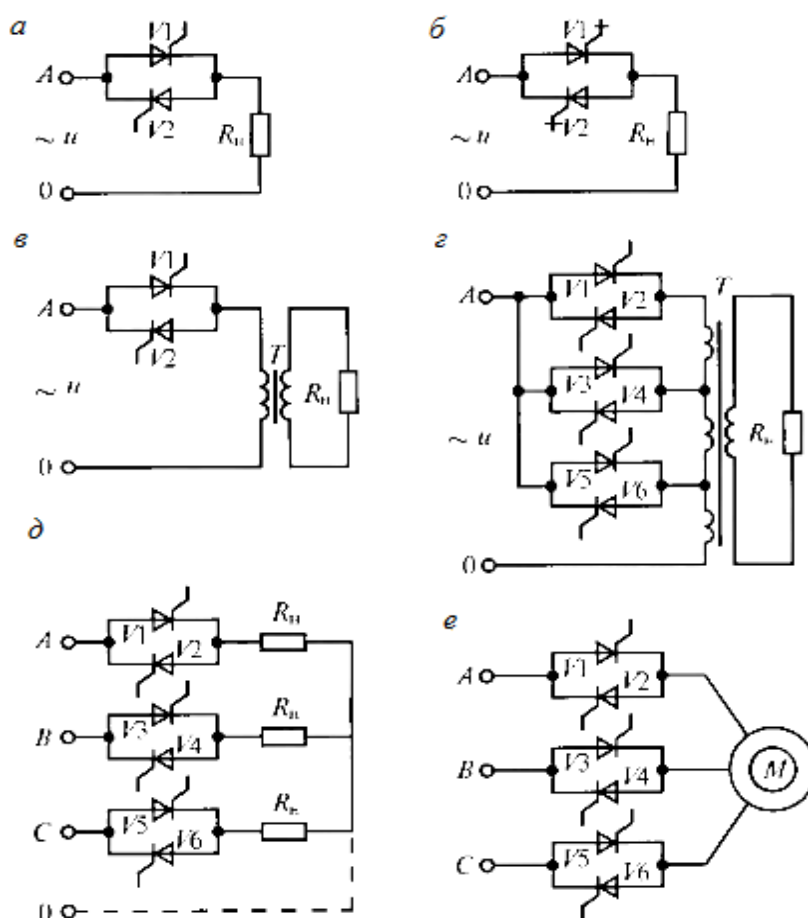


Рисунок 1 - Регуляторы переменного напряжения на тиристорах: а, б -однофазные; в, г –в первичной обмотке трансформатора и трансформатора с отпайками; д,е – трёхфазные с активной нагрузкой и двигателем

Импульсная модуляция на высокой частоте (ИМ-ВЧ) (см. Рис. 2, г) позволяет получать при небольшом фильтре синусоидальную гладкую составляющую тока, потребляемого из сети, и напряжения на нагрузке при $\cos\varphi=1$. Импульсная модуляция на низкой частоте (ИМ-НЧ) иллюстрируется рис. 2, д. Ко-

Эффект мощности одиночного регулятора не зависит от способа импульсной модуляции, а определяется глубиной регулирования.

Диапазон номинальных значений напряжений и токов электрических нагрузок очень широк. Для согласования с напряжением сети применяются трансформаторы. При малых или очень больших напряжениях нагрузки для регулирования целесообразно включать тиристорные ключи на первичной стороне трансформатора, однако при этом возникает ряд проблем, связанных с насыщением трансформатора.

Фазовое регулирование может быть применено для регулирования скорости асинхронного двигателя (рис. 1, д). Такое регулирование получило очень широкое применение в устройствах для ограничения пусковых токов асинхронных двигателей. В устройствах для плавного пуска асинхронных двигателей угол управления плавно уменьшается от начального значения до полного включения тиристоров. При этом пусковые токи снижаются в 2...3 раза.

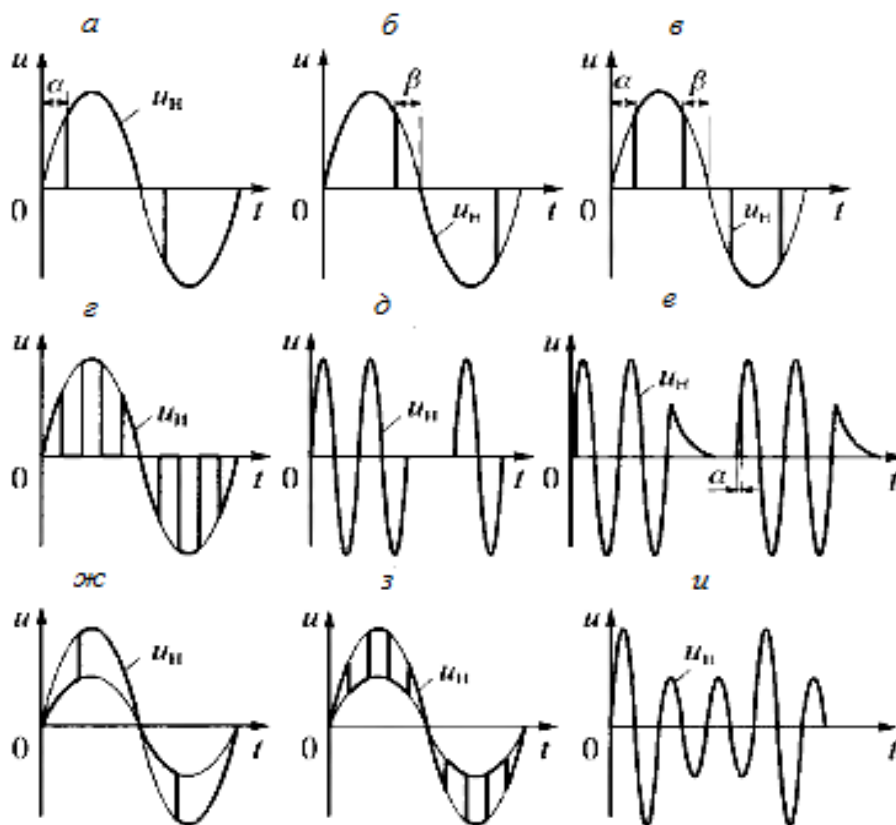


Рисунок 2 - Диаграммы напряжений при: (а,б,в - ИМ-ОЧс $\alpha > 0, \beta > 0, \alpha = \beta$), г - ИМ-ВЧ, д - ИМ-НЧ; многозонные ИМ-ОЧ(ж), ИМ-ВЧ(з), ИМ-НЧ(и)

Регуляторы напряжения переменного тока на транзисторах

В отличие от обычных тиристоров, полностью управляемые силовые электронные ключи позволяют обеспечить синусоидальность выходного напряжения регулятора методами импульсной модуляции. При этом обычно используются двунаправленные ключи, способные блокировать прямое и обратное напряжение, примеры схем которых даны на рис. 3. Условно регуляторы с учетом выполняемых функций можно разделить на две группы:

- регуляторы с непосредственным регулированием входного напряжения;
- регуляторы с добавлением (вычитанием) определенного значения напряжения к входному напряжению основного источника питания.

Регуляторы первой группы предназначены для регулирования выходного напряжения в диапазоне от нуля до максимального входного.

Регуляторы второй группы применяются для стабилизации выходного напряжения при относительно неглубоких отклонениях входного напряжения и других возмущающих факторах.

Пример схемы регулятора первого типа приведен на рис.3. Принцип работы схемы аналогичен принципу работы понижающего преобразователя (регулятора) постоянного тока в постоянный. Наличие ключа $S2$ в данном случае необходимо, если нагрузка не является чисто активной. В большинстве случаев нагрузка носит активно-индуктивный характер, поэтому разрыв цепи нагрузки недопустим, так как необходимо создать условия корректной коммутации, исключающей скачки тока в индуктивности нагрузки. С этой целью параллельно нагрузке подключается ключ $S2$, шунтирующий ток нагрузки на интервалах выключенного состояния ключа $S1$. Таким образом ключи $S1$ и $S2$ включаются и выключаются в противофазе.

Система управления СУ, управляя ключами $S1$ и $S2$, обеспечивает ШИМ (широтно-импульсная модуляция) входного напряжения. Возможны различные законы модуляции. При значительных отклонениях формы входного напряжения от синусоидальной посредством соответствующего алгоритма ШИМ может быть обеспечена синусоидальность выходного напряжения. Даже при незначительных расхождениях в интервалах включенного и выключенного состояний ключей $S1$ и $S2$ на них возможно возникновение перенапряжений.

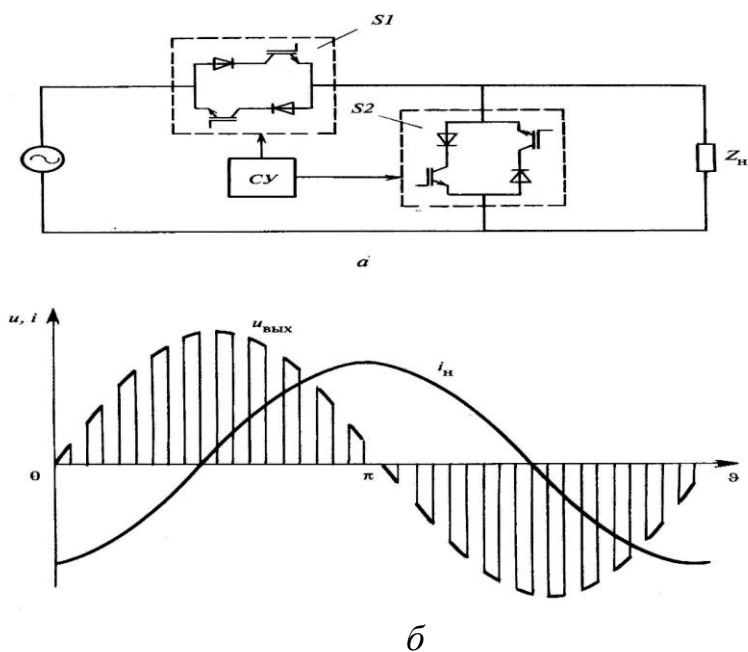


Рисунок 3 - Регулятор с непосредственным регулированием: а-схема; б - диаграммы выходного напряжения и тока

Варианты схем регуляторов второй группы представлены на рис. 4. В схеме на рис. 4, *а* выходное напряжение может изменяться в диапазоне напряжений входного автотрансформатора *АТ* от U_1 до U_2 . Величина добавляемого напряжения определяется скважностью работы ключей *S1*, *S2*, переключающихся в противофазе (рис. 4, *б*). Пример схемы с последовательным включением источника напряжения приведен на рис. 4, *в*.

В качестве источника напряжения используется преобразователь напряжения с синусоидальной модуляцией, способный работать в общем случае в четырех квадрантах. На вход инвертора подается напряжение от выпрямителя *В*. Для уменьшения пульсаций выходного напряжения инвертора, создаваемых импульсной модуляцией, на выходе необходимо включать *LC*-фильтр.

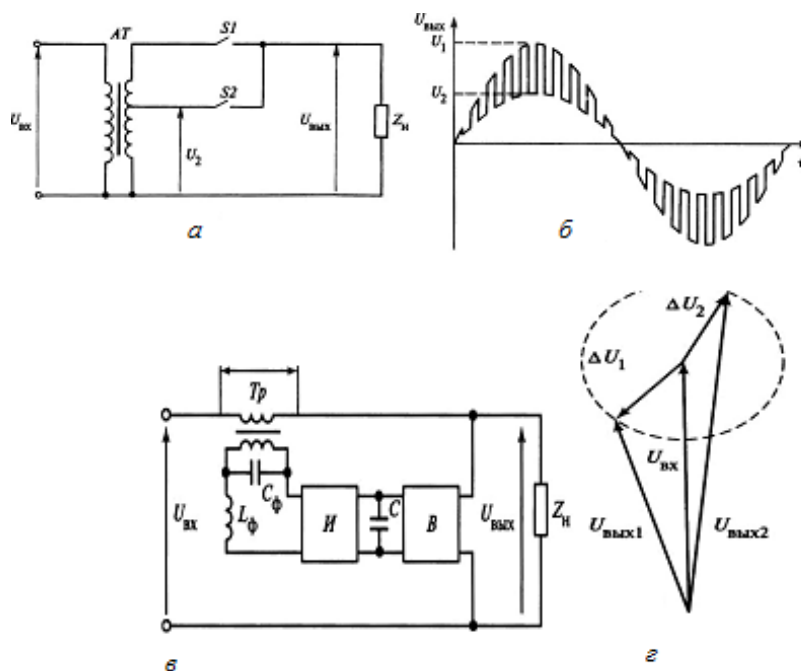


Рисунок 4 - Регулятор с добавлением напряжения к входному напряжению основного источника питания: *а* — схема регулятора; *б* — диаграмма выходного напряжения регулятора; *в* — структурная схема регулятора с последовательным включением источника напряжения; *г* — векторная диаграмма

Из векторной диаграммы (рис. 4, *г*) видно, что выходное напряжение может изменяться не только по величине, но и по фазе.

Очевидно, что в соответствии со структурой регулятора, представленного на рис. 4, *в*, могут создаваться сложные устройства с различными техническими характеристиками и функциональными возможностями. Наиболее простая схема представлена на рис. 5, *а*. Напряжение вторичной обмотки трансформатора *Тр* может формироваться в противофазе к основному напряжению посредством ключей *S1—S4*.

Повышение или понижение выходного напряжения регулятора относительно входного реализуется не только введением последовательно включенного источника напряжения, но также и посредством сдвига фаз входного и выходного напряжения, создаваемого включенным между ними реактивным элементом, например реактором индуктивностью *L* (рис. 5, *б*).

В зависимости от значения и характера тока, потребляемого из сети, равного сумме токов нагрузки I_H и компенсатора I_K , изменяется входное напряжение. Таким образом можно обеспечить стабильность напряжения на нагрузке при изменениях входного напряжения или нагрузки Z_H .

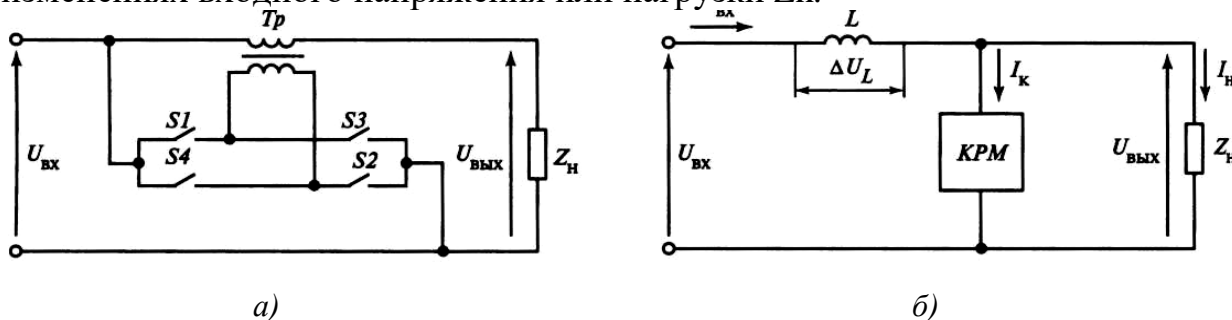


Рисунок 5 - Регуляторы переменного напряжения: а — схема с последовательным включением источника напряжения; б— схема регулятора с реактором

Заключение

Регуляторы напряжения переменного тока относятся к устройствам, которые могут работать как прямой преобразователь напряжения переменного тока, а также как электронный прерыватель, выполняющий функции включения и выключения электрической цепи переменного тока. Они имеют широкую сферу применения на сегодняшний день.

Литература

1. –Режим доступа: <https://studfile.net/preview/6270824/page:65/>. –Дата доступа: 19.10.2022.
2. –Режим доступа: <https://studfile.net/preview/6270824/page:66/>. –Дата доступа: 19.10.2022.
3. –Режим доступа: https://studme.org/236013/tehnika/regulatory_peremennogo_toka. – Дата доступа: 19.10.2022.