

БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩАЯ СИСТЕМА СТАБИЛИЗАЦИИ ПЕРЕМЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ

В. П. ОБРУСНИК, А. В. КОБЗЕВ, Г. А. ШАДРИН

(Представлена научно-техническим семинаром НИИ АЭМ)

Бесконтактные электромагнитные и магнитно-полупроводниковые регуляторы-стабилизаторы переменного напряжения являются неотъемлемыми элементами большинства современных электронных и электротехнических устройств. Они должны удовлетворять высоким требованиям по качеству выходного напряжения питания, по надежности и быстродействию. Наиболее распространенными исполнительными органами являются тиристорные и магнитные регуляторы. Последние, несмотря на свою простоту, обладают значительной инерционностью, габаритами, весом. Применение тиристорных регуляторов снижает инерционность исполнительных органов до полного полупериода [1], уменьшает их габариты (по сравнению с магнитными), но при этом значительно усложняется схема фазоимпульсного устройства или широтно-импульсного модулятора (ШИМ), обеспечивающих управление тиристорами, затруднена защита в мощных системах, возникают трудности при работе такого регулятора на трансформатор.

В настоящее время намечается хорошая перспектива [6] применения магнитно-полупроводниковых регуляторов (МПР), состоящих из параллельно соединенных дросселя насыщения и полупроводникового ключевого элемента (тиристора или транзистора). МПР являются аналогами регуляторов на встречно-параллельных управляемых вентилях, обладая большей простотой и надежностью в работе при несколько большем весе и габаритах. Они принципиально безынерционны и обладают, как и все системы с дискретным управлением, лишь среднестатистическим полупериодным запаздыванием. Это позволяет широко использовать МПР для создания быстродействующих регуляторов-стабилизаторов переменного напряжения.

Безынерционная стабилизация переменного напряжения встречает большие трудности даже в случае применения принципиально безынерционных регуляторов. В известных замкнутых системах стабилизации напряжения [1, 2] для получения сигнала обратной связи, пропорционального выходному напряжению, последнее выпрямляется, сглаживается активно-емкостными или индуктивно-емкостными фильтрами, а затем подается на сравнение с опорным напряжением. Интегрирующий элемент вносит инерционность в контур регулирования, что не позволяет реализовать принципиальную безынерционность исполнительного органа. Уменьшение постоянной времени фильтра в цепи обратной связи ведет к увеличению уровня пульсаций на входе схемы управления исполнительным органом, что приводит к сбоям в работе, к снижению точности и надежности стабилизатора.

Существенным недостатком замкнутых систем является также их неудовлетворительная работа при наличии помех со стороны нагрузки или со стороны питающего напряжения. Помехи со стороны питающего напряжения обычно обусловлены колебаниями напряжения, вызывающими в системе вынужденный колебательный процесс. Устранение указанных недостатков путем установки дополнительных фильтров в цепи обратной связи следует признать ограниченным по своим возможностям, так как ухудшаются динамические свойства системы, увеличиваются габариты и вес стабилизатора.

Для повышения быстродействия регуляторов или стабилизаторов напряжения иногда исключают из цепи обратной связи (ОС) интегрирующий элемент. Например, в [4] цепь ОС выполняется с выпрямителем без интегратора и напряжение выпрямителя непосредственно сравнивается с опорным. Здесь обеспечивается контроль и поддержание амплитуды выходного напряжения с резким ухудшением точностных показателей для действующих и средних величин при несинусоидальных формах.

Наиболее перспективными считаются регуляторы и стабилизаторы напряжения [3], где сигналом обратной связи является мгновенное значение сигнала ошибки. Ниже описывается способ стабилизации напряжения, когда используется безынерционная ОС по вольтсекундной площади контролируемого напряжения [5]. Суть его поясняется на примере МПР переменного напряжения на рис. 1, принцип действия которого описан в [6].

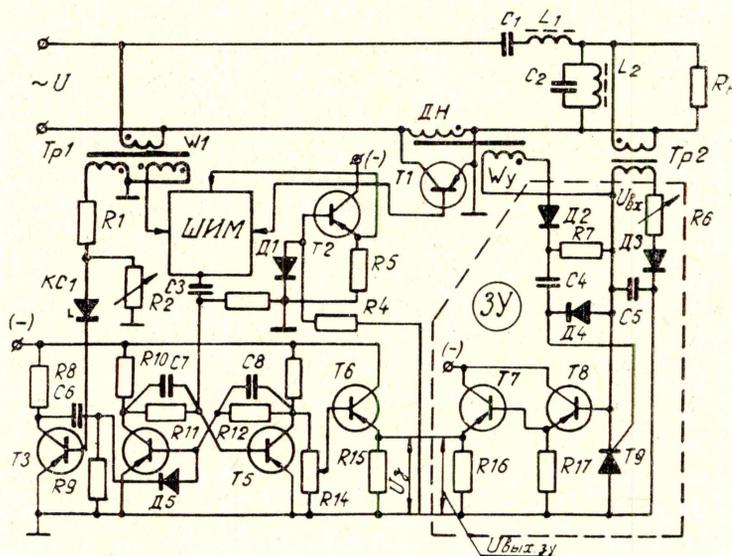


Рис. 1.

Безынерционная стабилизация напряжения нагрузки здесь достигается тем, что в цепь обратной связи включается запоминающее устройство (ЗУ) (показано пунктиром), напряжение на входе и выходе которого устанавливается на новом уровне раз в период. Для выполнения этого условия параллельно со входом ЗУ подсоединяется коммутирующий ключ на транисторе Т9. Выходное напряжение запоминающего устройства $U_{\text{вых зу}}$ вводится последовательно и встречно с выходным напряжением U_3 триггера, выполненного на транзисторах Т4 и Т5. Т4 запускается формирователем на транзисторе Т3 синхронно с сетью, а транзистор Т5 — синхронно с ШИМом.

Разность импульсных напряжений задающего и ОС, также имеющая вид импульсов, подается на вход ШИМа. Вход эмиттерного повто-

рителя Т2 зашунтирован диодом Д1, включенным в проводящей полярности для напряжения ОС и в непроводящей для задающего напряжения.

Длительность открытого состояния Т1 определяется длительностью импульсов, выработанных ШИМом. Последний синхронизирован с сетью с помощью обмотки W₃ трансформатора ТР-1 и выдает импульсы определенной длительности в начале каждого периода. Длительность импульса на выходе ШИМа в каждый из периодов зависит от величины сигнала ошибки, равной разности напряжений задающего и обратной связи в интервале формирования каждого импульса, а также от фазы приложения этого сигнала. Напряжение ОС формируется ЗУ. При этом заряд емкости С5 идет через согласующий трансформатор ТР-2, резистор R6 и диод Д3 той полярности выходного напряжения, которая соответствует разомкнутому состоянию транзистора Т1. Заряд емкости С5 зависит от соотношения периода сети и постоянной времени заряда. При контроле выходного напряжения рекомендуется выбирать постоянную времени заряда емкости С5, равную $\tau = R6 \cdot C5$ из соотношений:

$$\tau_m \leq 0,01 \cdot \frac{1}{f_c} \text{ — для контроля амплитудного значения,}$$

$$\tau \approx 0,16 \cdot \frac{1}{f_c} \text{ — для контроля действующего значения,}$$

$$\tau_{cp} \approx 0,195 \frac{1}{f_c} \text{ — для контроля среднего значения,}$$

$$\text{где } f_c \text{ — частота сети } f_c = \frac{\omega}{2\pi}$$

Для этой цели резистор R6 выполнен регулируемым, так как в процессе настройки стабилизатора постоянная времени может быть скорректирована на заданные условия.

Уровень заряда конденсатора С5 сохраняется до момента запирающего транзистора Т1, когда на дросселе насыщения ДН скачком появляется напряжение, запускающее через обмотку W₄ и дифференцирующую емкость С4 тиристор Т9. Через цепь ключа Т9 практически мгновенно происходит разряд емкости С5 до нуля. В последующий период емкость С5 зарядится до нового уровня, определяемого значением выходного напряжения U_н в контролируемый период, осуществляя, таким образом, безынерционный контроль выходного напряжения.

Одновременная зависимость длительности импульса ШИМа от амплитуды и фазы сигнала ошибки используется для компенсации колебаний напряжения сети. Это обеспечивается формирователем Т3 и стабилизатором КС-1, длительность пробитого состояния которого изменяется при колебаниях амплитуды сетевого напряжения. Соответственно изменяется длительность импульсов формирователя и фаза опрокидывания триггера. Таким образом, в интервале формирования импульса ШИМом на входе приложено практически идеально сглаженное напряжение, а все остальное время оно равно нулю. Это резко увеличивает помехозащищенность схемы управления и надежность работы стабилизатора. Последний становится безынерционным и имеющим, как и все системы с дискретным управлением, среднестатистическое полупериодное запаздывание.

По описанному принципу могут быть построены также быстродействующие однофазные и трехфазные стабилизаторы переменного напряжения на встречно-параллельных управляемых вентилях как с естественной, так и с принудительной коммутацией. Но в этом случае необходимо использовать еще один канал обратной связи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Б. Н. Иванчук и др. Тиристорные и магнитные стабилизаторы напряжения, М.-Л., «Энергия», 1968.
 2. А. М. Бамдас, С. В. Шапиро. Стабилизаторы с подмагничиваемыми трансформаторами. М.-Л., «Энергия», 1965.
 3. Bretz Károly. Схема стабилизатора переменного напряжения. Патент ВНР, № 154298, кл. 21 d²; НО2 j, опубл. 15.06. 68.
 4. Wanlass Craven. Полупроводниковый стабилизатор напряжения. Патент США, № 3461376, кл. 323—22; G 05f, опубл. 14.02. 66.
 5. Б. А. Лапин. Способ стабилизации выходного напряжения вентильного преобразователя с широтно-импульсной модуляцией. Авт. свид. № 265255, оф. бюлл. 1970, № 10.
 6. В. П. Обрусник, А. В. Кобзев. Теория процессов дискретноуправляемых ферромагнитных устройств, не подмагничиваемых постоянным током. Известия вузов, «Электромеханика», 1972, № 5.
-