

1.4. Регулирование и стабилизация выпрямленного напряжения и тока

СПОСОБЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ И СТАБИЛИЗАЦИИ

Напряжение и частота сети, от которой питаются выпрямительные устройства предприятий связи, не остаются постоянными. Как правило, отклонения напряжения составляют плюс 5—10 и минус 15—20%, а отклонения частоты—до 5% номинального значения. Не остаются постоянными ток нагрузки и температура окружающей среды. Отклонения сетевого напряжения и его частоты, изменение окружающей температуры и тока нагрузки являются основными дестабилизирующими факторами и вызывают изменение величины выпрямленного напряжения и пульсации. При изменении тока нагрузки изменение величины выпрямленного напряжения происходит из-за изменения падения напряжения на внутреннем сопротивлении выпрямительного устройства; при изменении температуры окружающей среды изменение величины выпрямленного напряжения происходит из-за изменения параметров элементов выпрямительного устройства.

Аппаратура связи, питание которой осуществляется от выпрямительных устройств, требует постоянного напряжения, величина которого колебалась бы в очень незначительных пределах. Резервная аккумуляторная батарея, работающая в буфере с выпрямительным устройством, требует чтобы ее подзаряжали (содержали) выпрямленным напряжением, отклонения которого составляли бы всего 2% * от установленного значения, и заряжали бы постоянным током, величина которого также изменялась бы очень незначительно. Для обеспечения вышесказанного выпрямительные устройства предприятий связи в зависимости от назначения выполняются со стабилизацией выпрямленного напряжения

*-данные устаревшие, сейчас требуют точность $\pm 1\%$ (Гончаров О.М)

или тока и с возможностью плавного изменения этих величин (регулирования) обслуживающим персоналом до требуемого значения. Для этого выпрямительные устройства дополняются специальными элементами.

Регулирование и стабилизация напряжения (тока) на выходе выпрямительных устройств большой мощности, питающих аппаратуру связи, осуществляется следующими способами: дросселями насыщения без обратной связи; дросселями насыщения с внутренней обратной связью; с помощью тиристоров (изменение момента включения тиристора).

Первый способ регулирования и стабилизации применен в находящихся в настоящее время в эксплуатации выпрямительных устройствах типа ВУ и ВУЛС. Второй способ применен в выпрямительных устройствах типа ВУК и ВУЛС-2. Третий способ применен в разрабатываемых в настоящее время выпрямительных устройствах типа ВУТ, которые должны прийти на смену выпрямительным устройствам типа ВУК.

В выпрямительных устройствах малой мощности, «которые применяются для питания учреждений и домовых подстанций, а также в электропитающих установках сельской телефонной связи для стабилизации выпрямленного напряжения применяют феррорезонансные стабилизаторы (выпрямительные блоки ВБ-24/6-3, ВБ-24/3-3; ВБ-60-2, ВТ-61/5, ВБ-60/25). Эти блоки не имеют плавного регулирования выпрямленного напряжения. В настоящее время для питания сельской телефонной связи, а также учреждений и домовых подстанций разработаны и внедрены в серийное производство выпрямительные блоки типа ВБ-60-3 и ВТ-61/5-3, регулирование и стабилизация выпрямленного напряжения в которых осуществляются с помощью тиристоров.

Для содержания дополнительных элементов аккумуляторной батареи разработаны выпрямительные устройства малой мощности, стабилизация выпрямленного напряжения которых осуществляется с помощью полупроводникового стабилизатора с регулирующим транзистором, работающим в импульсном режиме. Такие стабилизаторы установлены в устройстве автоматической коммутации аккумуляторной батареи (АКАБ).

ДРОССЕЛИ НАСЫЩЕНИЯ

Дроссель насыщения (ДН) представляет собой устройство, индуктивное сопротивление которого изменяется в зависимости от величины подмагничивающего постоянного тока. Дроссель насыщения имеет обмотку переменного тока $w_{\sim}$ или рабочую обмотку и одну или несколько обмоток подмагничивания $w_{=}$ или обмоток постоянного тока. Магнитная цепь его состоит из стального замкнутого магнитопровода. Магнитный поток дросселя насыщения создается одновременно переменным и постоянным магнитными потоками.

Простейший дроссель насыщения и схема его включения представлены на рис. 1.12. Для переменного тока катушка со стальным сердечником обладает реактивным (индуктивным) сопротивлением X_L . Ток в нагрузке будет зависеть от суммы индуктивного X_L и активного R_H сопротивлений, а падение напряжений, на каждом из них будет пропорционально их величинам, т. е. $U_{дн} = I \cdot X_L$, а $U_{RH} = I \cdot R_H$.

Индуктивное сопротивление дросселя насыщения не является постоянной величиной, а будет изменяться в зависимости от изменения магнитного состояния стали магнитопровода, а им, в свою очередь, управляет ток, текущий в обмотке w_+ . Следовательно, изменением величины тока в обмотке w_+ можно в широких пределах изменять магнитную проницаемость μ , и зависящее от нее индуктивное сопротивление обмоток переменного тока дросселя насыщения и падение напряжения $U_{ЛН}$. При увеличении тока подмагничивания индуктивное сопротивление X_L дросселя насыщения уменьшается, а при уменьшении тока подмагничивания — увеличивается. Величина постоянного магнитного потока зависит от числа витков обмотки w_+ и от тока, протекающего по этой обмотке.

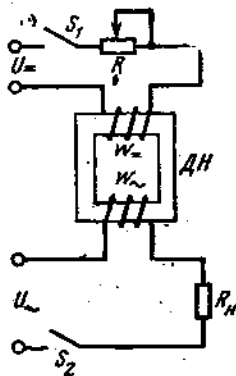


Рис. 1.12. Простейший дроссель насыщения и схема его включения

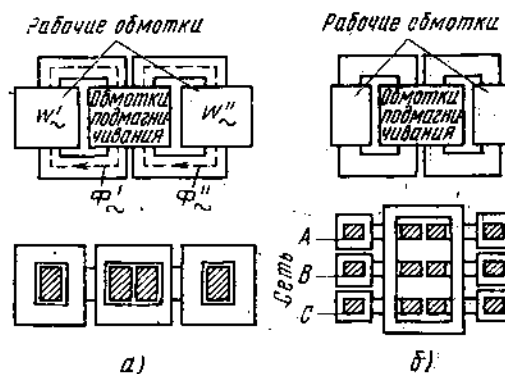


Рис. 1.13. Дроссели насыщения: а — однофазный; б — трехфазный

Дроссель насыщения, показанный на рис. 1.12, представляет собой обычный трансформатор, он, как и трансформатор, имеет две обмотки (обмотку переменного тока и обмотку подмагничивания), размещенные на общем магнитопроводе. Обмотка переменного тока, по которой протекает ток нагрузки, выполнена из провода, рассчитанного на заданный ток нагрузки и, как правило, имеет небольшое число витков. Обмотка подмагничивания, наоборот, в целях упрощения, имеет большое число витков из тонкого провода. Переменное напряжение обмотки w_- индуцирует в обмотке w_+ переменную ЭДС, которая по закону трансформирования во столько раз будет больше переменного; напря-

жения обмотки $w_{\sim}$, во сколько раз число витков обмотки $w_{=}$ будет больше числа витков обмотки $w_{\sim}$. Так как обычно $w_{=} > w_{\sim}$ то и переменная ЭДС, наводимая в обмотке $w_{=}$, может достигать очень больших значений, опасных как для самой обмотки $w_{=}$ (может не выдержать изоляции проводов этой обмотки), так и для элементов источника постоянного тока, питающего обмотки подмагничивания. Поэтому конструкцию дросселей насыщения выполняют так, чтобы сохранить управляющее действие обмотки $w_{=}$ и исключить трансформаторное действие рабочей обмотки на обмотку подмагничивания. В выпрямительных устройствах типа ВУ, ВУЛС и ВУК применены следующие конструкции дросселей насыщения: однофазный дроссель насыщения (рис. 1.1 3а) и трехфазный дроссель насыщения (рис. 1.136).

Магнитная цепь однофазного дросселя состоит из двух, расположенных рядом, стержневых магнитопроводов (рис. 1.13а). Обмотки подмагничивания расположены на средних стержнях магнитопровода, а обмотки переменного тока ($w'_{\sim}$ и $w''_{\sim}$) - на крайних. Обмотки переменного тока могут быть соединены параллельно или последовательно. Чтобы переменный магнитный поток, создаваемый обмоткой переменного тока, не наводил бы переменного напряжения в обмотке подмагничивания, рабочая обмотка $w_{\sim}$ разбита на две обмотки $w'_{\sim}$ и $w''_{\sim}$. Эти обмотки располагаются, наматываются и соединяются при их параллельном и последовательном соединении так, чтобы магнитные потоки $\Phi'_{\sim}$ и $\Phi''_{\sim}$, создаваемые этими обмотками, имели бы направление, указанное на рис. 1.1 3а, при котором в среднем стержне эти магнитные потоки будут иметь противоположные направления и будут взаимно компенсировать один другого, так как число витков $w'_{\sim} = w''_{\sim}$. Таким образом, в среднем стержне переменный поток будет отсутствовать, т. е. в обмотке $w_{=}$ переменного напряжения наводиться не будет.

Магнитная цепь трехфазного дросселя насыщения состоит из шести стержневых магнитопроводов—двух для каждой фазы переменного тока (рис. 1.136). Обмотки переменного тока каждой из трех фаз Л, В, С разбиты на две части ($w'_{\sim А}$, $w''_{\sim А}$ —для фазы А; ($w'_{\sim В}$, $w''_{\sim В}$ — для фазы В ($w'_{\sim С}$, $w''_{\sim С}$ — для фазы С) и помещены на (крайних стержнях магнитопровода, обмотки постоянного тока — на средних стержнях и охватывают одновременно средние стержни всех магнитопроводов. При таком расположении, намотке и соединении этих обмоток в обмотке подмагничивания также не наводится переменного напряжения.

ВЫПРЯМИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА С ДРОССЕЛЯМИ НАСЫЩЕНИЯ БЕЗ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ

Упрощенная схема выпрямительного устройства (только для одной фазы), в котором для регулирования и обеспечения стабильности выходных параметров (напряжения и тока при измене-

яях напряжения и частоты питающей сети и изменении тока нагрузки) применены дроссели насыщения без обратной связи (регулирование на стороне переменного тока), приведена на рис. 1.14. Последовательно с первичной обмоткой силового трансформатора Tr включена обмотка переменного тока дросселя насыщения L . При изменении подмагничивающего тока изменяется индуктивное сопротивление X_L дросселя насыщения, вследствие чего происходит перераспределение напряжения, подводимого из питающей сети, между обмотками дросселя насыщения и первичной обмоткой w_1 трансформатора Tr , т. е. на выпрямительном мосте будет поддерживаться такое напряжение, которое необходимо для получения стабильного напряжения на выходе выпрямительного устройства.

При стабилизации напряжения и тока с помощью дросселей насыщения применяется система регулирования, получившая название «следящая система», при которой ток в обмотке подмагничивания изменяется автоматически в зависимости от изменения напряжения или тока на выходе выпрямительного устройства. Регулирование осуществляется с помощью специального устройства — стабилизатора, включенного между выходом выпрямительного устройства и обмоткой подмагничивания и питающегося от сети переменного тока. В случае стабилизации напряжения на вход стабилизатора поступает напряжение с выхода выпрямительного устройства, а в случае стабилизации тока — сигнал, пропорциональный выпрямленному току выпрямительного устройства. Но так как выпрямленный ток пропорционален переменному току выпрямительного устройства, то в режиме стабилизации тока на вход стабилизатора контролируемый сигнал поступает со вторичной обмотки трансформатора тока через выпрямительный мост. Вход стабилизатора переключается на напряжение выхода выпрямительного устройства или же на напряжение трансформатора тока вручную или автоматически с помощью контактов реле.

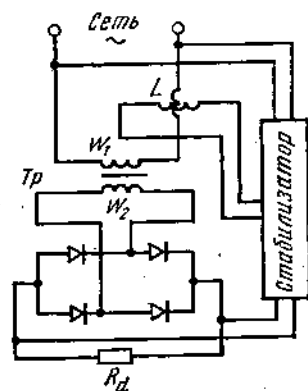


Рис. 1.14. Упрощенная схема выпрямительного устройства с регулированием напряжения и тока дросселями насыщения без обратной связи

Если напряжение на выходе выпрямительного устройства по каким-либо причинам (например, из-за колебания напряжения в сети или изменения тока нагрузки) отклонится от заданной величины, то стабилизатор сразу же отреагирует на это отклонение, автоматически изменив ток подмагничивания до необходимой величины и восстановив этим заданную величину выпрямленного напряжения. Например, при повышении напряжения сети переменного тока повышается и напряжение на выходе выпрямитель-

ного устройства, стабилизатор получает об этом сигнал и автоматически уменьшает ток подмагничивания в обмотке $w =$ дросселя насыщения. Это вызывает увеличение индуктивного сопротивления X_L обмоток w дросселя насыщения, вследствие чего «падение напряжения на этих обмотках возрастает, а напряжение, подаваемое на обмотку w_1 трансформатора, остается прежним, т. е. таким, что и до увеличения напряжения в сети. Прежним остается и напряжение на вторичной обмотке трансформатора Tr , а так как выпрямленное напряжение непосредственно зависит от напряжения вторичной обмотки w_2 силового трансформатора, которое подается к выпрямительным элементам, -то восстанавливается и заданная величина выпрямленного напряжения.

В выпрямительных устройствах, питающихся от сети переменного трехфазного тока, в каждую фазу включаются рабочие обмотки трех однофазных дросселей насыщения или одного трехфазного,

ВЫПРЯМИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА С ДРОССЕЛЯМИ НАСЫЩЕНИЯ С ВНУТРЕННЕЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ

Упрощенная схема выпрямительного устройства, в котором для регулирования и обеспечения стабильности выходных параметров применен дроссель насыщения с внутренней обратной связью (с самоподмагничиванием или с самонасыщением), показана на

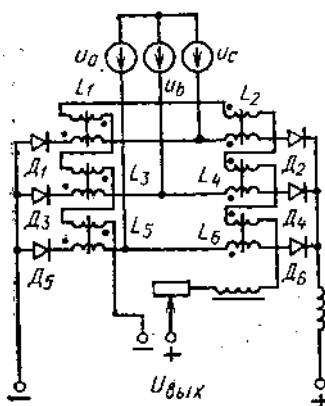


Рис. 1.15. Упрощенная схема выпрямительного устройства с регулированием напряжения и тока дросселями насыщения с внутренней обратной связью

рис. 1.15. Рабочие обмотки дросселя насыщения включены последовательно с вентилями основного трехфазного выпрямительного моста. Одни и те же вентили используются как для выпрямления переменного тока, так и для создания внутренней обратной связи в дросселе насыщения, что резко снижает мощность регулирования.

Основная роль дросселей насыщения, включенных по схеме рис. 1.15, — это создание задержки в отпирании вентилей на угол α , называемый углом управления или регулирования. Принцип работы такого выпрямительного устройства поясняется рис. 1.16.

До момента пересечения фазных ЭДС в точке w (точка естественной коммутации) были открыты вентили $D6$ и $D1$. Через рабочие обмотки дросселей $L6$ и $L1$ протекает полный выпрямлен-

ный ток, поэтому эти дроссели насыщены, т. е. их магнитные потоки постоянны и влияния на работу схемы выпрямления эти дроссели не оказывают.

Магнитное состояние дросселей при отсутствии рабочего тока определяется током подмагничивания, который очень мал и не

насыщает дроссель, т. е. дроссель L_4 , включенный последовательно с вентилем D_4 , который должен вступить в работу, не насыщен. Отпирание вентиля D_4 должно было произойти своевременно в точке w , но этого не происходит. Режим коммутации — переход тока с фазы a на фазу b — протекает в три этапа: перемагничивания дросселя, включенного последовательно с отпирающимся вентилем D_4 реальная коммутация тока; возврат дросселя, вклю-

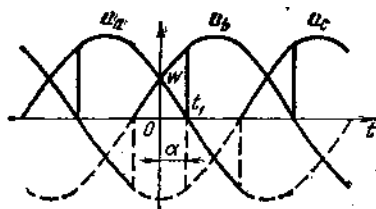
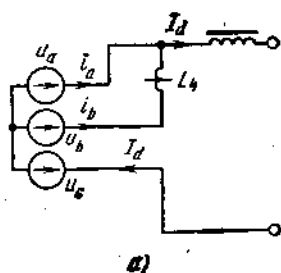
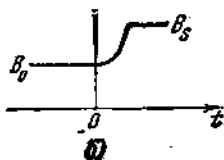


Рис. 1.16. Эквивалентная схема (а) и кривые фазных напряжений, токов и индукции при коммутации тока с одного вентиля на другой (б)



ченного последовательно с запирающимся вентилем D_5 , в ненасыщенное состояние.

На первом этапе в момент $t = 0$ последовательно с отпирающимся вентилем D_4 оказывается включенным ненасыщенный; дроссель L_4 , магнитное состояние которого (индукция B_0) определяется установкой тока подмагничивания (рис. 1.17, точка А). Ток нагрузки через L_4 сможет протекать лишь после того, как L_4 вновь будет насыщен, т. е. его магнитное состояние должно из точки А перейти в точку К. Поскольку индуктивность ненасыщенного дросселя L_4 намного больше индуктивности рассеяния силового трансформатора и насыщенного дросселя L_6 , то все напряжение, действующее в контуре коммутации, прикладывается к дросселю L_4 и возникающий при этом ток перемагничивает дроссель L_4 от начальной индукции B_0 до индукции насыщения B_s . Во время перемагничивания дросселя L_4 основной рабочий ток выпря-

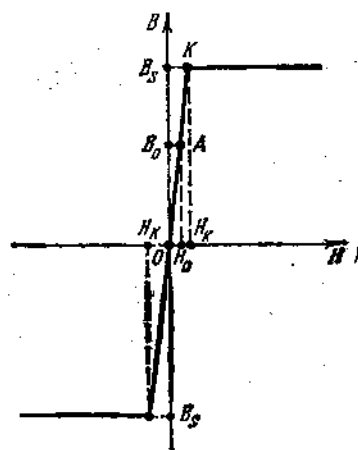


Рис. 1.17. Идеализированная характеристика намагничивания дросселя насыщения

мительного устройства продолжает протекать по вентилю Дб и фазе a , а выпрямленное напряжение остается таким, если бы вентиль $Д^*$ еще не открылся, т. е. первый этап по своему воздействию на форму выпрямленного напряжения аналогичен введению угла регулирования α в выпрямительных устройствах с тиристорами, причем величина угла α соответствует продолжительности перемагничивания дросселя от индукции B_0 до индукции B_s . Меняя величину начальной индукции B_0 путем изменения тока подмагничивания, можно менять продолжительность перемагничивания дросселя, т. е. угол α и тем самым регулировать среднее значение напряжения на выходе выпрямительного устройства. В момент окончания перемагничивания дросселя L_4 ток I_d переходит на фазу b (второй этап коммутации). В фазе a ток спадает почти до нуля, индукция дросселя L_6 уменьшается от B_s до B_0 , ток в его рабочей обмотке и в вентиле Дб падает до нуля, вентиль закрывается и цепь коммутации оказывается разомкнутой. Так протекает третий этап коммутации, который не оказывает практического влияния на рабочий ток и выпрямленное напряжение.

ВЫПРЯМИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА С ТИРИСТОРАМИ

Упрощенная схема тиристорного выпрямительного устройства, в котором регулирование и стабилизация выходных параметров осуществляются с помощью тиристоров, показана на рис. 1.180, а принцип работы на рис. 1.186, в. При положительном на-

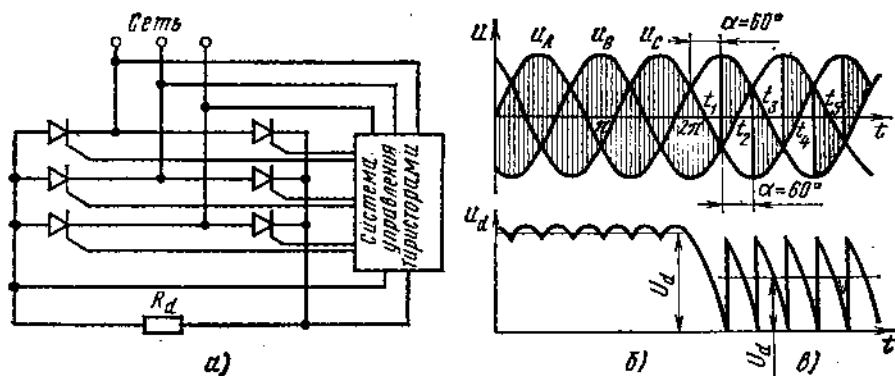


Рис. 1.18. Упрощенная схема выпрямительного устройства с регулированием напряжения и тока с помощью тиристоров:
 а — схема; б — диаграмма напряжений при $\alpha = 0$; в — диаграмма напряжений при $\alpha = 60^\circ$

пряжении на аноде или отрицательном на катоде тиристора открыть его по желанию можно в любой момент времени. На рис. 1.186, в показано включение тиристоров в разные моменты времени: на рис. 1.186 — в моменты времени, соответствующие точкам пересечения фазных ЭДС, т. е. задержка вступления очеред-

ного тиристора в работу отсутствует, а на рис. 1.18б — в моменты времени t_1 , t_2 , t_3 и т. д. при задержке включения тиристора на угол α . Угол α , отсчитанный от момента пересечения фазных ЭДС до момента открытия тиристора, например в момент времени t_1 , выраженный в электрических градусах, называем *углом управления* или *регулирования*. Показанное на рис. 1.18б, α изменение формы U_d кривой выпрямленного напряжения означает снижение его среднего значения. При увеличении угла регулирования α среднее значение выпрямленного напряжения будет уменьшаться. Изменяя величину угла α , можно регулировать мгновенное, а следовательно, и среднее значение выпрямленного напряжения.

В тиристорных выпрямительных устройствах применен импульсно-фазовый способ управления, который заключается в следующем. Система управления создает управляющие импульсы, которые подаются на управляющие электроды тиристорov. Мощность и длительность управляющего импульса достаточна для надежного отпирания любого тиристора. Система управления не только формирует импульсы управления, но и осуществляет сдвиг фазы импульсов относительно переменного напряжения питающей сети в зависимости от напряжения или тока на выходе выпрямительного устройства.

ФЕРРОРЕЗОНАНСНЫЕ СТАБИЛИЗАТОРЫ

Феррорезонансный стабилизатор (ФРС) представляет собой устройство, принцип работы которого основан на использовании резонансных явлений и нелинейных свойств насыщенных стальных магнитопроводов. Существует большое количество типов феррорезонансных стабилизаторов, которые отличаются один от другого как конструкцией, так и электрической схемой.

Рассмотрим устройство и работу наиболее часто применяемого феррорезонансного стабилизатора с магнитным шунтом, (рис. 1.19). Магнитопровод этого стабилизатора представляет собой трехстержневой сердечник с различными сечениями. На среднем стержне с большим сечением расположена первичная обмотка w_1 - и компенсационная w_k , на крайнем стержне с меньшим сечением — вторичная обмотка w_2 и резонансная w_p обмотки. Третий стержень, отделенный от среднего стержня воздушным зазором, является магнитным шунтом. На обмотку w_1 подается напряжение сети переменного тока. Ток, проходящий по обмотке w_1 , создает в среднем стержне основной магнитный поток, который замыкается через крайние стержни. Так как средний стержень имеет большое сечение, то МДС обмотки w_1 не насыщает его. Стержень с обмотками w_2 и w_p оказывается насыщенным, так как он имеет меньшее по сравнению со средним стержнем сечение. Изменением величины воздушного зазора между шунтом и средним стержнем создается необходимое распределение магнитного потока между шунтом и стержнем с меньшим сечением, что

является дополнительным средством для более точной настройки ФРС. Конденсатором C_p , включенным параллельно с последовательно соединенными вторичной и резонансной обмотками, создан резонансный контур (резонанс токов), в ветвях которого протекают очень значительные токи, которые еще больше насыщают стержень с меньшим сечением.

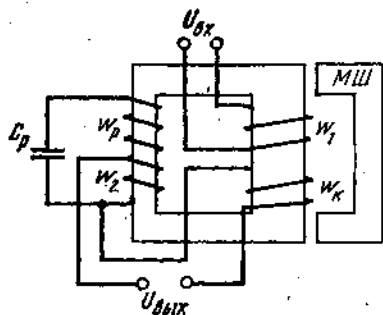


Рис. 1.19. Феррорезонансный стабилизатор с магнитным шунтом

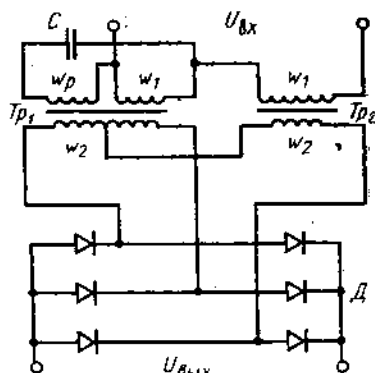


Рис. 1.20. Феррорезонансный стабилизатор со сдвинутой фазой

Феррорезонансный стабилизатор работает следующим, образом. При повышении входного напряжения возрастает и магнитный поток в среднем стержне. В связи с тем что сталь (Крайнего стержня с меньшим сечением уже насыщена, то магнитный поток в нем возрастает незначительно и выходное напряжение стабилизатора мало изменяется. При этом избыток потока замыкается через магнитный шунт и частично рассеивается через воздух. Стабильность выходного напряжения повышается еще больше благодаря компенсационной, обмотке w_k , так включенной последовательно с обмоткой w_2 что ее напряжение вычитается из напряжения вторичной обмотки. Напряжение (компенсационной обмотки пропорционально напряжению сети, но оно значительно меньше напряжения обмотки w_2 . Напряжение на нагрузке феррорезонансного стабилизатора равно разности напряжений вторичной и компенсационной обмоток, поэтому-то небольшое приращение напряжения, которое все же получается на вторичной обмотке w_2 , будет скомпенсировано увеличившимся напряжением обмотки w_k .

Из-за явления резонанса ФРС чувствителен к колебаниям частоты питающей сети. Изменение частоты сети на 1% вызывает изменение стабилизированного напряжения на 1,5—2%, что является основным недостатком ФРС. К другим недостаткам относятся искажение формы кривой выходного напряжения и зависимость выходного напряжения от характера нагрузки. Достоинствами ФРС являются небольшая стоимость, большой срок службы и надежность в работе, простота конструкции и простота

в обслуживании, высокая стабильность напряжения. Феррорезонансные стабилизаторы с магнитным шунтом «применены в выпрямительных устройствах типа ВУ для получения эталонного напряжения в электромагнитном стабилизаторе.

В выпрямительных блоках типа ВБ разработки 60-х годов, предназначенных для питания телефонных станций малой емкости, применены однофазные ФРС со сдвинутой фазой (рис. 1.20). Феррорезонансный стабилизатор состоит из насыщенного Tr_1 и ненасыщенного Tr_2 трансформаторов и резонансной емкости C . Ненасыщенный трансформатор с воздушным зазором имеет линейную характеристику и работает из-за наличия воздушного зазора на ненасыщенном участке кривой намагничивания. Ненасыщенный трансформатор имеет первичную w_1 и вторичную w_2 обмотки, насыщенный трансформатор — первичную w_1 , резонансную w_p и вторичную w_2 обмотки. Параллельно включенные конденсатор и резонансная обмотка представляют собой нелинейное звено стабилизатора. Вторичные обмотки насыщенного и ненасыщенного трансформаторов соединяются в несимметричную звезду и подключаются к трехфазной мостовой схеме выпрямления. При изменении напряжения сети и тока нагрузки происходит перераспределение напряжения между первичными, а следовательно, и вторичными обмотками трансформаторов и изменение угла сдвига фаз между ними. Благодаря этому напряжение на выходе моста остается скомпенсированным.

ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ СТАБИЛИЗАТОРЫ

Полупроводниковые стабилизаторы постоянного напряжения подразделяются на две основные группы: параметрические стабилизаторы на кремниевых стабилитронах и компенсационные стабилизаторы на транзисторах.

Параметрические стабилизаторы на кремниевых стабилитронах осуществляют стабилизацию напряжения за счет нелинейности вольт-амперной характеристики кремниевого стабилитрона, т. е. когда зависимость между током и напряжением не подчиняется закону Ома. Простейшая схема такого стабилизатора приведена на рис. 1.21а, а вольт-амперная характеристика кремниевого стабилитрона — на рис. 1.21б. Принцип работы такого стабилизатора заключается в том, что при увеличении напряжения на входе стабилизатора ток через стабилитрон I резко возрастает, вследствие чего увеличивается падение напряжения на гасящем резисторе R_g . Приращение напряжения на резисторе R_g примерно равно приращению напряжения на входе стабилизатора, а напряжение на выходе стабилизатора, равное напряжению стабилизации кремниевого стабилитрона, при этом почти не изменяется. Для увеличения стабилизируемого напряжения стабилитроны включаются последовательно.

Параметрические стабилизаторы напряжения на кремниевых стабилитронах применяются в выпрямительных устройствах в ос-

ионном как источники эталонного (опорного) напряжения и как вспомогательные источники питания.

Компенсационные стабилизаторы постоянного напряжения на транзисторах представляют собой замкнутую систему автоматического регулирования с отрицательной обратной связью. Стабили-

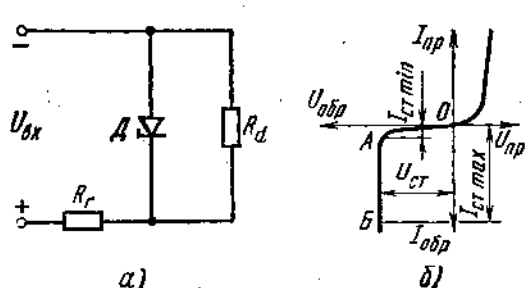


Рис. 1.21. Параметрический стабилизатор напряжения на кремниевом стабилитроне: а — схема; б — вольт-амперная характеристика кремниевого стабилитрона

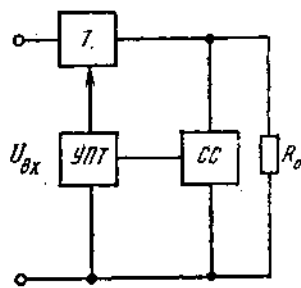


Рис. 1.22. Структурная схема стабилизатора постоянного напряжения с непрерывным регулированием

зация в них осуществляется за счет изменения параметров регулируемого элемента—транзистора. При воздействии на него сигнала обратной связи. В этих стабилизаторах транзистор может работать как в режиме непрерывного регулирования (линейном), так и в импульсном.

Структурная схема стабилизатора напряжения, регулирующего транзистор которого работает в режиме непрерывного регулирования, показана на рис. 1.22. Такой стабилизатор состоит из регулирующего транзистора T , включенного последовательно с нагрузкой, схемы сравнения $СС$ и усилителя постоянного тока $УПТ$. Регулирующий транзистор используется как регулируемое сопротивление, величина которого изменяется так, что выходное напряжение будет оставаться практически постоянным. Схема сравнения состоит из источника опорного напряжения и делителя выходного напряжения. В схеме $СС$ сравниваются выходное и опорное напряжения. Сигнал разности этих двух напряжений (сигнал рассогласования) подается на вход $УПТ$. Сигнал рассогласования, усиленный $УПТ$, воздействует на регулирующий транзистор. Например, при увеличении входного напряжения стабилизатора увеличивается его выходное напряжение, на выходе $СС$ появляется сигнал рассогласования, (Который усиливается $УПТ$ и поступает на вход регулирующего транзистора. Сопротивление транзистора увеличивается, увеличивается и падение напряжения на нем, в результате чего выходное напряжение уменьшается и становится равным первоначально установленному значению.

Достоинства схемы: простота и высокая точность стабилизации. Основным ее недостатком является сравнительно низкий

КПД (0,5—0,6), обусловленный потерями мощности на регулирующем транзисторе.

Структурная схема стабилизатора напряжения, регулирующий транзистор которого работает в импульсном режиме (режиме переключения), показана на рис. 1,23л. Такой стабилизатор состоит из силовой цепи (регулирующий транзистор T и фильтр Φ) и

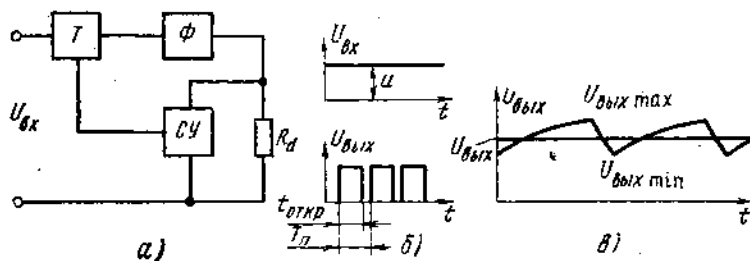


Рис. 1.23. Импульсные стабилизаторы постоянного напряжения: а — структурная схема; б — временные диаграммы стабилизатора с импульсной модуляцией; в — временные диаграммы двухпозиционного стабилизатора

схемы управления СУ. Регулирующий транзистор представляет собой периодически размыкающийся и замыкающийся ключ т.е транзистор быстро переходит из области закрытого состояния (отсечки) в область открытого состояния (насыщения). При импульсном регулировании источник нестабилизированного напряжения $U_{вх}$ периодически подключается к нагрузке и отключается от нее т. е. регулирующий транзистор преобразовывает напряжение постоянного тока нестабилизированного источника в последовательность периодически изменяющихся импульсов или периодически изменяющееся напряжение (рис. 1.23б,в). Периодичность переключения обеспечивается схемой управления. Так, для схемы рис 1.23б сигнал рассогласования преобразуется в последовательность импульсов с изменяющимися временными параметрами (длительность $T_{откр}$, период T_n или частоту переключения f_n), которые затем воздействуют на регулирующий транзистор таким образом чтобы поддержать неизменным выходное напряжение. На выходе стабилизатора имеется демодулирующее устройство, например LC-фильтр, который вновь преобразует полученные импульсы в напряжение постоянного тока.

По способу регулирования импульсные стабилизаторы делятся на две основные группы: стабилизаторы с импульсной модуляцией и стабилизаторы релейные или двухпозиционные.

Схема управления стабилизатора с импульсной модуляцией содержит: схему сравнения C , усилитель постоянного тока УПТ и задающий генератор ЗГ, а схема управления двухпозиционного стабилизатора — СС, УПТ и релейный элемент.

В свою очередь в стабилизаторах с импульсной модуляцией регулирование напряжения осуществляется: изменением времени

открытого состояния регулирующего транзистора при постоянной частоте переключения, т. е. широтно-импульсная модуляция (ШИМ); изменением частоты переключения регулирующего транзистора при постоянной длительности импульсов, т. е. частотно-импульсная модуляция (ЧИМ); комбинированным способом с помощью ШИМ и ЧИМ. В зависимости от величины сигнала рассогласования в случае с ЧИМ изменяется частота задающего генератора, а в случае с ШИМ — длительность импульсов.

В качестве релейного элемента у двухпозиционных стабилизаторов применяют, например, триггер с двумя порогами срабатывания ($U_{выхmax}$ и $U_{выхmin}$), который управляет регулирующим транзистором, т. е. при $U_{выхmax}$ транзистор закрывается, а при $U_{выхmin}$ — открывается. При открытом транзисторе напряжение на выходе $U_{вых}$ растет до верхнего порога срабатывания триггера ($U_{выхmax}$), а при закрытом падает до нижнего порога срабатывания $U_{выхmin}$. Периодические переключения триггера под действием $U_{выхmax}$ и $U_{выхmin}$ создают в схеме автоколебания (СМ.рис. 1.23в), $U_{вых}$ все время изменяется по величине с двойным размахом $U_{выхmax}$ – $U_{выхmin}$. Период переключения триггера изменяется в зависимости от величины входного напряжения и тока нагрузки, вследствие чего среднее значение выходного напряжения поддерживается неизменным с заданной точностью стабилизации.

Импульсные стабилизаторы имеют более высокий КПД и меньшие габариты по сравнению со стабилизаторами непрерывного регулирования; КПД импульсных стабилизаторов равен 0,8—0,9.

Недостатками импульсного стабилизатора являются: сложность электрической схемы из-за большого числа элементов; большой уровень помех, получающийся за счет крутых фронтов импульсов.