

Изобретение относится к электротехнике и может быть использовано в различных устройствах преобразовательной техники.

Известен управляемый ключевой элемент на запираемом тиристоре, содержащий запираемый тиристор, зашунтированный RCD-цепочкой [1].

Наиболее близким по технической сущности и достигаемому результату является управляемый ключевой элемент, содержащий соединенные последовательно запираемый тиристор и зашунтированный диодом дроссель для ограничения скорости нарастания тока в процессе включения запираемого тиристора. Указанные ключи применены в инверторе напряжения [2].

Недостатком ключевого элемента является пониженное рабочее напряжение.

Задачей изобретения является создание управляемого ключевого элемента, в котором, благодаря последовательному соединению запираемых тиристоров, достигается повышение рабочего напряжения управляемого ключевого элемента, что позволит расширить область его применения.

Поставленная задача решена тем, что в управляемом ключевом элементе, содержащем входной, общий и выходной выводы для подключения, соответственно, источника напряжения и нагрузки, цепочку, включенную между входным и выходным выводами и состоящую из последовательно соединенных элемента ограничения скорости нарастания тока, зашунтированного цепью ограничения перенапряжений, и полностью управляемого вентильного элемента, а также конденсатор, согласно изобретению, полностью управляемый вентильный элемент выполнен в виде последовательно соединенных полностью управляемых вентилях, каждый из которых зашунтирован цепочкой из встречно включенных дополнительно введенных порогового элемента и диода. Указанный конденсатор включен между входным и выходным выводами.

Каждый полностью управляемый вентиль зашунтирован дополнительно введенным резистором.

Каждый полностью управляемый вентиль зашунтирован встречно включенным дополнительно введенным диодом.

Каждый из диодов цепочки из встречно включенных порогового элемента диода зашунтирован дополнительно введенными конденсатором и резистором.

Последовательно с основными полностью управляемыми вентилями включен дополнительный полностью управляемый вентиль, зашунтированный RCD-цепочкой.

Указанный дополнительный полностью управляемый вентиль зашунтирован дополнительно введенным пороговым элементом.

Заявляемое изобретение дает возможность на основе предлагаемого управляемого ключевого элемента разработать высоковольтные устройства преобразовательной техники большой мощности для транспорта и промышленного применения. В частности, изобретение позволяет разработать современные электроприводы для электровозов постоянного тока с напряжением в контактной сети 3 кВ, разработать систему постоянного тока повышенного напряжения с напряжением в контактной сети 9-12 кВ.

Изобретение поясняется чертежами, где на фиг.1 - фиг.4 приведены варианты управляемого ключевого элемента, на фиг.5 - вариант применения управляемого ключевого элемента в преобразователе постоянного тока.

Управляемый ключевой элемент (фиг. 1) содержит последовательно соединенные полностью управляемые вентили (запираемые тиристоры) 1-3, и каждый из них зашунтирован цепочкой из встречно включенных порогового элемента (лавинного диода) 4 и диода 5. Полностью управляемые вентили включены последовательно с элементом ограничения скорости нарастания тока (дросселем) 6, зашунтированным цепью Ограничения перенапряжений (диодом) 7. Конденсатор 8 включен между входным и выходным выводами. Нагрузка 9 включена между общим и выходным выводами и может быть зашунтирована диодом 10.

Управляемый ключевой элемент работает следующим образом.

При открытых полностью управляемых вентилях 1-3 ток проходит по цепи: 6-1-2-3-9. Для выключения ключевого элемента подают запирающие сигналы на управляющие переходы полностью управляемых вентилях 1-3. Вначале выключается полностью управляемый вентиль с наименьшим временем выключения, например, 1. Ток дросселя 6 замыкается через диод 7, а ток нагрузки - через конденсатор 8. Емкость конденсатора 8 выбирают из условия, чтобы при максимальном выключаемом токе скорость нарастания напряжения не превышала предельно допустимого значения.

Для современных запираемых тиристоров предельно допустимая скорость нарастания напряжения равна 500 В/мкс. При использовании запираемых тиристоров 40-45 классов конденсатор 8 зарядится до напряжения 2500-3000 В за 5-6 мкс. Если очередной тиристор выключается с задержкой меньше указанного времени, то напряжение будет прикладываться к двум запираемым тиристорам, и третий тиристор должен выключаться с задержкой не более 10-12 мкс. Указанное требование к запираемым тиристорам может быть легко выполнено на практике.

Напряжение пробоя пороговых элементов (лавинных диодов) 4 выбирается меньшим или равным повторяющемуся напряжению на полностью управляемых вентилях, поэтому при увеличении напряжения на вентиле до напряжения пробоя порогового элемента 4 ток нагрузки будет проходить через диод 5 и пороговый элемент 4 до момента запирающего очередного полностью управляемого вентиля.

При заряде конденсатора 8 до напряжения питания ток нагрузки 9 замыкается через диод 10.

Энергия, запасенная в индуктивности полностью управляемых вентилях и монтажа, рассеивается в полностью управляемом вентиле с наименьшим временем выключения. В связи с большей индуктивностью рассеяния управляемый ключевой элемент, приведенный на фиг.1, может быть использован в тех случаях, если максимальный выключаемый ток меньше импульсного запираемого тока.

Выключаемый ток, или же количество последовательно соединенных полностью управляемых вентилях может быть увеличено, если каждый из полностью управляемых вентилях зашунтирован встречно включенным диодом 11 (фиг. 2).

При выключении, например, полностью управляемого вентиля 1 и спаде тока открываются диоды 11 и энергия, запасенная в индуктивности вентилей 2 и 3, а также в монтаже, рассеивается на диодах 11 и открытых полностью управляемых вентилях, что приводит к уменьшению мощности потерь в вентиле с наименьшим временем выключения. Диоды 11 должны иметь малое время обратного восстановления.

Пороговые элементы (лавинные диоды) 4 имеют большое время обратного восстановления, поэтому последовательно с ними включены диоды 5.

Для выравнивания напряжения на полностью управляемых вентилях они зашунтированы резисторами 12 (фиг. 2).

Для уменьшения мощности потерь в выключаемом полностью управляемом вентиле, каждый из диодов 5, включенный встречно пороговому элементу 4, зашунтирован конденсатором 13 и резистором 14 (фиг. 3).

При выключении, например, полностью управляемого вентиля 1, часть энергии, накопленной в индуктивности рассеяния вентилей 2, 3 и монтажа идет на заряд конденсаторов 13, и уменьшаются потери в выключаемом полностью управляемом вентиле 1. При обратном перезаряде конденсаторов 13 уменьшается накопленный заряд в пороговых элементах 4 и полностью управляемых вентилях 2 и 3, что приводит к уменьшению времени их выключения.

При малой добротности контура произойдет быстрый спад тока, и остаточный заряд в пороговых элементах 4 будет мал. При напряжении на вентиле 1, равном напряжению пробоя порогового элемента 4, через него начнет проходить ток до восстановления запирающей способности в обратном направлении одного из пороговых элементов 4 и выключения шунтирующего его полностью управляемого вентиля.

Для увеличения выключаемого тока и количества последовательно соединенных полностью управляемых вентилей введен дополнительный полностью управляемый вентиль 15, зашунтированный RCD-цепочкой 16-18, включенный последовательно с полностью управляемыми вентилями 1-2 (фиг.4). Полностью управляемый вентиль 15 имеет меньшее время выключения в сравнении с вентилями 1 и 2. Емкость конденсатора 16 выбирают из допустимой скорости нарастания напряжения при выключении максимального тока. При подаче запирающего импульса на вентили 1, 2 и 15 первым выключается вентиль 15. По окончании переходного процесса часть тока нагрузки 9 проходит через конденсатор 8, а другая часть по цепи: 6-16-17-1-2-9. Часть тока дросселя 6 замыкается через диод 7. Через полностью управляемые вентили 1 и 2 проходит только часть первоначального тока. и их выключение происходит аналогично описанному выше (фиг.1 - фиг. 3).

Для ограничения напряжения дополнительный полностью управляемый вентиль 15 зашунтирован пороговым элементом 19.

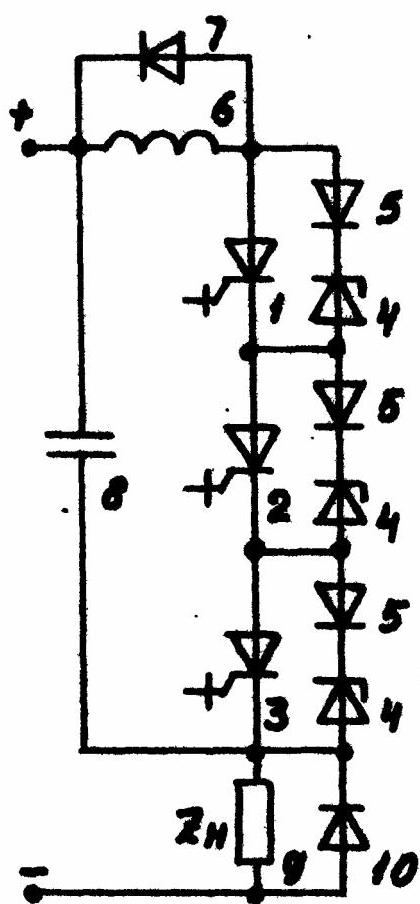
В варианте применения управляемого ключевого элемента в преобразователе постоянного тока (фиг. 5) управляемый ключевой элемент 20 выполнен по схеме фиг.4, открыт управляемый вентиль 23. Ток нагрузки проходит по цепи: 6-23-9. коммутирующий конденсатор 21 заряжен от источника подзаряда 22. Напряжение коммутирующего конденсатора 21 выбирается из условия, чтобы к каждому выключаемому вентилю прикладывалось напряжение 40-50 В.

Для выключения управляемого вентиля 23 отпирают управляемый ключевой элемент 20 и управляемый вентиль 24. По окончании схемного времени выключают управляемый ключевой элемент 20.

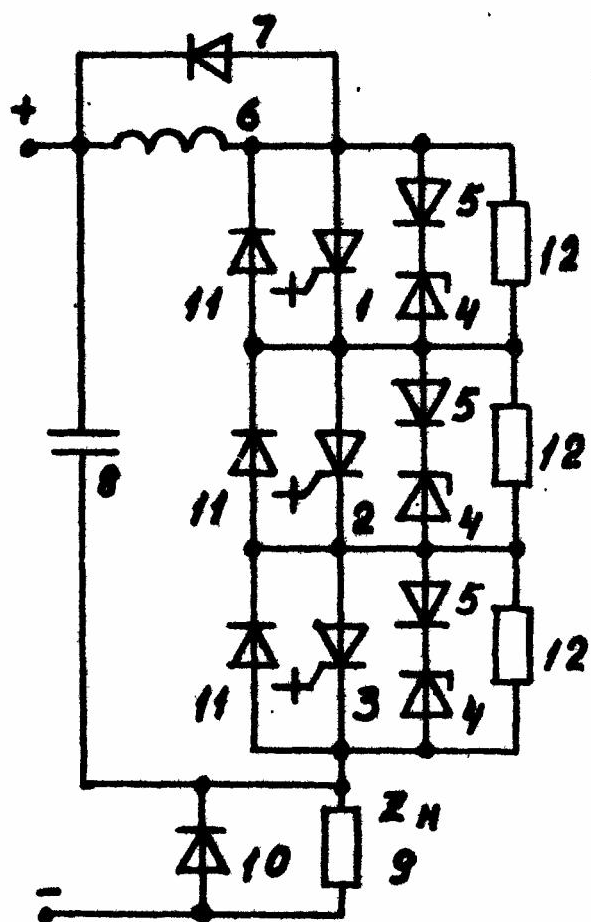
После выключения полностью управляемого вентиля 15 (фиг. 4) и заряда конденсатора 16 до напряжения на конденсаторе 26 (напряжение на конденсаторе 26 выше напряжения на коммутирующем конденсаторе 21), часть запасенной в двухобмоточном дросселе 6 энергии через диод 25 поступает на заряд коммутирующего конденсатора 21, а незначительная часть - через диод 7 поступает на заряд конденсатора 26. При заряде конденсатора 26 до напряжения уставки по команде блока управления 27 включается ключ 28, и ток начинает протекать через резистор 29.

Часть тока нагрузки протекает через конденсатор 8. Аналогично описанному выше выключаются полностью управляемые вентили 1 и 2.

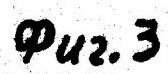
Для выключения очередного управляемого вентиля 30 отпирают управляемый ключевой элемент 20 и вентиль 31. По цепи: 8-8-20-21-8 происходит разряд конденсаторе 8. Около 90% запасенной в конденсаторе 8 энергии через двухобмоточный дроссель в передается коммутирующему конденсатору 21 и через него поступает в нагрузку. Обеспечивается ограничение скорости нарастания тока и напряжения при малых потерях.



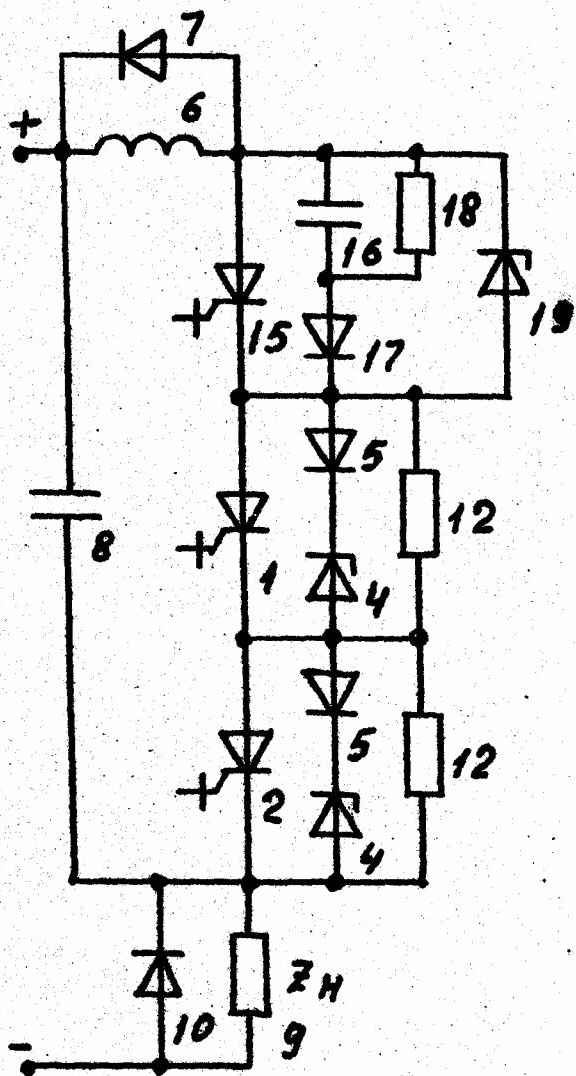
Фиг. 1



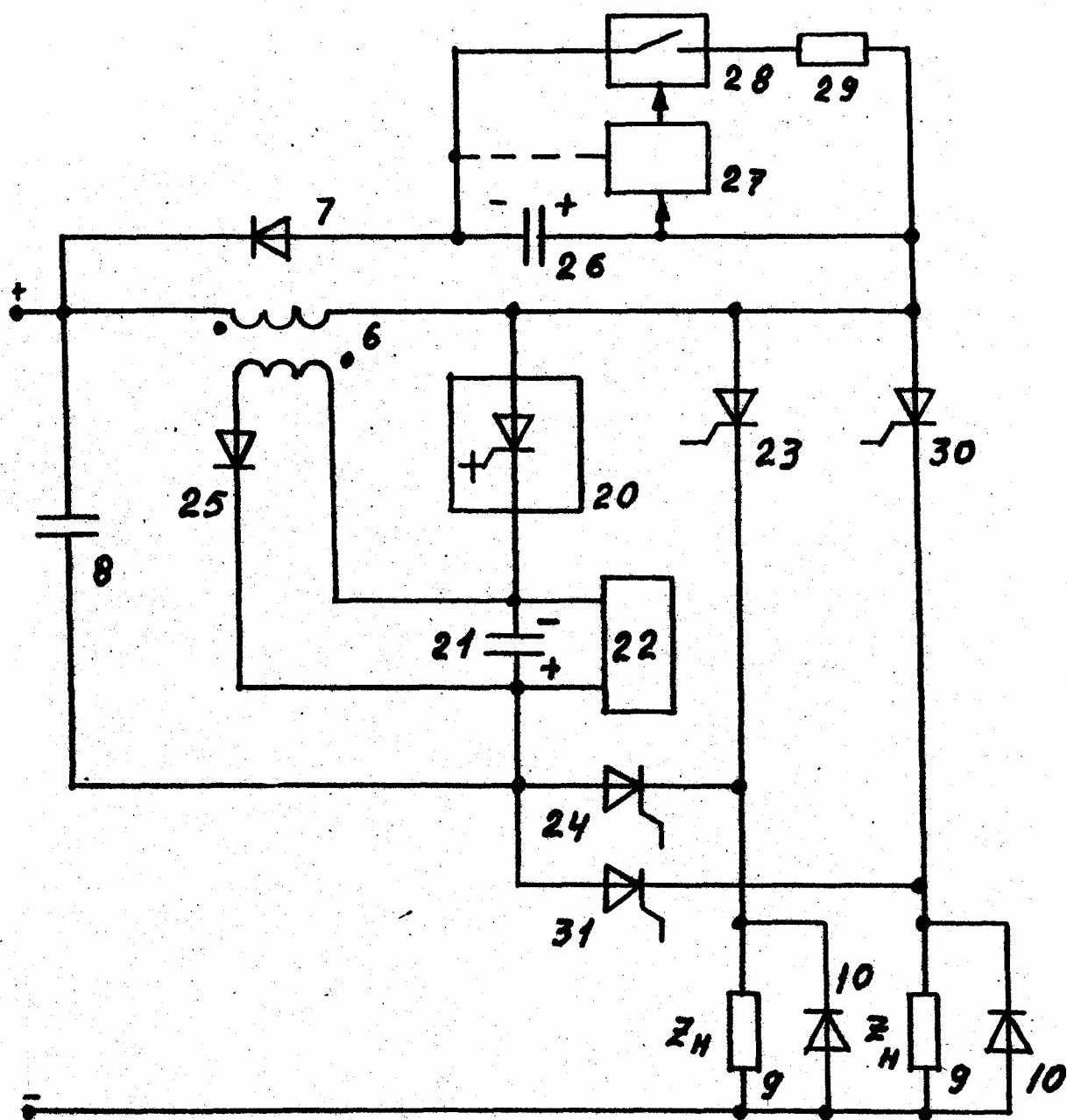
Фиг. 2



Физ. 3



φ_{42.4}



$\varphi_{u2.5}$