

### Область изобретения

Данное изобретение относится к способу защиты мощных полупроводников силовых преобразователей.

Данное изобретение также относится к преобразователю для реализации данного способа.

### Технические предпосылки изобретения

В силовой электронике, электрические системы преобразования (преобразователи постоянного тока - переменный ток, переменный ток - постоянный ток, постоянный ток - постоянный ток, переменный ток - переменный ток) используют управляемые полупроводники, например биполярные транзисторы, тиристоры, запираемые тиристоры, каналные полевые униполярные МОП-транзисторы, биполярные транзисторы с изолированным затвором (БТИЗ) и т.д., которые работают как силовые выключатели. Эти полупроводники, по существу, имеют ограничения, касающиеся максимально допустимого напряжения на клеммах. При определенных обстоятельствах требуется управлять выключателями таким образом, чтобы сделать их проводящими (путем замыкания) и хотя бы частично предотвратить возникающее на них перенапряжение, разрушающее их. Именно по этой причине были разработаны различные защитные схемы.

Данная проблема имеет место, например, при разработке цепей питания электродвигателей (синхронных, асинхронных, постоянного тока). Они состоят из преобразователей, таких как, например, трехфазные инверторы, соединенные с прерывателями, в которых полупроводники, используемые в качестве выключателей, должны выдерживать напряжение, по крайней мере, равное, а желательно - в несколько раз превосходящее номинальное напряжение контактных проводов по постоянному току. В частности, выбираются полупроводники, которые могут выдерживать 2-3 кратное напряжение контактных проводов.

В частности, в случае высокого напряжения, т.е., скажем, при напряжении контактных проводов по постоянному току более 2000 В, должны использоваться полупроводники, которые выдерживают относительно высокое максимальное напряжение. Более того, в отличие от транзисторов релейного типа данные полупроводники должны иметь линейную характеристику. Разумным выбором таких полупроводников являются БТИЗ, которые способны выдерживать максимальное напряжение до 6,5 кВ.

В приведенном ниже описании используется пример выключателей типа БТИЗ, так как они являются выключателями, которые могут выдерживать относительно высокое напряжение, и в любом случае, напряжение выше 2 кВ, в то время как мощные биполярные транзисторы и каналные полевые униполярные МОП-

транзисторы ограничены максимальным напряжением около 1000 В.

Более того, БТИЗ имеют хорошие показатели по скорости и легко управляются.

Однако, в случае, если максимальное напряжение имеет более низкое значение, распространенной практикой является включение нескольких выключателей (полупроводников) последовательно. В этом случае необходимо использовать их вместе со схемой ограничения. Это, в частности, правильно в случае использования БТИЗ, которые позволяют выдерживать относительно низкое напряжение (около 3,3 кВ).

Принцип функционирования активного устройства ограничения прост: выключатель замыкается, когда напряжение на нем превышает predetermined значение. С этой целью между одним из контактов и средствами управления выключателем включается пороговый элемент (Zener - полупроводниковый стабилитрон, Transil и т.п., лавинный диод).

Таким образом, активное устройство ограничения - это устройство, которое служит для защиты БТИЗ от кратковременных перенапряжений. При возникновении перенапряжения, устройство ограничения приводится в действие путем закрытия БТИЗ, который будет затем работать на линейном участке характеристики. Вычисляется пороговое напряжение, при котором и выше которого приводится в действие устройство ограничения так, что напряжение на БТИЗ никогда не достигает максимально допустимого значения. Физически устройство ограничения включается между коллектором и затвором БТИЗ, создавая, таким образом, быстродействующую петлю обратной связи.

Данная схема определения порогового напряжения перенаправляет управляющий ток, когда напряжение на выключателе превосходит predetermined значение (например, 2200 В). Недостатком является то, что данное устройство уменьшает максимальное пороговое напряжение, допускаемое выключателем, в случае, если данный выключатель не проводит, например, когда выключатель разомкнут, т.е., отключен от преобразователя.

Когда напряжение на устройстве ограничения на основе БТИЗ в целом превышает 2,2 кВ, силовой выключатель включается (закрывается) и напряжение на нем будет, таким образом, поддерживаться примерно 2,2 кВ, вместо разрешенного максимально допустимого значения 3,3 кВ.

Со статической точки зрения, в случае неуправляемого БТИЗ, т.е. открытого БТИЗ, максимальное напряжение, которое может выдерживать цепь, состоящая из БТИЗ и активного устройства ограничения, является пороговое напряжение устройства ограничения, которое значительно меньше, чем максимально допустимое напряжение для БТИЗ. В примере, приведенном выше, БТИЗ имеет максимально допус-

тимое напряжение 3,3 кВ, к нему добавляется активное устройство ограничения с пороговым напряжением 2,2 кВ. В результате получают устройство, неуправляемое при напряжениях выше 2,2 кВ.

#### **Уровень техники**

Документ JP-06 163 911 в очень общих чертах описывает устройство для определения, является ли напряжение на стоке канального полевого униполярного МОП-транзистора больше, чем напряжение диода Zener - полупроводникового стабилитрона, использующегося в схеме ограничения. Очень вероятно использование такого устройства в интегральных схемах с относительно низкими напряжениями порядка нескольких десятков вольт.

#### **Цели изобретения**

Целью данного изобретения является предложение метода по защите силовых преобразователей, питающихся высоким напряжением, позволяющего выключателям в открытом состоянии выдерживать максимально допустимое высокое напряжение, в случае наличия устройства ограничения.

#### **Сущность изобретения**

Данное изобретение относится к способу защиты силовых выключателей, используемых в силовых преобразователях, соединенных с устройствами ограничения порогового напряжения, согласно которому максимально допустимое напряжение на силовом выключателе поддерживается посредством сглаживания функции ограничения порогового напряжения, когда выключатель выключен.

Предпочтительно, чтобы максимально допустимое напряжение на силовом выключателе поддерживалось с помощью демпфирующего устройства - снаббера, расположенного между устройством ограничения порогового напряжения и средствами управления силовым выключателем.

Согласно предпочтительному воплощению, те же самые средства управления используются для управления снаббером и силовым выключателем.

Передний фронт управляющего импульса снаббера, преимущественно, синхронизируется по управляющему импульсу силового выключателя, а задний фронт управляющего импульса снаббера имеет задержку относительно импульса силового выключателя. Предпочтительно, чтобы вышеуказанная задержка была в пределах от 50 до 500 мкс и желательно - близка к 200 мкс.

Данное изобретение также относится к силовому преобразователю, состоящему, как минимум, из одного силового выключателя, соединенного с устройством ограничения порогового напряжения, который отличается тем, что он также содержит снаббер, расположенный между устройством ограничения порогового

напряжения и средствами управления силовым выключателем.

Согласно предпочтительному воплощению, преобразователь состоит из нескольких силовых выключателей, включенных последовательно, причем вышеуказанные выключатели соединены с устройством ограничения порогового напряжения.

Силовые выключатели, преимущественно, являются полупроводниками, работающими в линейном режиме при высоком напряжении, например, мощные БТИЗ.

Предпочтительно, чтобы снаббер подключался последовательно с устройством ограничения, причем включался между коллектором и затвором БТИЗ.

Снаббер, преимущественно является полупроводником, работающим в линейном режиме, предпочтительно БТИЗ, или полупроводником релейного типа.

Более того, снаббер может управляться теми же самыми средствами, что и силовой выключатель, посредством соответствующей схемы.

Наконец, данное изобретение представляет использование описанных выше способа и преобразователя для защиты силовых выключателей, входящих в уменьшающие напряжение схемы прерывания, от перенапряжения.

#### **Краткое описание чертежей**

На фиг. 1 представлена принципиальная схема активного устройства ограничения или устройства ограничения порогового напряжения, установленного на силовом выключателе.

Фиг. 2 представляет принципиальную схему активного устройства ограничения порогового напряжения на основе снаббера с БТИЗ, расположенного между пороговым элементом и средствами управления мощного БТИЗ, для реализации способа согласно изобретению.

Фиг. 3 представляет формы управляющих импульсов силового выключателя БТИЗ и снаббера на базе БТИЗ.

Фиг. 4 представляет полную принципиальную схему устройства ограничения порогового напряжения в виде снаббера.

Фиг. 5 представляет полную принципиальную схему цепи прерывания, понижающей напряжение.

#### **Подробное описание изобретения**

На фиг. 1 показана принципиальная схема силового выключателя с пороговым элементом. Для сглаживания активного ограничения в цепь ограничителя подключается второй выключатель. Этот выключатель должен выдерживать высокое напряжение и обладать быстродействием. Для удовлетворения данного критерия выбирается БТИЗ в малых корпусах. Ниже он называется снаббер или снаббер на базе БТИЗ.

Напряжение снаббера на базе БТИЗ должно быть таким, чтобы выполненная таким образом система удовлетворяла всем или некоторым

максимально допустимым напряжениям мощных БТИЗ. Если снова взять пример с БТИЗ, который имеет максимально допустимое напряжение 3,3 кВ и к которому подключается активное устройство ограничения с порогом 2,2 кВ, то максимально допустимое напряжение снаббера на базе БТИЗ должно быть как минимум  $3,3 - 2,2 = 1,1$  кВ.

Среди множества возможностей по управлению снаббером на базе БТИЗ, была выбрана одна, которая использует управляющие импульсы мощного БТИЗ, таким образом, предоставляя возможность привести функцию ограничения к реализуемому для управляющей электроники виду. Стратегия управления снаббером на базе БТИЗ представлена на фиг. 2. Необходимо позаботиться о том, чтобы снаббер на базе БТИЗ был закрыт до момента, при котором мощный БТИЗ оказывается на линейном участке, независимо от того, происходит это при включении или выключении. Когда управляющий импульс мощного БТИЗ пропадает, ограничение еще возможно в течение около 200 мкс (Toff).

Активное устройство ограничения со схемой снаббера может применяться в любых системах электрического преобразования, подверженных коммутационным перенапряжениям (прерывателях, инверторах, полумостовых выпрямителях и т.д.).

Полная принципиальная схема устройства ограничения в виде снаббера представлена на фиг. 4, где V29 - снаббер на базе БТИЗ, с максимально допустимым напряжением 1,2 кВ. Схема ограничения, пороговое напряжение которой составляет 2,2 кВ, включает диод V34, резисторы R11 и R2, выключатели X14 и X13, диоды V1-V22, а также конденсатор C1. Данная схема получает импульсы от мощного БТИЗ через соединение X20; она преобразует их, согласно тому, как показано на фиг. 2 и подает их на снаббер на базе БТИЗ.

X18 - это соединение, которое проходит к затвору мощного БТИЗ (через вспомогательную цепь), а X1 подключается к его коллектору.

Отдельный пример, приведенный здесь, использует устройство, где силовые выключатели на базе БТИЗ подключены последовательно. На фиг. 5 показана схема данного устройства: это прерыватель, в котором соединены последовательно 3 БТИЗ (U1: V1, V2, V3), а также 2 диода (U2: V1, V2). Посредством устройства ограничения порогового напряжения в виде снаббера, напряжение, которое может выдерживать прерыватель равно утроенному максимально допустимому напряжению на каждом БТИЗ, т.е.  $3 \times 3,3 = 9,9$  кВ. Без устройства ограничения в виде снаббера, данное напряжение будет составлять только  $3 \times 2,2 = 6,6$ , что недостаточно для обычной сети 3 кВ.

## ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ защиты силового выключателя силового преобразователя, соединенного с устройством ограничения порогового напряжения, в соответствии с которым поддерживают максимально допустимое напряжение на указанном силовом выключателе путем сглаживания функции ограничения порогового напряжения, когда выключатель выключен.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что поддерживают максимально допустимое напряжение на указанном силовом выключателе с помощью снаббера, установленного между устройством ограничения порогового напряжения и средствами управления силовым выключателем.

3. Способ по п.1 или 2, отличающийся тем, что используют одни и те же средства управления для управления снаббером и силовым выключателем.

4. Способ по п.3, отличающийся тем, что передний фронт управляющего импульса снаббера синхронизируют с передним фронтом управляющего импульса силового выключателя, а задний фронт управляющего импульса снаббера задерживают относительно заднего фронта управляющего импульса силового выключателя.

5. Способ по п.4, отличающийся тем, что указанная задержка составляет от 50 до 500 мкс, предпочтительней ближе к 200 мкс.

6. Силовой преобразователь, соединенный с устройством ограничения порогового напряжения, включающий

по меньшей мере, один силовой выключатель,

средства управления указанным силовым выключателем,

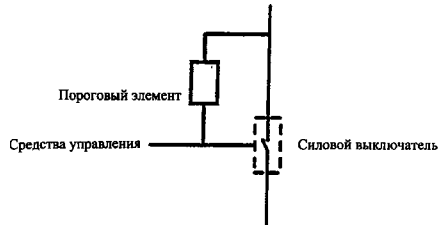
снаббер, установленный между устройством ограничения порогового напряжения и средствами управления силовым выключателем, в котором средства управления дают возможность управлять как силовым выключателем, так и снаббером.

7. Силовой преобразователь по п.6, отличающийся тем, что он содержит несколько силовых выключателей, соединенных последовательно между собой и также соединенных с устройством ограничения порогового напряжения.

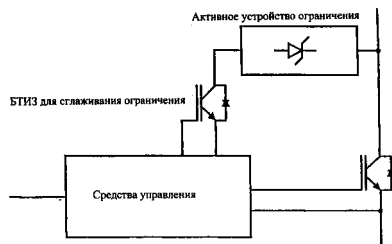
8. Силовой преобразователь по п.6 или 7, отличающийся тем, что указанные силовые выключатели представляют собой высоковольтные полупроводники, работающие в линейном режиме, такие как мощные биполярные транзисторы с изолированным затвором (БТИЗ).

9. Силовой преобразователь по п.8, отличающийся тем, что снаббер соединен последовательно с устройством ограничения порогового напряжения, и этот узел расположен между коллектором и затвором биполярного транзистора с изолированным затвором.

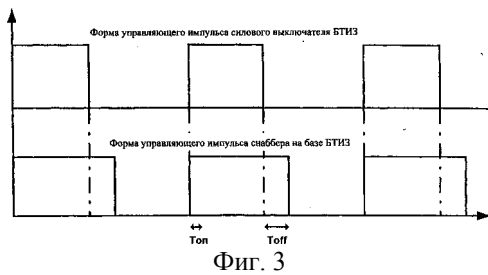
10. Силовой преобразователь по любому из пп.6-9, отличающийся тем, что снабжен представляющей собой полупроводник, работающий в линейном режиме, предпочтительней биполярный транзистор с изолированным затвором либо полупроводник релейного типа.



Фиг. 1

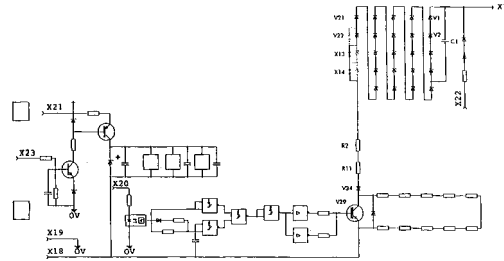


Фиг. 2

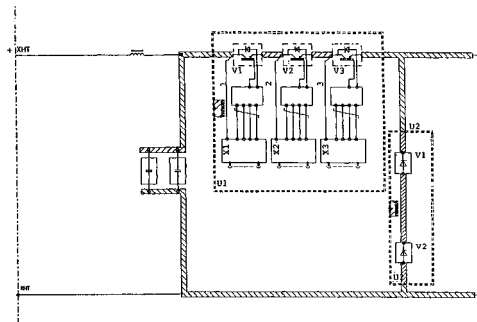


Фиг. 3

11. Применение способа по любому из пп.1-5 или силового преобразователя по любому из пп.6-10 для защиты силовых выключателей, входящих в уменьшающие напряжение схемы прерывания, от перенапряжений.



Фиг. 4



Фиг. 5

