

УДК 681.586.69

О ВЛИЯНИИ ВЕЛИЧИН ПАРАМЕТРОВ ТОКА УПРАВЛЕНИЯ НА ВЕЛИЧИНУ ПЛОЩАДИ ПЕРВОНАЧАЛЬНОГО ВКЛЮЧЕНИЯ СИЛОВЫХ ТИРИСТОРОВ

Беспалов Н. Н., Зинин С. А.

Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева,
Научно-производственное предприятие «Электронная техника – МГУ»
Тел. (834-2) 24-37-05. E-mail: bnn48@mail.ru

Аннотация. Рассматриваются вопросы влияния параметров тока управления силовых тиристоров на величину площади первоначального включения, которая предопределяет их di_T/dt -стойкость.

Ключевые слова: надежность тиристоров, di_T/dt -стойкость, площадь первоначального включения, параметры тока управления, управляющий электрод, потенциально ненадежные приборы.

Введение

Обеспечение надежности преобразовательных устройств на основе силовых тиристоров (СТ) является актуальной задачей. Статистика данных полученных в ходе эксплуатации СТ показывает, что до 50% всех типов отказов СТ вызвано термически активируемыми деградационными процессами в области первоначального включения (ОПВ) [1], которая формируется в границах основного управляющего электрода (УЭ). Развитие этих процессов при определенных условиях приводит к существенному изменению и нарушению структуры области УЭ и, соответственно, величин параметров СТ при эксплуатации. Знание этих процессов и причин и условий их возникновения позволяет определить предельно допустимые режимы эксплуатации СТ, при которых достигаются требуемые величины показателей надежности, и выявить потенциально ненадежные приборы.

Процессы, протекающие в тиристорах при включении

Исследования отказавших тиристоров показывают, что в области их УЭ наблюдаются типичные эрозионные каналы с плавлением кремния в зоне между УЭ и катодной металлизацией [2]. Эти нарушения тиристорной структуры (ТС), вызывающие ее отказ, характерны для случаев, когда в управляющей цепи создаются импульсы тока управления со сравнительно низкими значениями амплитуды тока управления I_{GM} и скорости его нарастания di_G/dt . При этом в силовой цепи СТ протекает суммарный ток i_T в открытом состоянии, состоящий из тока нагрузки i_n и разрядного тока снаберной RC -цепи, характеризующийся высокой скоростью нарастания di_T/dt , что вызывает в ОПВ выделение повышенной энергии потерь.

Рассмотрим процесс включения СТ в описанном режиме для пояснения причины подобных отказов. Переключение ТС в проводящее состояние током управления i_G , подаваемого обычно в сильно легированную p -базу СТ, является основным способом включения СТ. Процесс включения СТ начинается с момента достижения заряда неосновных носителей в p -базе величины критического заряда включения (КЗВ) Q_{crit} для данного СТ. При этом в области УЭ формируется ОПВ с величиной ППВ существенно определяемой плотностью тока управления, достигнутой к моменту переключения. На рис. 1 и 2 проиллюстрированы процессы в управляющей и анодной цепях СТ при включении, соответственно, с относительно малой скоростью нарастания тока управления di_G/dt и высокой скоростью.

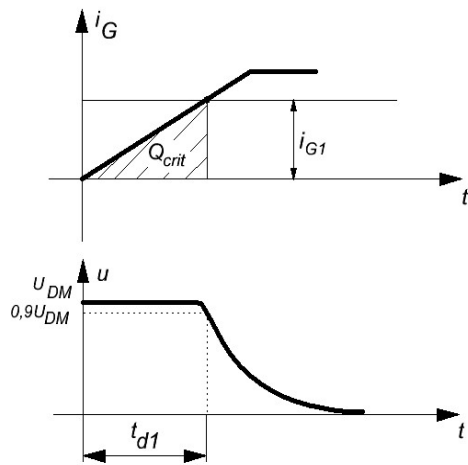


Рис. 1. Иллюстрация переходных процессов в СТ при относительно низкой скорости нарастания тока управления di_G/dt .

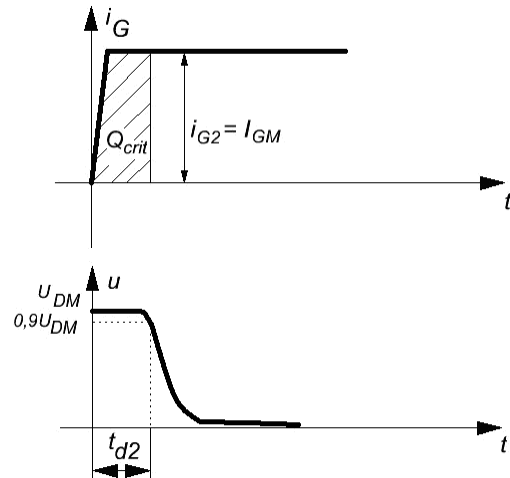


Рис. 2. Иллюстрация переходных процессов в СТ при относительно высокой скорости нарастания тока управления di_G/dt .

На рис. 3 представлена типичная зависимость ППВ S_0 от амплитуды I_{GM} тока управления, полученная расчетным путем [3].

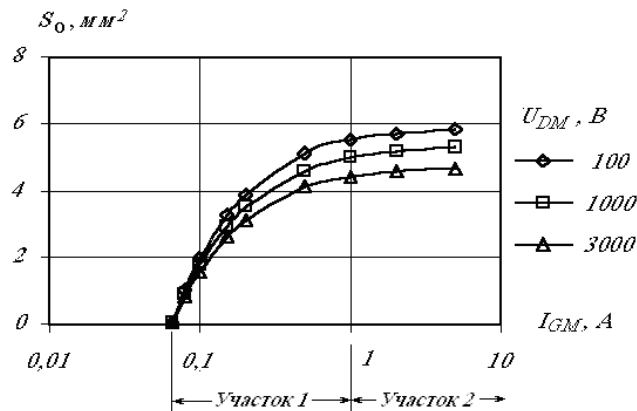


Рис. 3. Расчетные зависимости S_0 от амплитуды тока I_{GM} управления при различных значениях напряжения U_{DM} в закрытом состоянии СТ с круглым УЭ.

Из рис. 1 видно, что при относительно низкой скорости нарастания di_G/dt включение СТ осуществляется при достижении заряда в базе критической величины Q_{crit} на фронте тока управления и при относительно малой величине тока управления. При этом в соответствии с рис. 3 это условие соответствует формированию ОПВ с относительно малой величиной ППВ (участок 1).

Из рис. 2 видно, что при относительно высокой величине скорости нарастания di_G/dt включение СТ осуществляется при достижении заряда в базе критической величины Q_{crit} при амплитуде тока управления I_{GM} , величина которого может устанавливаться таковой, чтобы формирование ОПВ осуществлялось с максимально возможной ППВ (участок 2).

Характерной особенностью рассмотренных вариантов импульсов управления с различными скоростями нарастания тока управления di_G/dt является то, что величина di_G/dt оказывает влияние на величину времени задержки t_d . Из рис. 1 и 2 видно, что более высокой скорости нарастания тока управления di_G/dt соответствует меньшее время задержки $t_{d2} < t_{d1}$. Данный факт свидетельствует о том, что выбор параметров тока управления является важнейшей задачей для безопасного включения СТ при групповом

соединении. Различное время задержки приводит к различным временам включения СТ в группе, что может привести к отказам как отдельных приборов, так и групп СТ, что в целом снижает показатели надежности преобразовательного устройства.

Рассмотренные особенности включения СТ позволяют сделать вывод о том, что для обеспечения заданной di_T/dt -стойкости СТ требуется формирование в цепи УЭ импульсов тока управления с оптимальными значениями амплитуды тока управления I_{GMopt} и скорости его нарастания di_G/dt_{opt} , при которых достигаются максимально возможные размеры ППВ СТ определенного типа, связанной с предельным динамическим параметром – критической скоростью нарастания тока в открытом состоянии $(di_T/dt)_{crit}$ СТ одного типа. Различие в параметрах импульса управления обуславливает в свою очередь различный ресурс СТ одного типа при эксплуатации в режимах с повышенными значениями di_T/dt .

В работе [4] нами предложено испытательное устройство для определения информативного параметра, характеризующего качество включения СТ, – ППВ S_0 . Система управления устройства спроектирована с возможностью исследования по выбору оптимальных параметров импульса управления для обеспечения заданной di_T/dt -стойкости.

В устройстве реализована возможность изменения амплитуды тока управления I_{GM} в диапазоне от 0,01 А до 3 А. Это связано с тем, что существенное увеличение амплитуды тока управления I_{GM} не приводит к значительному увеличению ППВ, так как при величинах $I_{GM} > 1$ А изменение ППВ мало (рис. 3). Между тем существенное увеличение амплитуды тока управления I_{GM} может привести к следующим негативным последствиям для конкретного СТ:

- возможен существенный перегрев ТС в области УЭ, что при определенных условиях может усугубить влияние эрозионных процессов, приводящих к выходу СТ из строя;
- тангенциальный ток в управляющей области основного УЭ создает на участке свободном от металлизации напряжение u_G , которое противоположно по знаку напряжению управления выходного каскада, что в конечном итоге при использовании этих каскадов на основе эквивалентных импульсных источников напряжения приводит к уменьшению тока управления i_G и, соответственно, ППВ [5].

Дальнейшие исследования позволят выработать рекомендации и методики по определению оптимальных величин параметров тока управления, при которых обеспечивается заданная di_T/dt -стойкость СТ.

Литература

1. Плоткина, Н. З., Цзин Ю. Д. Испытания силовых тиристоров на di/dt -стойкость / Н. З. Плоткина, Ю. Д. Цзин // Труды НИИПТ. — Л. : Энергоиздат. — 1981. — С. 68–74.
2. Беспалов, Н. Н. Причины отказов силовых тиристоров в режимах включения с высокими значениями скорости нарастания тока в открытом состоянии / Н. Н. Беспалов // Силовая электроника. — 2005. — №2. — С. 44–46.
3. Беспалов, Н. Н. Исследование площади начального включения силовых тиристоров / Н. Н. Беспалов // Полупроводниковые приборы и преобразовательные устройства : Современные направления исследования и конструирования: Межвуз. сб. науч. тр. — Саранск : Изд-во Морд. ун-та, 1988. — С. 49–56.
4. Беспалов, Н. Н., Зинин С. А. Устройство для определения параметров тиристоров при включении / Н. Н. Беспалов, С. А. Зинин // Материалы XIII научной конференции молодых ученых, аспирантов и студентов МГУ имени Н. П. Огарева. Ч. 2. — Саранск : Изд-во Морд. ун-та, 2008. — С. 254–258.
5. Беспалов, Н. Н., Зинин, С. А. Проблемы формирования тока управления силовых тиристоров // Электроника и информационные технологии. – 2008 выпуск 1 (3) – 2008. – http://fetmag.mrsu.ru/2008-1/pdf/2-Bespalov/Statya_Bespalov_Zinin.pdf. – 0420900067/0002.