

ДИАГНОСТИКА И КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРОВ СИЛОВЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ

Н. Н. Беспалов, А. В. Мускатиньев, М. В. Ильин

Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева,
Научно-производственное предприятие «Электронная техника – МГУ»
Тел. (834-2) 24-17-77. E-mail: eltech-mgu@mail.ru

Аннотация. В докладе рассматривается измерительный комплекс для диагностики и контроля силовых полупроводниковых приборов.

Summary. In the report the measuring complex for diagnostics and control of power(force) semi-conductor devices is considered.

Надежность преобразователей электрической энергии при эксплуатации в значительной степени определяется качеством силовых полупроводниковых приборов (СПП), а также качеством реализации силовой схемы на основе СПП. Исходное качество СПП должны обеспечивать их изготовители, а качество реализации силовой схемы преобразователя обеспечивается при комплектовании его СПП и настройке.

Качество СПП должно проверяться по определенным критериям. Стандартом [1] определен список параметров критериев годности СПП:

1) для силовых диодов (СД): повторяющийся импульсный обратный ток I_{RRM} и импульсное прямое напряжение U_{FM} ;

2) для силовых тиристоров (СТ): повторяющийся импульсный обратный ток I_{RRM} ; повторяющийся импульсный ток в закрытом состоянии I_{DRM} ; импульсное напряжение в открытом состоянии U_{TM} и отпирающий ток управляющего электрода I_{GT} .

Проблема обеспечения надежности преобразователей при эксплуатации может быть успешно решена только при применении объективных методик диагностики качества СПП, реализация которой невозможна без специальной диагностической аппаратуры. Потребители СПП такой специальной аппаратурой практически не обеспечены ввиду отсутствия ее серийного изготовления в России. Такая диагностическая аппаратура выпускается за рубежом, например, фирмами LEM (Швейцария), Lorlin Test Systems (США), однако стоимость этой аппаратуры очень высока. В связи с этим потребители СПП для диагностики состояния качества СПП, например, по параметрам состояния низкой проводимости вынуждены применять при входном контроле мегомметры, которые предназначены для измерения сопротивления изоляции. Необходимо сразу отметить, что это неверный путь для диагностики качества СПП. Это обусловлено отсутствием при этом единого критерия качества СПП по значениям сопротивлений СПП в состоянии низкой проводимости. Другие параметры критерии годности СПП потребители практически не применяют.

Для диагностики СПП по параметрам критериям годности нами разработан комплекс автоматизированной диагностической аппаратуры серии «АДИП». Комплекс «АДИП» предназначен для измерения параметров СПП, рассчитанных на токи от 10 А до 5000 А и напряжения от 100 В до 9000 В. При разработке комплекса применены способы формирования испытательных сигналов напряжения и тока, которые обеспечивают выполнение требований стандартов [1] и публикации МЭК 147–2. Комплекс «АДИП» состоит из устройств для измерения статических параметров СПП в закрытом (обратном) и в открытом состоянии, динамических параметров СТ при включении и выключении, а также параметров цепи управления СТ. На рис. 1 приведена фотография одного из вариантов конструктивного исполнения стандартного комплекса «АДИП». На рис. 2 приведена фотография одного из вариантов устройства «АДИП–2». Полный комплекс состоит из пяти и более устройств.



Рис. 1. Стандартный комплекс «АДИП»

Устройство «АДИП–1» применяется для измерения указанных статических параметров в закрытом и обратном состояниях всех типов СПП. Устройство в различной модификации позволяет измерять токи $I_{DRM(RRM)}$ СПП в пределах от 10 мкА до 200 мА при амплитуде испытательного напряжения устанавливаемой в пределах от 300 В до 9000 В. Устройство снабжено двумя цепями быстродействующей защиты СПП от пробоя со временем срабатывания не более 1 мкс.

Устройство «АДИП–2» предназначено для измерения импульсных напряжений $U_{TM(FM)}$ всех современных типов СТ и СД. Устройство позволяет формировать через СПП испытательные импульсы тока в открытом (прямом) состоянии с амплитудой $I_{TM(FM)}$ в пределах от 10 А до 15 кА длительностью до амплитуды от 1 мс до 5 мс и измерять напряжение $U_{TM(FM)}$ в пределах от 0,5 В до 10 В.

Устройство «АДИП–3» применяется для измерения времени задержки t_{gd} и времени включения t_{gt} всех известных типов СТ в пределах от 0,5 мкс до 30 мкс.

Устройство «АДИП–4» служит для измерения параметров цепи управления СТ и силовых симисторов: отпирающего тока I_{GT} в пределах от 10 мА до 1000 мА и отпирающего напряжения U_{GT} в пределах от 0,5 В до 10 В.

Устройство «АДИП–5» необходимо для измерения заряда Q_{rr} и времени t_{rr} обратного восстановления СПП.

Все приборы серии «АДИП» обладают цифровой индикацией измеряемых параметров, просты в обращении и имеют малые габариты и массу.

Входной контроль должен осуществляться, прежде всего, по параметрам критериям годности [1]. Для этого необходимо применять устройства «АДИП–1», «АДИП–2» и «АДИП–4».

В преобразовательных установках большой мощности, используемых в промышленности и на электрическом транспорте, применяется групповое соединение СПП. Наиболее эффективным способом, обеспечивающим равномерную загрузку СПП в статических и динамических режимах их работы, является подбор этих приборов с минимальным разбросом определенных параметров. Потребность в подборе существует не только на этапе изготовления преобразовательных установок, но и в процессе их эксплуатации и доводки.



Рис. 2. Устройство «АДИП–2»

При последовательном соединении СПП для более равномерного распределения напряжений необходимо осуществлять подбор СПП по значениям токов $I_{DRM(RRM)}$. Их величины должны быть одного порядка при заданном напряжении класса в холодном состоянии. Более точный результат подбора двух идентичных приборов по характеристикам низкой проводимости может дать их нагрев до рабочей температуры преобразователя. Измерение токов $I_{DRM(RRM)}$ может быть осуществлено с помощью прибора «АДИП-1». В инструкции по эксплуатации прибора представлена методика подбора СПП для последовательного соединения.

В случае параллельного соединения СПП, возникает проблема равномерного распределения тока между ними. В этом случае необходимо осуществлять подбор СПП по импульсным напряжениям $U_{TM(FM)}$. Такая операция для СПП любых типов может быть осуществлена с помощью устройства «АДИП-2».

Для обеспечения надежности высокочастотных преобразователей с последовательным соединением СТ дополнительно требуется их подбор с близкими по значениям времени задержки t_{gd} с помощью аппаратуры «АДИП-3». С помощью этого устройства возможно также оценить время включения t_{gt} СТ, величина которого может характеризовать коммутационные электрические потери в СТ при включении с повышенными значениями скорости нарастания di_T/dt в открытом состоянии.

При выключении последовательной цепи СПП, распределение напряжений между закрывающимися приборами в динамическом режиме может оказаться неравномерным, что связано с различным значением накопленного заряда. Ослабить это явление можно включением параллельных демпфирующих RC -цепочек, но наиболее эффективный способ – подбор СПП по величинам заряда Q_{rr} и времени t_{rr} обратного восстановления на аппаратуре «АДИП-5».

При разработке преобразователей одной из важных характеристик при расчёте тепловых режимов СПП является переходное тепловое сопротивление переход-корпус Z_{thjc} и его величина в установившемся тепловом режиме R_{thjc} [2]. Объективное определение теплового сопротивления переход-корпус является сложной технической задачей, однако ее решение позволяет объективно установить паспортное значение R_{thjc} для определенного типа СПП, оценить качество изготовления, перегрузочную способность СПП и оптимально выбрать параметры системы охлаждения. Для решения этой задачи нами разработано устройство «АДИП-6». Основой устройства является способ определения теплового сопротивления переход-корпус СПП [3]. Устройство реализовано на основе оборудования и программы LabView компании Nathional Instruments. Устройство рассчитано на определение тепловых параметров СПП на токи до 2500 А.

Использование аппаратуры «АДИП» для технической диагностики параметров СПП позволяет объективно осуществлять подбор приборов по параметрам критериям годности и отбраковывать потенциально ненадежные приборы. Это обеспечивает уменьшение числа их отказов и повышение надежности преобразователей.

Литература

1. ГОСТ 24461 – 80 (СТ. СЭВ 1656 - 79). Приборы полупроводниковые силовые. Методы измерений и испытаний. – М. : Издательство стандартов, 1981. – 56 с.
2. Богодерова, В. Приближенный расчет тока рабочей перегрузки триаков. / В. Богодерова, В. Веревкин // Силовая электроника. – СПб, 2006. – №4. – С. 1–11.
3. ПАТЕНТ 2300115 РФ, МПК7 G 01 R 31/26. Способ определения теплового сопротивления переход-корпус силовых полупроводниковых приборов в корпусном исполнении / Н. Н. Беспалов (RU), М. В. Ильин (RU),. – № 200610336; заявлено 02.02.2006; опубл. 27.05.2007, Официальный бюллетень «Изобретения. Полезные модели». № 15. – С. 642.