

БЕСПАЛОВ Н. Н., ЕВИШЕВ А. В., ЗОРЬКИН А. В., ИЛЬИН М. В., КАПИТОНОВ С. С.
ДИСТАНЦИОННАЯ ДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ
ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ УСТРОЙСТВ СИЛОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

Аннотация. В статье описан принцип построения диагностического оборудования для выявления потенциально ненадежных или вышедших из строя силовых полупроводниковых приборов в групповой последовательной цепи. Рассмотрены основные блоки и описаны принципы их работы. Представлены преимущества использования дистанционной диагностики.

Ключевые слова: преобразователь, дистанционное управление, силовой полупроводниковый прибор, информативный параметр, диагностика группового последовательного соединения.

BESPALOV N. N., EVISHEV A. V., ZORKIN A. V., ILYIN M. V., KAPITINOV S. S.
REMOTE MONITORING SEMICONDUCTOR UNITS
OF POWER ELECTRONIC DEVICES

Abstract. This article describes the principle of constructing diagnostic equipment for detecting potentially unreliable or failed semiconductor power devices in a group series circuit. The main blocks and their operating principles are described. The advantages of using remote diagnostics are considered.

Keywords: converter, remote control, semiconductor power device, informative parameter, diagnostics of group serial connection.

В настоящее время современные силовые преобразователи электрической энергии реализуются на основе силовых полупроводниковых приборов (СПП), соединяющихся в виде групповых последовательных цепей (ГПЦ). В ходе эксплуатации все СПП подвергаются электрическим и тепловым перегрузкам, что обуславливает возникновение в них процессов старения и деградации, в результате которых на определенном этапе жизненного цикла часть СПП отказывает катастрофически или от изменения величин параметров [1; 3; 5]. В связи с этим для выявления потенциально ненадежных, а также уже отказавших приборов периодически проводится диагностика и контроль СПП с последующим ремонтом преобразователей. Данные операции сложны и затратны, а также требуют высокой квалификации обслуживающего персонала и применения сложной и высокоточной диагностической аппаратуры. При этом современные методы диагностики СПП требуют предварительного полного их демонтажа из преобразователя, проведения испытаний и дальнейшего монтажа в преобразователь. Это обусловлено отсутствием

методов и аппаратуры для диагностики состояния СПП в составе преобразователя. В этой связи в настоящее время остается актуальной проблема выявления вышедших из строя полупроводниковых приборов в не демонтированных силовых преобразователях. Анализ литературных источников показывает, что в настоящее время диагностика состояния СПП в составе групповых последовательных цепей преобразователей практически отсутствует [2; 4; 6; 7].

Создание устройства, позволяющего проводить диагностику СПП в преобразователе, отключив лишь ГПЦ от силовой линии в месте его работы, с дистанционным контролем и управлением устройством, позволит:

- обеспечить безопасность проведения диагностики;
- повысить производительность технического обслуживания;
- существенно снизить затраты энергии при испытании;
- свести к минимуму функции работника при контроле состояния приборов;
- избавиться от множества соединительных проводов;
- минимизировать размеры испытательного устройства.

Для выявления потенциально ненадежного СПП в групповой последовательной цепи требуется тщательный контроль по различным информативным параметрам в состоянии низкой проводимости полупроводниковых приборов. Для этого разрабатывается устройство, реализуемое на основе функциональной схемы, представленной на рисунке 1.

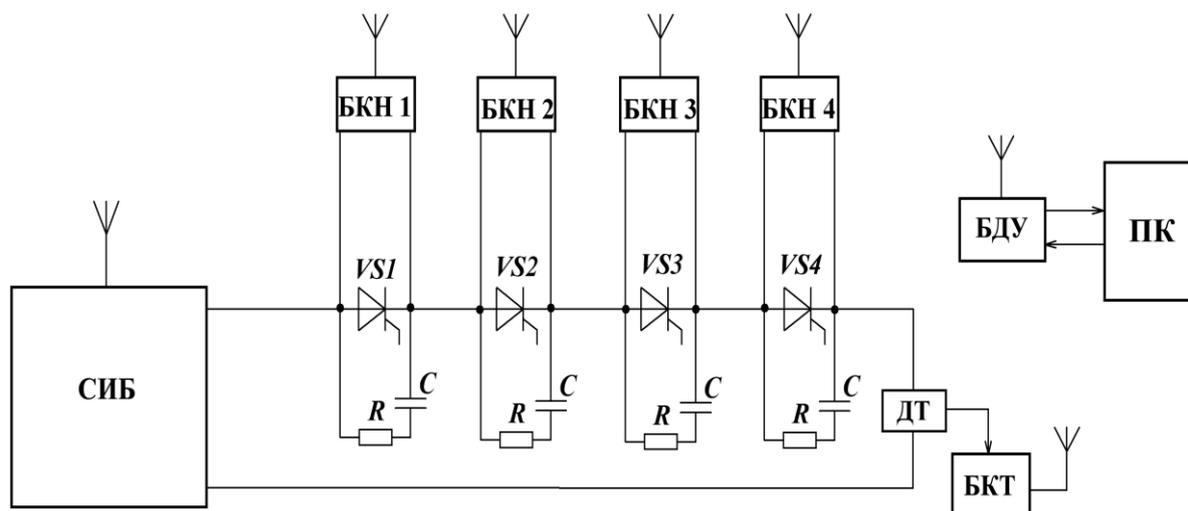


Рис. 1. Функциональная схема диагностического оборудования.

Основные блоки диагностического оборудования включают:

- силовой испытательный блок (СИБ);
- блоки контроля напряжения (БКН1–БКН4);
- блок контроля тока (БКТ);
- блок дистанционного управления (БДУ);
- персональный компьютер (ПК).

СИБ выполняет функцию формирования испытательного импульса напряжения полусинусоидальной формы u_R (рисунок 2) и подачи его на испытуемую цепь группового последовательного соединения VS1–VS4. Процесс диагностики проводится в состоянии низкой проводимости полупроводниковых приборов.

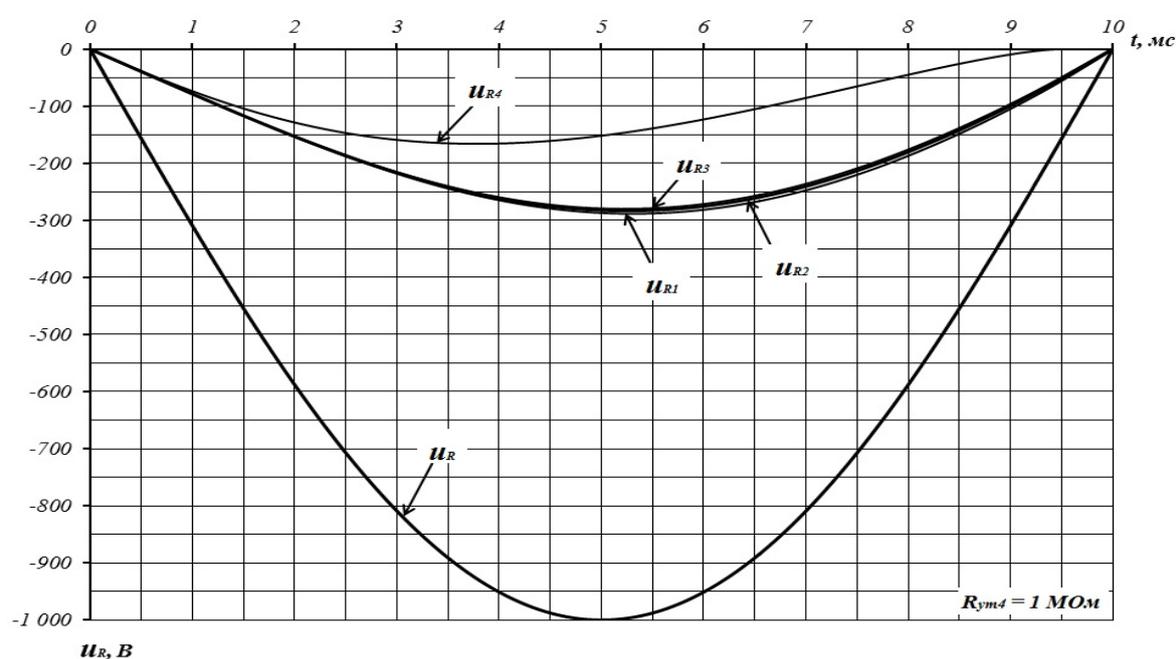


Рис. 2. Временные зависимости обратного напряжения на тиристорах VS1–VS4 в СНП.

БКН1–БКН4 и БКТ, предназначены для считывания величины значения информативного сигнала $u_{R1}–u_{R4}$ (рис. 2) и передачи его по беспроводной сети на БДУ. Блоки контроля выполнены в виде навесных автономных устройств с внутренним питанием. Соответственно энергопотребление в таких устройствах является одним из важных факторов. В связи с этим сеть передачи будет реализована на основе Wi-Fi модулей ESP8266 компании Espressif Systems, так как энергопотребление ESP8266 около 60 μA в режиме глубокого сна (с работающими часами реального времени) и меньше 0,5 mA в режиме поддержания связи с точкой доступа Wi-Fi [4; 8].

БДУ выполняет функцию приемника информативного сигнала с БКН1–БКН4 и БКТ и передачи его на ПК. Также БДУ выступает в качестве управляющего блока, позволяющего по беспроводной сети управлять работой БКН1–БКН4, БКТ и СИБ.

ПК является панелью оператора, с помощью которой можно задавать режимы работы всех блоков диагностического устройства, получить и вывести на экран все информативные параметры о состоянии испытуемой цепи. При наличии всех информативных параметров, оператор, проводящий диагностику, с уверенностью может дать заключение о состоянии СПП в групповой последовательной цепи.

Создание устройства, позволяющего проводить диагностику СПП в преобразователе на месте его работы, с дистанционным выводением всех информативных параметров и дистанционным управлением усовершенствует процесс диагностики по многим факторам. Во-первых, диагностика преобразователя проводится без демонтажа всего устройства, от силовой линии отключается только ГПЦ, что позволит уменьшить временные и финансовые затраты. Во-вторых, процесс диагностики станет более безопасным, так как оператор будет находиться на безопасном расстоянии. В-третьих, блоки устройства имеют малые габариты, а количество соединительных проводов сведено к логическому минимуму.

ЛИТЕРАТУРА

1. Беспалов Н. Н., Капитонов С. С., Ильин М. В., Евишев А. В., Зорькин А. В. Выявление информативного параметра для определения потенциально ненадежного полупроводникового прибора в групповой последовательной цепи преобразователя // Научно-технический вестник Поволжья. – 2017. – Вып. № 2. – С. 43–46.
2. Беспалов Н. Н., Капитонов С. С., Ильин М. В., Евишев А. В., Зорькин А. В. Исследование процессов в групповом последовательном соединении силовых полупроводниковых приборов в программной среде Multisim // Сборник трудов конференции NI Academic Days 2017. – Москва, 2017. – С. 107–110.
3. Беспалов Н. Н. Причины отказов силовых тиристоров в режимах включения с высокими значениями скорости нарастания тока в открытом состоянии // Силовая электроника. – 2005. – Вып. № 4. – С. 15–17.
4. Беспалов Н. Н., Евишев А. В., Ильин М. В., Капитонов С. С. Исследование процессов, протекающих в цепях с последовательным групповым соединением силовых полупроводниковых приборов при их выключении [Электронный ресурс] // Огарев-online. – 2015. – № 11. – Режим доступа: <http://journal.mrsu.ru/arts/issledovanie-processov-protekeyushhix-v-cepях-s-posledovatelnyim-grupповым-soedineniem-silovykh-poluprovodnikovyx-pribov-pri-ix-vyklyuchenii>.

5. Беспалов Н. Н., Капитонов С. С., Ильин М. В., Евишев А. В. Исследование режимов работы тиристорного преобразователя в электроприводе постоянного тока при вариации значений противо-эдс в нагрузке // Научно-технический вестник Поволжья. – 2015. – Вып. № 5. – С. 135–137.
6. Беспалов Н. Н., Евишев А. В. Исследование процессов в силовых полупроводниковых приборах в состоянии низкой проводимости при их групповом последовательном соединении // XLIV Огаревские чтения: материалы научной конференции: в 3 ч. / Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева. – Саранск, 2016. – Ч. 1. – С. 127–134.
7. Евишев А. В., Зорькин А. В. Моделирование процессов, протекающих в силовых диодах в состоянии низкой проводимости // Материалы XX научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов Национального исследовательского Мордовского государственного университета им. Н. П. Огарева: в 3 ч. – Саранск, 2016. – Ч. 1. – С. 57–61.
8. Беспалов Н. Н., Капитонов С. С., Ильин М. В., Евишев А. В., Зорькин А. В. Моделирование переходного процесса выключения силовых полупроводниковых приборов в программной среде LabVIEW // Сборник трудов конференции NI Academic Days 2017. – Москва, 2017. – С. 114–117.