

## УПРАВЛЕНИЕ ИМПУЛЬСНЫМ ГЕНЕРАТОРОМ ТОКА С ПОМОЩЬЮ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА

Мускатыньев А. В., Аверьянов В. И.

ГОУВПО «Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева», г. Саранск

**Аннотация.** В статье рассматриваются особенности построения силовой части прибора для измерения импульсного падения напряжения на силовых полупроводниковых вентилях. В качестве управляющего устройства применен микроконтроллер ATmega 8535, что позволило существенно упростить структуру прибора.

**Ключевые понятия:** силовой полупроводниковый вентиль, импульсное падение напряжения, предельный ток, генератор импульсов.

### Постановка задачи

Предлагаемый генератор тока входит в состав установки АД ИП – 2, предназначенной для измерения импульсного падения напряжения силовых полупроводниковых вентилях (СПВ). Структура генератора определяется требованиями ГОСТ 24461-80, основными из которых являются.

Генератор должен формировать импульс тока, амплитуда которого в  $\pi$ -раз больше максимально допустимого среднего тока испытуемого силового полупроводникового вентиля. Длительность импульса тока должна быть достаточной для обеспечения полного включения СПВ и не вызывать существенного нагрева р-п перехода СПВ во время измерения. Измерение импульсного падения через СПВ можно произвести с помощью одиночного импульса, или с помощью сдвоенного импульса. В первом случае через испытуемый СПВ пропускают одиночный импульс тока, как правило, длительностью  $t_i$  равной 10 мс. Измерение прямого падения напряжения на СПВ проводят в момент, когда импульс тока имеет максимальное значение (рис. 1 а). При длительности импульса тока 10 мс инерционностью тиристора, которая обусловлена конечным временем распространения включенного состояния, можно пренебречь. В случае испытания мощных СПВ генератор импульсов получается громоздким вследствие значительного количества накопительных конденсаторов. Метод сдвоенного импульса тока, используемый в установке АД ИП – 2, позволяет существенно снизить энергоемкость устройства и улучшить массогабаритные показатели. Пропускание первого импульса через СПВ обеспечивает распределение включенного состояния по всей площади его структуры, что позволяет примерно в 5 раз уменьшить длительность второго импульса тока, по сравнению с одиночным импульсом. При методе сдвоенного импульса измерение падения напряжения проводят в момент амплитудного значения второго импульса тока (рис. 1.б).

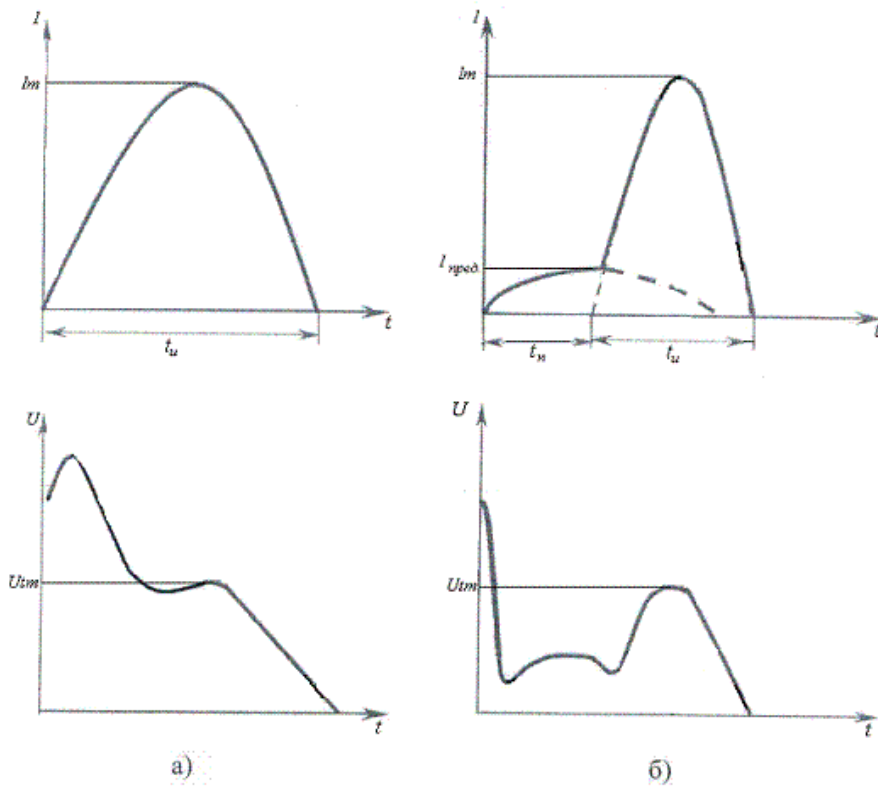


Рис. 1. Форма испытательных импульсов тока и падения напряжения на СПВ:  
а – одиночный импульс тока; б – сдвоенный импульс тока

Длительность первого импульса  $t_{п}$  - «полки» выбирают исходя из скорости распространения включенного состояния тиристора. Это величина при усредненных расчетах составляет 1,6 мс. Именно длительность такого порядка должен иметь первый импульс. Амплитуду «полки» выбирают равной предельному значению тока СПВ  $I_{пред}$ . Длительность второго, силового импульса тока, составляет порядка 500-800 мкс и амплитудой, определяемой ГОСТом.

При незначительном усложнении алгоритма управления генератором тока метод сдвоенного импульса по сравнению с методом одиночного импульса имеет следующие существенные преимущества: повышение точности измерения импульсного падения напряжения за счет исключения нагрева СПВ измерительным (вторым) импульсом тока, снижение энергоемкости устройства и улучшение массогабаритных установки, реализованной на данном методе.

На рис. 2 представлена структурная схема установки АД ИП - 2. Она состоит из блока заряда конденсаторов (БЗК), который формирует постоянное высокое напряжение для заряда накопительных конденсаторов генератора импульсов тока (ГИТ), реализованный по двухканальной структуре. В зависимости от величины этого напряжения ГИТ формирует импульс тока определенной амплитуды. Зарядом конденсаторов управляет блок управления (БУ), который дополнительно связан со всеми модулями, входящими в состав структуры, включая силовые ключи VS1-VS4 и испытуемый прибор ИП.

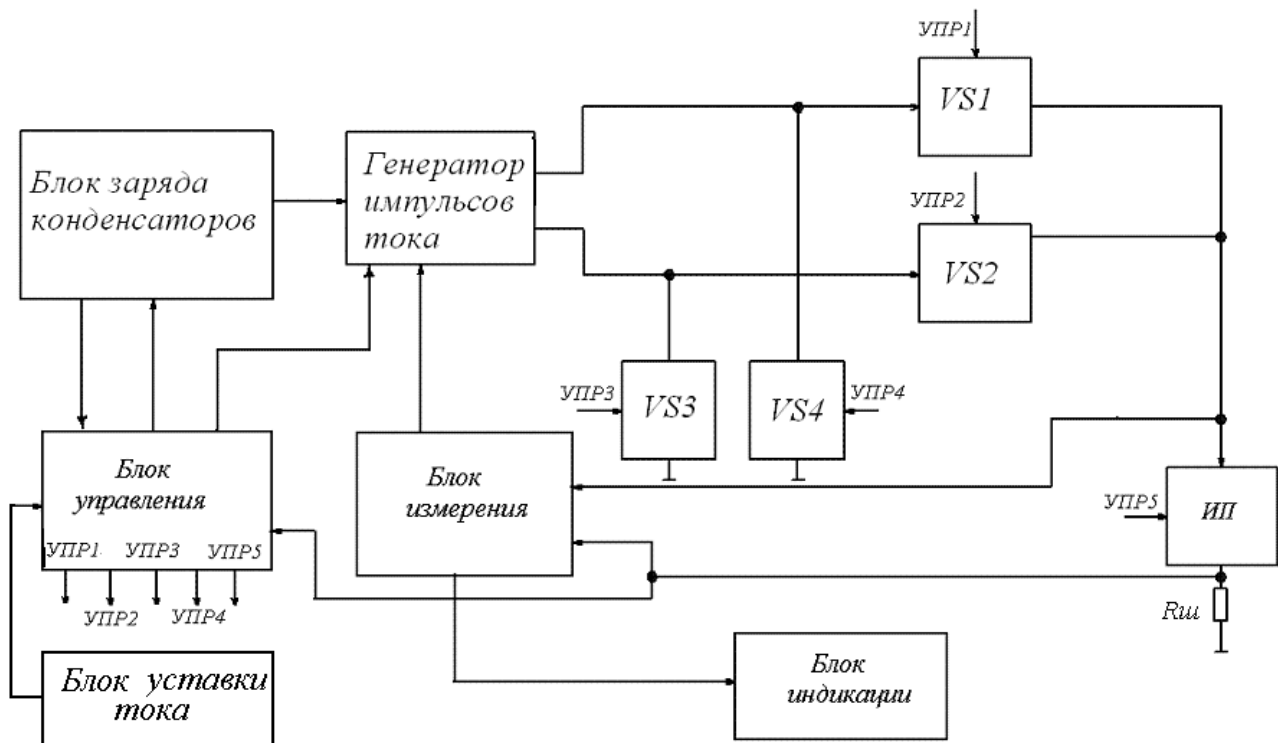


Рис. 2. Структурная схема установки АД ИП – 2

Блок измерения содержит пиковый детектор и АЦП на дискретных элементах. Индикация осуществляется на трехразрядном индикаторе. К каждому разряду подключается дешифратор и двоично-десятичный счетчик с дополнительным делителем на 10. По условиям завода – изготовителя подбор СПВ по падению напряжения  $U_{тм}$  для использования их в параллельных цепях должен осуществляться с разбросом не больше  $\pm 20$  мВ. Тогда погрешность измерения импульсного прямого падения напряжения в установке должна быть меньше этой величины. Диапазон измерения напряжения АЦП прибора АД ИП – 2 составляет (0,5 – 10) В. Поэтому реальная разрядность АЦП порядка 13, что позволяет измерять импульсное прямое падение напряжения с точностью  $\pm 10$  мВ.

Блок установки тока представляет собой регулируемый источник опорного напряжения (ИОН) с применением ЦАП.

Упрощение структуры прибора АД ИП – 2 связано с применением микроконтроллера фирмы Atmel ATmega8535, заменяющего в структуре на рис. 2 схему управления зарядом, блок измерения, блок установки тока. Упрощается и схема индикации, в которой реализован динамический режим. Структура нового прибора представлена на рис. 3.

Блок измерения состоит из пикового детектора и встроенного в микроконтроллер 10 разрядного АЦП с максимальным результатом 1024 кванта. Для получения необходимой точности измерения снижен диапазон измеряемой величины до 0,5; 1,2 В. Если выбрать источник опорного напряжения для АЦП.

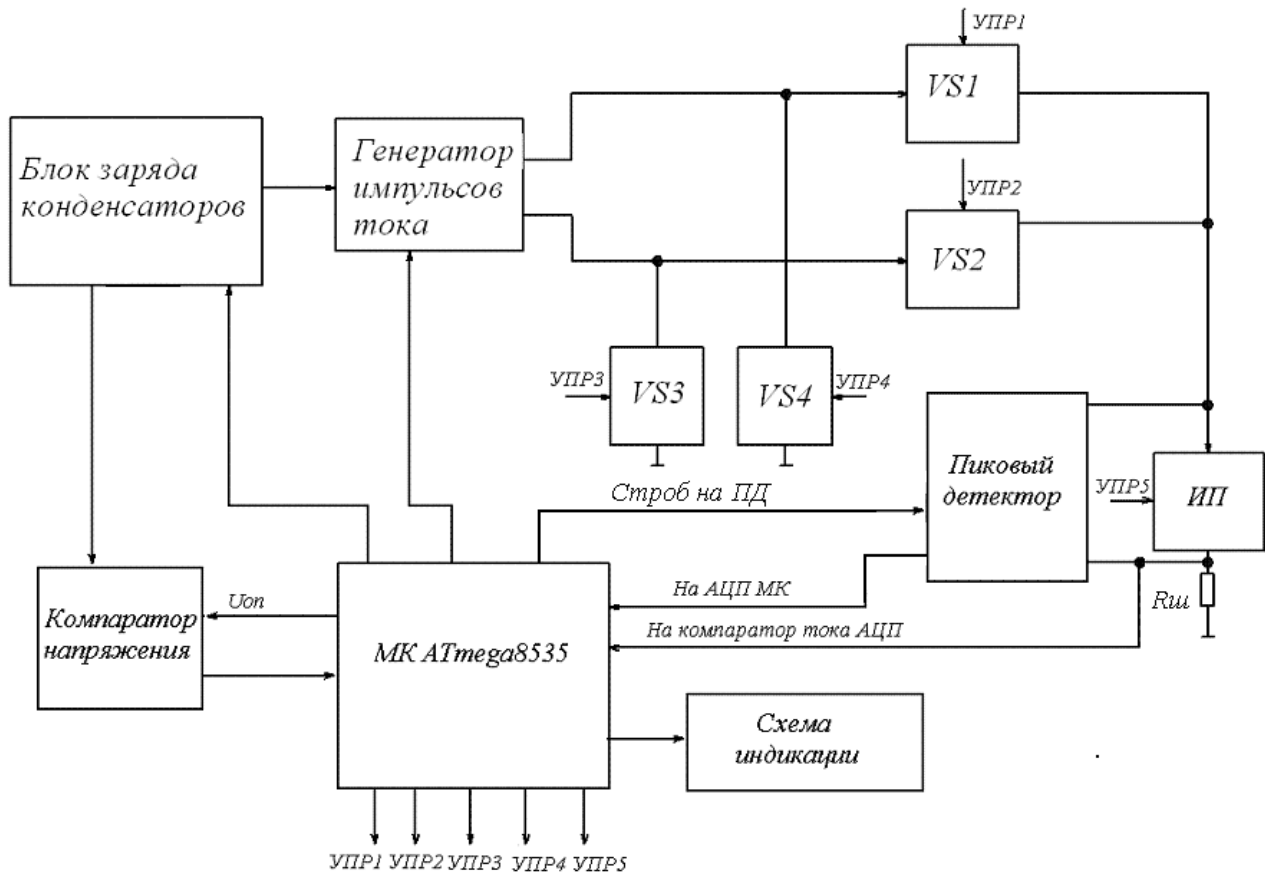


Рис. 3. Структурная схема прибора с микроконтроллером

Блок измерения состоит из пикового детектора и встроенного в микроконтроллер 10 разрядного АЦП с максимальным результатом 1024 кванта. Для получения необходимой точности измерения снижен диапазон измеряемой величины до 0,5?5,12 В. Если выбрать источник опорного напряжения для АЦП микроконтроллера равным 5,12 В, то делением результата АЦП на 2 получаем действительное значение импульсного падения напряжения с точностью  $\pm 10$  мВ. Деление на два осуществляется простым сдвигом вправо, что упрощает управляющую программу. Опорное напряжение для блока заряда конденсаторов реализовано с помощью таймера, работающего в режиме ШИМ. Блок-схема алгоритма управления импульсным генератором тока представлена на рис. 4.

После запуска таймером/счетчиком микроконтроллера, работающего в режиме ШИМ устанавливаем напряжение опоры для блока заряда конденсаторов. Изменяя величину опорного напряжения, можно регулировать напряжение заряда на конденсаторах и, соответственно амплитуду силового и открывающего тока. После установки опорного напряжения поступает импульс разрешающий работу блока заряда конденсаторов. После окончания заряда формируется задержка в 15 мс для надежного закрывания оптрона. Включается коммутирующий тиристор VS1 и испытуемый (ИП), в результате чего импульс «полки» с ГИТ проходит через испытуемый прибор. Амплитуда открывающего тока полки равна предельному значению. Через время равное длительности полки, со схемы управления поступает импульс на коммутирующий тиристор VS2. Через ИП протекает силовой импульс тока и одновременно стробируется пиковый детектор и компаратор тока, входящий в состав микроконтроллера.

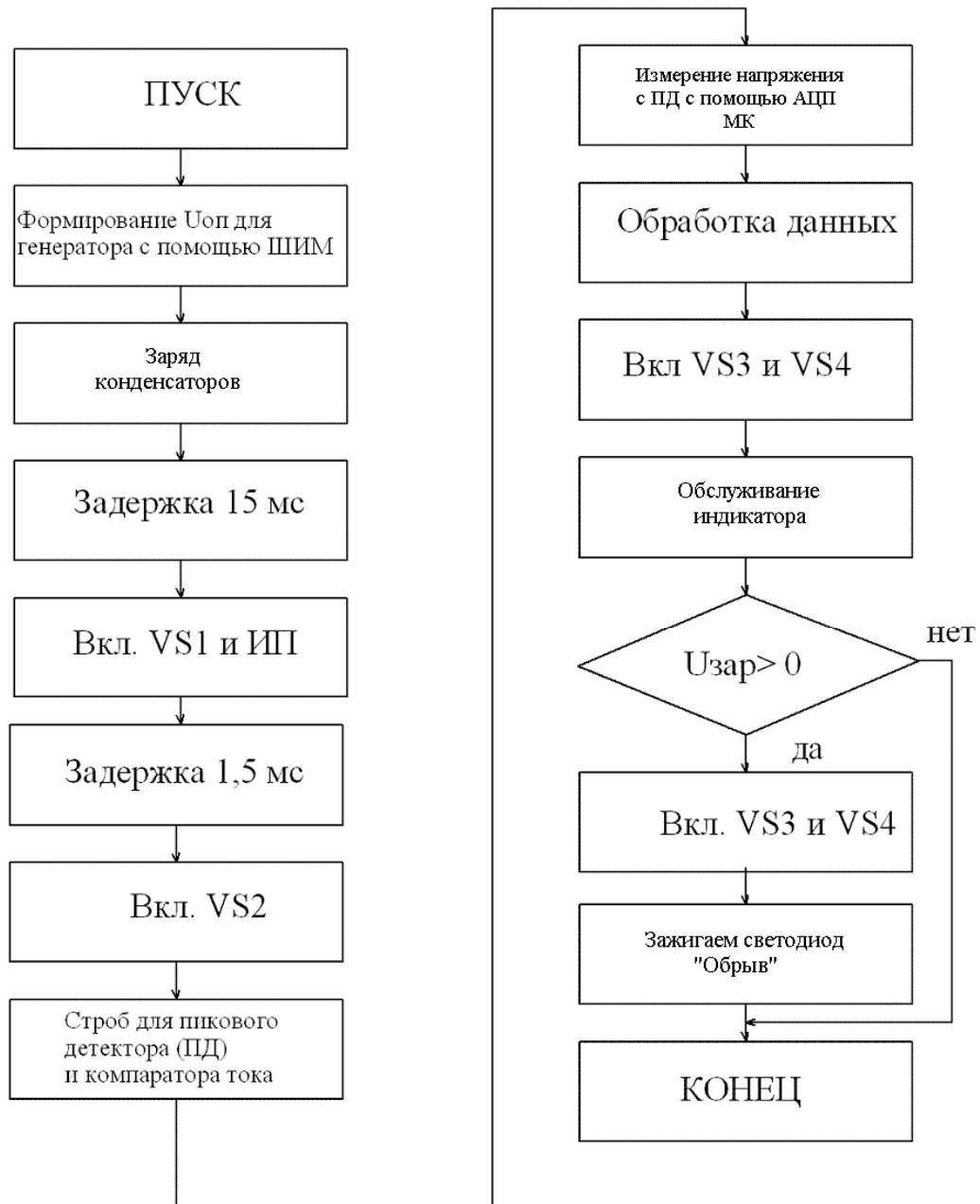


Рис. 4. Блок-схема алгоритма управления импульсным генератором тока

При достижении амплитудой измерительного тока максимального значения пиковый включаются тиристоры VS3 и VS4, которые разряжают конденсаторы генератора тока, детектор запоминает импульсное падение напряжения на ИП, а АЦП преобразует результат в цифру. После обработки данных значение импульсного падения напряжения передается на индикацию.

При некоторых условиях заряд на конденсаторах может остаться, например, в случае режима холостого хода в нагрузку. Поэтому в конце программы проверяется наличие напряжения на накопительных конденсаторах генератора. Если оно присутствует, то включаются тиристоры VS3 и VS4, с помощью которых происходит разряд конденсаторов. Одновременно зажигается светодиод, сигнализирующий режим обрыва в нагрузке.

## Примечания

<sup>1</sup> См.: ГОСТ 24461-80 (СТ СЭВ 1656-79). Приборы полупроводниковые силовые. Методы измерений и испытаний; введен с 01.01.82. – М. : Изд – во стандартов, 1981. – 55 с.

### Сведения об авторах

**Мускатиньев Александр Валентинович** – кандидат технических наук, доцент, кафедра автоматизации Мордовского государственного университета им. Н. П. Огарева, e-mail: [muskatav@mail.ru](mailto:muskatav@mail.ru)

**Аверьянов Василий Иванович**, студент Мордовского государственного университета им. Н. П. Огарева, e-mail: [totschka@rambler.ru](mailto:totschka@rambler.ru)