

ТЕТЮШКИН В. С., МАТВЕЕВ Д. А., ДМИТРИЕВ С. Б.
РАЗРАБОТКА ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ ДРАЙВЕРОВ
СИЛОВЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ КЛЮЧЕЙ
ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

Аннотация. Рассматриваются вопросы проектирования устройств управления силовыми высоковольтными полупроводниковыми ключами. Выполнен обзор современных способов гальванической изоляции системы управления и формирователя импульсов управления (драйвера) силового полупроводникового ключа. Сделан вывод о целесообразности использования трансформатора тока для гальванической изоляции источника питания от драйвера. Предложена структурная схема источника питания драйверов.

Ключевые слова: силовой полупроводниковый ключ, высоковольтный преобразователь, драйвер.

TETYUSHKIN V. S., MATVEEV D. A., DMITRIEV S. B.
DESIGNING DRIVER POWER SUPPLY
FOR HIGH VOLTAGE SEMICONDUCTOR SWITCHES

Abstract. The issues of designing control devices for power high-voltage semiconductor switches are considered. An overview of modern methods of galvanic isolation of the control system and the control pulse generator (driver) of a power semiconductor switch is presented. The conclusion is made about the expediency of using a current transformer for galvanic isolation of the power source from the driver. A block diagram of the driver power supply is proposed.

Keywords: power semiconductor switch, high voltage converter, driver.

В последние десятилетия благодаря стремительному развитию силовых полупроводниковых ключей (СПК) существенно расширилась область их применения, как по мощности, так и по частоте. Во всем мире силовая полупроводниковая техника широко применяется в электроэнергетике, электротехнологиях, электроприводе. Это электропередачи и вставки постоянного тока, статические компенсаторы реактивной мощности, гибкие интеллектуальные сети, регуляторы переменного напряжения, установки индукционной плавки, нагрева и закалки, преобразователи частоты. Техника высоких мощностей предполагает использование высоких напряжений, что в свою очередь предъявляет особые требования к силовым полупроводниковым ключам и сопутствующей элементной базе.

При проектировании высоковольтных полупроводниковых преобразователей, регуляторов напряжения и т.п. возникает проблема обеспечения гальванической (потенциальной) развязки между системой управления (СУ) и драйвером (Д) силового

полупроводникового ключа. При этом необходимо реализовать развязку по каналу передачи информации о форме управляющих импульсов и каналу передачи энергии, требуемой для питания драйвера, обеспечивающего коммутацию СПК. Обе эти задачи традиционно решаются с помощью трансформаторов, DC/DC преобразователей и оптронов. На рисунке 1 представлены варианты гальванической развязки СУ и драйвера ПК [1].

Достоинства трансформаторной развязки в совместной передаче энергии и формы управляющего импульса, сравнительно простом обеспечении требований к динамическим параметрам управляющих импульсов, высокой температурной стабильности. К недостаткам трансформаторной развязки можно отнести практическую невозможность ее реализации при напряжениях более 3 кВ из-за сложностей обеспечения межобмоточной изоляции и громоздкости конструкции импульсного трансформатора. Это относится и к варианту с отдельной передачей энергии и информационного сигнала (рисунок 1, (б)), где трансформатор используется в источнике питания драйвера.

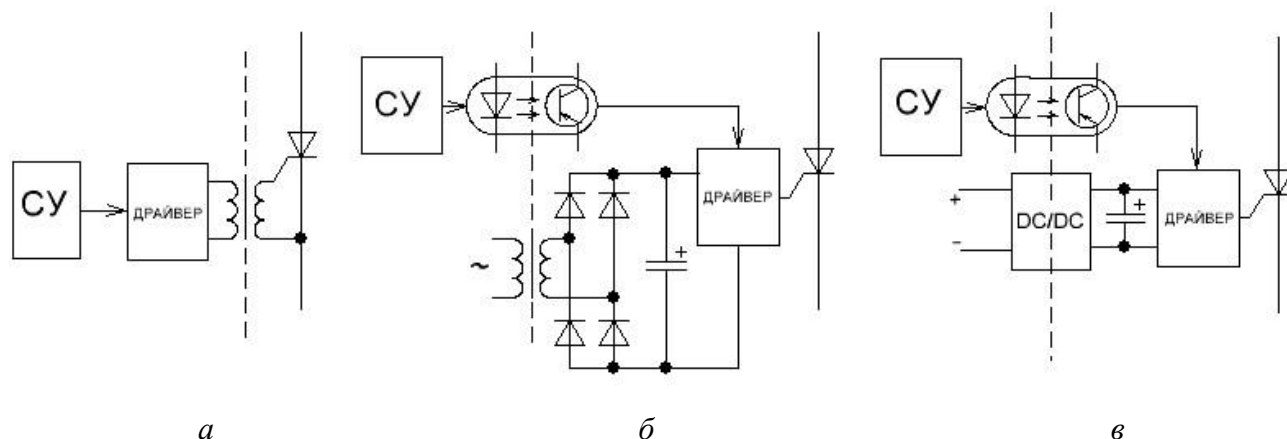


Рис. 1. Варианты гальванической развязки СУ и драйвера СПК:
совместная передача энергии и формы управляющего импульса (а)

и отдельная передача энергии и информационного сигнала с использованием оптрона
и понижающего трансформатора (б), оптрона и DC/DC преобразователя (в).

Недостатки оптронного способа развязки – отдельная передача энергии и информационного сигнала и сравнительно невысокое напряжение изоляции современных оптронов 2,5...7,5 кВ [2]. В настоящее время при больших напряжениях изоляцию при передаче информационного сигнала можно обеспечить с помощью оптоволоконных линий, однако проблема передачи энергии для питания драйвера при этом остается нерешенной.

В данной статье описывается вариант решения проблемы, использующий для гальванической развязки при передаче энергии от источника питания к драйверу не трансформатор напряжения, а трансформатор тока (ТТ). Поскольку первичная обмотка ТТ имеет всего один виток, (фактически провод, проходящий через ось тороидального сердечника трансформатора) то обеспечить высокую прочность изоляции между первичной и вторичной обмотками конструктивно не составляет труда.

На рисунке 2 изображена структурная схема источника питания драйверов тиристорных ключей, разработанная для использования в высоковольтном регуляторе переменного напряжения (РПН) с вольтодобавочным трансформатором [3].

Схема источника состоит из источника питания токовой петли (ИПТП), собственно токовой петли (ТП), трансформаторов тока ТТ1, ТТ2...ТТN, где: N – количество тиристорных ключей, и преобразователей ток/напряжение (ПТН). Питание ИПТП осуществляется от вспомогательного источника переменного напряжения $U_{ВСП}$.

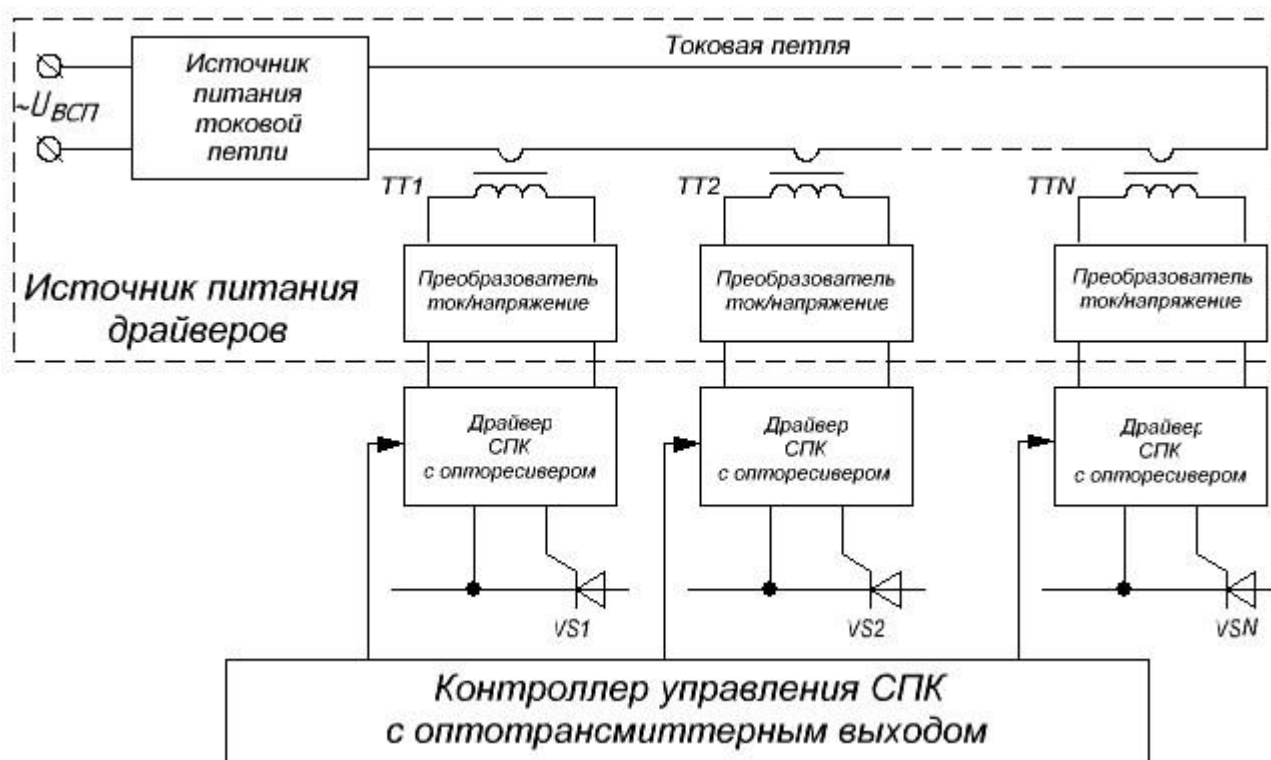


Рис. 2. Структурная схема источника питания драйверов.

Основным элементом схемы является ИПТП, нагрузкой которого служит ТП, представляющая собой провод, пронизывающий сердечники трансформаторов тока и являющийся частью последовательного LC – контура. ИПТП формирует в ТП переменный синусоидальный ток высокой частоты необходимой амплитуды. Для уменьшения габаритов

сердечников ТТ рабочая частота токовой петли выбрана в диапазоне 45-50 кГц, при этом ток должен иметь синусоидальную форму с целью уменьшения электромагнитных помех и улучшения электромагнитной совместимости.

Вторичные обмотки ТТ подключены ко входам ПТН. Ток вторичных обмоток ТТ пропорционален току петли. ПТН, являющийся, по своей сути, нагрузкой ТТ, обеспечивает преобразование тока вторичной обмотки ТТ в напряжение питания драйвера СПК.

Мощность, потребляемая драйвером, определяется состоянием СПК (включен/выключен). Поскольку в РПН в определенные моменты времени одновременно могут быть включено разное количество СПК, то общее потребление мощности драйверами тоже будет различным. Это приведет к колебаниям тока ТП и, как следствие, колебаниям напряжения на выходе ПТН. Таким образом, ИПТП должен обеспечивать стабилизацию тока ТП. Кроме того, в процессе эксплуатации РПН возможны температурные изменения параметров реактивных элементов ТП, что может привести к изменению его резонансной частоты и рассогласованию резонансного контура ТП, что приведет, в свою очередь, к изменению тока ТП и искажению его формы. Также изменение напряжения вспомогательного источника питания ИПТП не должно приводить к изменению тока петли.

На основании изложенного можно сделать следующие выводы:

- питание ИПТП необходимо осуществлять от стабилизированного источника напряжения;
- ИПТП должен обеспечивать стабилизацию тока ТП;
- для обеспечения стабильности резонансной настройки резонансного контура ТП необходимо применение автоматической подстройки частоты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Воронин П. А. Силовые полупроводниковые ключи: семейства, характеристики, применение. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Издательский дом «Додэка-XXI», 2010. – 384 с.
2. Колпаков А. И. Драйверы SEMIKRON для управления тиристорными модулями // Компоненты и технологии. – 2004. – № 3. – С. 54.
3. Нестеров С. А., Тетюшкин В. С., Матвеев Д. А. Статический регулятор напряжения для распределительных трансформаторов // Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы. Материалы Международной научно-практической конференции / Редколлегия: П. В. Сенин [и др.], сост. С. Е. Федоров, отв. за выпуск В. Ф. Купряшкин. – Саранск, 2020. – С. 129–137.