

БЛОК ЗАПУСКА УПРАВЛЯЕМОГО РАЗРЯДНИКА

© 2022 г. А. А. Козлов^{а,*}, А. В. Козлов^а, А. В. Шурупов^а, А. Н. Гусев^а

^а Объединенный институт высоких температур РАН
Россия, 125412, Москва, ул. Ижорская, 13, стр. 2

*e-mail: kozlov_a.a@fites.ru

Поступила в редакцию 02.02.2022 г.

После доработки 11.02.2022 г.

Принята к публикации 19.02.2022 г.

Описан блок запуска управляемого разрядника типа РВУ-43. Для запуска используется оптический импульс с генератора синхроимпульсов, поступающий через пластиковый световод на фотоприемник блока запуска. Амплитуда импульса напряжения запуска (при отсутствии пробоя управляемого разрядника) не менее 7 кВ. Амплитуда импульса тока запуска (после пробоя управляемого разрядника) не более 5 кА. Фронт импульсов напряжения запуска не более 0.1 мкс. Задержка от входного синхроимпульса до появления напряжения на выходе блока запуска не более 0.5 мкс. Блок запуска не требует дополнительного электрического питания. Питание осуществляется от емкостного накопителя через высокоомный резистор. Максимальный ток потребления не превышает 1 мА. Рабочее напряжение емкостного накопителя от 1 до 50 кВ.

DOI: 10.31857/S0032816222040139

Разработанный блок предназначен для запуска управляемых разрядников типа РВУ-43, используемых для коммутации секций емкостных накопителей на ускоритель макротел рельсового типа [1]. Блок запуска отличается от традиционных устройств такого типа тем, что для него не требуется внешнее электрическое питание. Питание осуществляется от емкостного накопителя через высокоомный резистор.

Блок запуска разработан на основе схемы генератора импульсных напряжений Аркадьева–Маркса. На рис. 1 представлена принципиальная электрическая схема блока. Принцип работы заключается в следующем. Группа конденсаторов $C_3–C_{10}$, соединенных параллельно, заряжается через резисторы $R_6–R_{19}$ до напряжения срабатывания позистора RU_1 ($U_0 = 1200$ В), а разряжается последовательно через разрядники $FV_1–FV_7$. Последние представляют собой обычные защитные газонаполненные разрядники А71-Н14Х фирмы EPCOS, рассчитанные на напряжение срабатывания 1400 В. Чтобы развязать цепь заряда от нагрузки и зарядить конденсаторы $C_3–C_{10}$ при низкоомной нагрузке разрядного промежутка управляемого разрядника, применяется выходной разрядник FV_8 (А71-Н25Х фирмы EPCOS) на напряжение срабатывания 2500 В. Заряд конденсаторов $C_3–C_{10}$ происходит одновременно с зарядом основного емкостного накопителя через высокоомный резистор в зависимости от выбранной схемы

подключения (рис. 2). Максимальное время заряда конденсаторов $C_3–C_{10}$ составляет ≤ 20 с при максимальном зарядном токе 1 мА.

Одновременно с зарядом конденсаторов $C_3–C_{10}$ заряжаются конденсатор C_1 входного преобразователя оптических импульсов синхронизации и конденсатор C_2 генератора запуска. Напряжение на конденсаторе C_1 ограничивается на уровне 15 В с помощью стабилитрона D_1 . Конденсатор C_2 заряжается до 1200 В. Оптический импульс запуска от генератора синхроимпульсов [2] поступает на оптический вход фотодиода D_3 через пластиковый световод диаметром 2 мм. Оптический сигнал с фотодиода D_3 преобразуется с помощью усилителя на транзисторе T_1 в импульс напряжения, который поступает на запуск транзистора T_2 . Светодиод D_2 служит для индикации прохождения синхроимпульса. Транзистор T_2 включается, и отрицательное напряжение с конденсатора C_2 через ограничивающий резистор R_4 подается на разрядник FV_1 . Таким образом, на разряднике FV_1 появляется почти удвоенное напряжение питания (2400 В). Разрядник FV_1 срабатывает и запускает последовательное срабатывание разрядников $FV_2–FV_8$. На выходе блока запуска появляется напряжение амплитудой ≥ 7 кВ. Конденсатор C_{11} , блокируя прямое прохождение импульса запуска через паразитную емкость на разрядник FV_2 , повышает надежность срабатывания остальных разрядников.

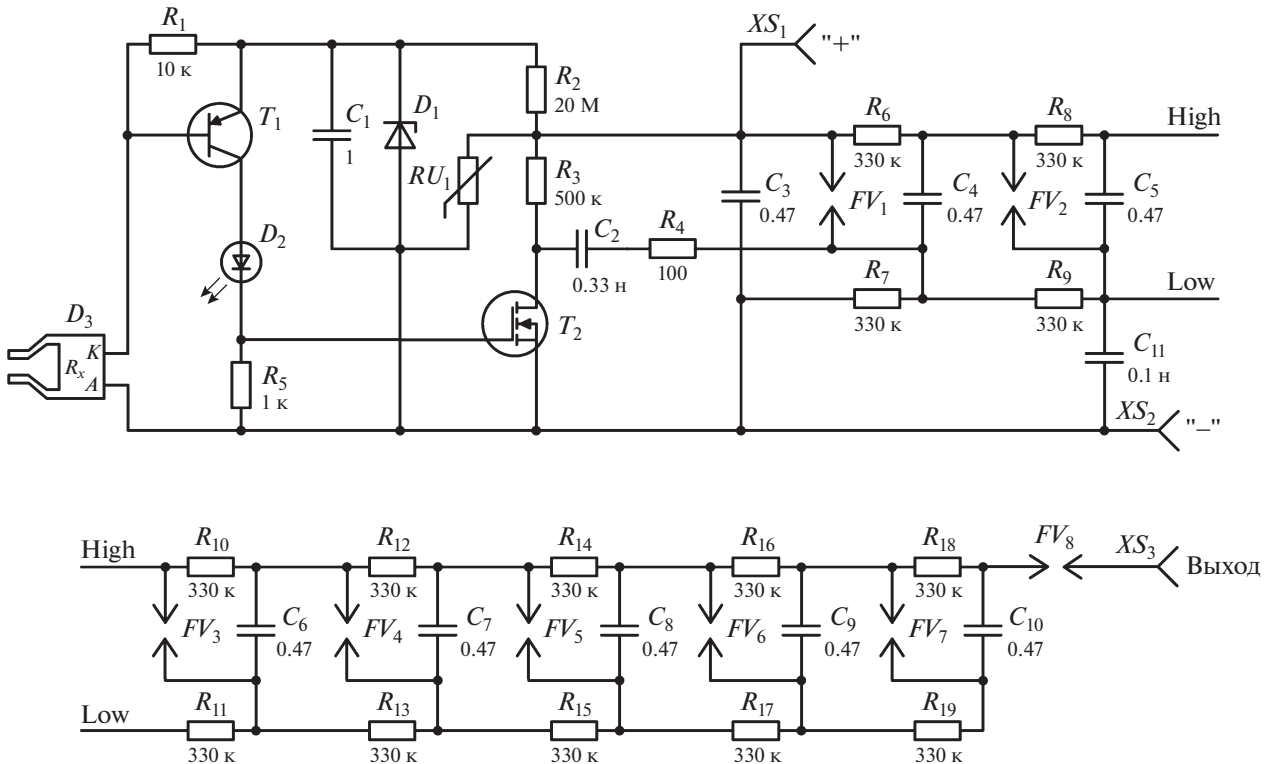


Рис. 1. Принципиальная электрическая схема блока запуска. T_1 – КТ973А, T_2 – STP3N150; D_1 – 1N4702, D_2 – КИПД89П60/30, D_3 – SPH250V; R_{U1} – CH2-1A; FV_1 – FV_7 – А71-Н14Х, FV_8 – А71-Н25Х.

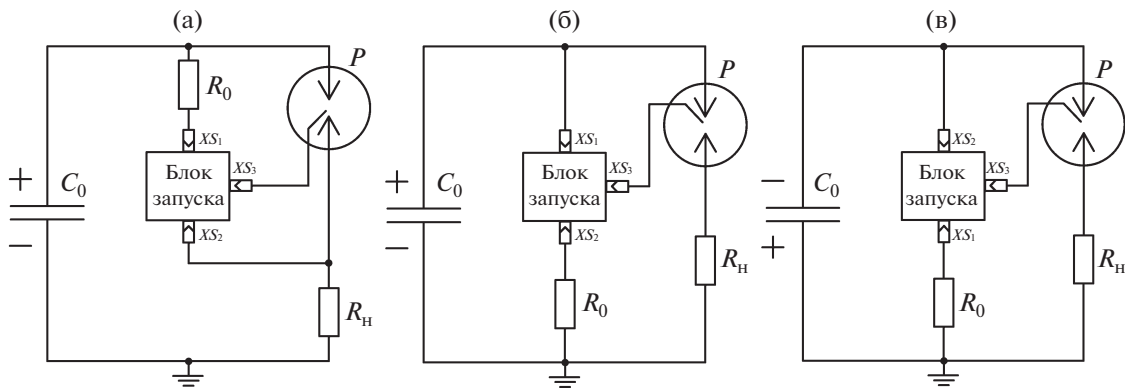


Рис. 2. Варианты подключения блока запуска к управляемому разряднику P при разных полярностях емкостного накопителя.

Разрядник типа РВУ представляет собой биполярный коммутационный вакуумный прибор. Его включение осуществляется подачей пускового импульса напряжения на управляющий электрод с последующей генерацией иницирующего искрового разряда между одним из силовых и управляющим электродами. Плазма искрового промежутка между силовыми электродами, разряд переходит из искровой стадии в дуговую, и разрядник включается. Основные варианты под-

ключения блока запуска к разряднику типа РВУ представлены на рис. 2.

При положительном напряжении на емкостном накопителе C_0 предпочтительнее подключение блока запуска к разряднику P , показанное на рис. 2а. При таком варианте на управляющий электрод разрядника подается полное напряжение с генератора импульсного напряжения блока запуска. Необходимо только отметить, что при таком подключении блока запуска сопротивле-

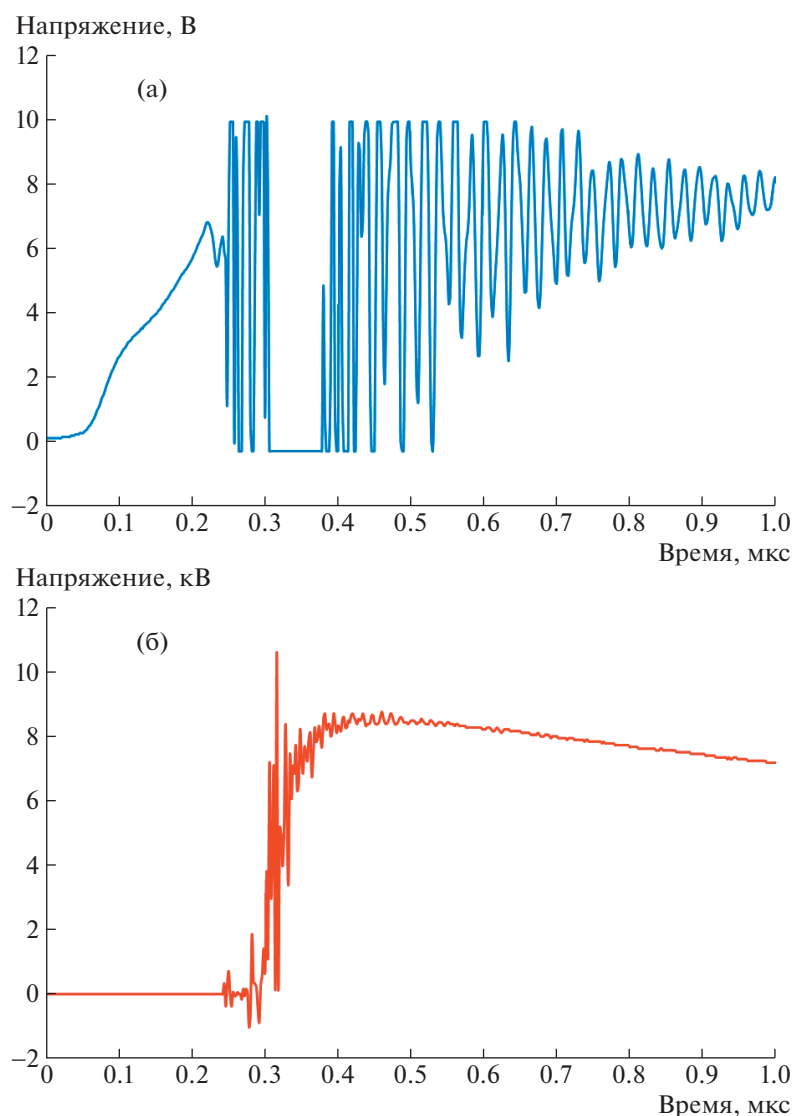


Рис. 3. Осциллограммы напряжения: **а** – на выходе преобразователя оптических синхроимпульсов; **б** – на выходе блока запуска.

ние нагрузки R_n должно быть значительно меньше сопротивления внешнего высокоомного резистора R_0 . Также нужно подчеркнуть, что на нагрузке при заряде емкостного накопителя появится напряжение, величина которого определяется соотношением сопротивлений R_0 и R_n .

При высоком сопротивлении нагрузки и положительном напряжении емкостного накопителя блок запуска необходимо подключать к разряднику, согласно схеме на рис. 2б. При таком подключении на управляющий электрод разрядника подается неполное напряжение с генератора импульсного напряжения блока запуска. Но даже уменьшенное напряжение с блока запуска в этом варианте будет значительно больше необходимого для устойчивого запуска разрядника типа РВУ.

При отрицательном напряжении на емкостном накопителе подключение блока запуска к разряднику осуществляется, как показано на рис. 2в. При таком варианте подключения разрядник может работать практически на любую нагрузку.

Значение сопротивления R_0 в цепи питания блока запуска выбирается, исходя из максимального рабочего напряжения емкостного накопителя и максимального тока потребления 1 мА. Так, при работе на ускоритель макротел диапазон рабочих напряжений секций емкостного накопителя составлял от 1 до 5 кВ. Сопротивление внешнего резистора в цепи питания блока запуска при этом составляло 3.6 МОм, максимальная рассеиваемая мощность не превышала 4 Вт.

На рис. 3 приведены осциллограммы напряжения на выходе преобразователя оптических синхроимпульсов (рис. 3а) и напряжения на выходе блока запуска (рис. 3б) с подключенным нагрузочным сопротивлением 50 Ом.

Блок запуска прошел успешную апробацию при проведении экспериментов с ускорителем макротел. Можно также отметить, что разработанный блок запуска не содержит никаких намоточных изделий, собран только из покупных серийных комплектующих и не требует никакой настройки.

ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ

Работа выполнена за счет бюджетного финансирования в рамках государственного задания по теме ГР ААААА-А19-119020690061-1.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Козлов А.В., Котов А.В., Петров А.В., Полищук В.П., Шурупов А.В.* // Труды X Всероссийской конференции по физической электронике (ФЭ-2018). Махачкала: Издательство ДТУ, 2018. С. 148.
2. *Козлов А.В., Козлов А.А., Поварешкин М.Н., Шурупов А.В.* // ПТЭ. 2019. № 4. С. 37.
<https://doi.org/10.1134/S0032816219030236>