

КОМПЛЕКС АППАРАТНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА МАТЕРИАЛЫ ИМПУЛЬСНОГО РАЗРЯДА В ГАЗОВЫХ И ЖИДКОСТНЫХ СРЕДАХ

В.П. Гольченко, С.Г. Боев, В.О. Гамов

Национальный научный центр «Харьковский физико-технический институт», Харьков, Украина

Разработан прибор с возможностью широкодиапазонной регуляции периода и длительности импульса. Измерительный комплекс позволяет с высокой точностью регистрировать и протоколировать данные.

ВВЕДЕНИЕ

В практике физического эксперимента часто возникает потребность в источнике питания, генерирующего импульсы с заданной скважностью и частотой следования. Разработка прибора возникла в связи с необходимостью подобрать режим тока при изучении поведения ^{222}Rn в электрическом разряде в различных газах [1]. В соответствии с этим источник тока должен обеспечивать устойчивость тлеющего разряда в среде дейтерия и водорода при давлении 1000...1300 Па.

Важными качествами источника должны быть надежность в работе и возможность быстрой перестройки импульсного источника на новые параметры работы. Амплитуда импульса 300...1500 В. Длительность импульса 10...100 мкс. Частота 0,5...100 кГц. Напряжение разряда до 1200 В, мощность в импульсе 0,4...0,5 кВт.

Вся установка состоит из высоковольтного источника постоянного тока, коммутатора, преобразовывающего постоянный ток в импульсный, измерительного тракта и экспериментальной камеры (рис. 1).

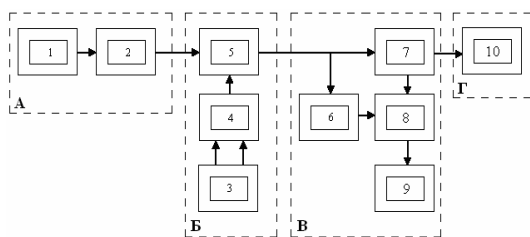


Рис. 1. Структурная схема экспериментальной установки.

А: высоковольтный источник питания (1), накопительная конденсаторная батарея (2);

Б: регулирующие элементы частоты и скважности импульса (3), генератор импульсов (4), ключевой элемент (5);

В: делитель напряжения (6), датчик тока (7), цифровой осциллограф (8), ЭВМ (9);

Г: экспериментальная камера (10)

Высоковольтный источник питания построен по стандартной схеме (высоковольтный трансформатор, высоковольтный выпрямитель, LC-фильтр). Для накопления электрической энергии применяется батарея конденсаторов. Токи заряда и разряда

батареи ограничены резисторами R1 и R2 (рис. 2). Преобразование высоковольтного постоянного тока в импульсный осуществляется с помощью электронного ключа.

Для измерения импульсных тока и напряжения применен двухканальный цифровой запоминающий осциллограф Rigol серии DS5000. Измерение импульсного тока осуществляется с помощью датчиков тока LEM на основе эффекта Холла. Для согласования уровней между высоковольтной частью и измерительным прибором применен резистивный делитель напряжения с коэффициентом деления 1:500.

Оцифрованные сигналы с осциллографа поступают на ПК для дальнейшей обработки в прикладных программах.

ВЫСОКОВОЛЬТНЫЙ ИСТОЧНИК ПИТАНИЯ

Источник питания состоит из: повышающего высоковольтного трансформатора (Т1), выпрямителя (VD1), П-образного LC-фильтра (C1, L1, C2), накопительной конденсаторной батареи (C3) и ограничительных резисторов (R1, R2) (см. рис. 2). В качестве выпрямителя использован интегральный выпрямительный мост 36MT160PBF. Для уменьшения паразитной индуктивности, влияющей на форму и параметры импульса, используются резисторы типа ТВО 40, имеющие малую индуктивность. Резисторы R1 и R2 выбираются из следующих правил: R1 ограничивает ток заряда конденсаторной батареи, исходя из параметров выпрямителя. R2 ограничивает максимальный ток, протекающий через силовой транзистор.

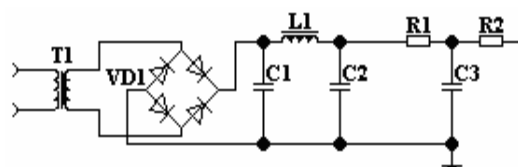


Рис. 2. Схема источника питания

ПЕРЕСТРАИВАЕМЫЙ ГЕНЕРАТОР ПРЯМОУГОЛЬНЫХ ИМПУЛЬСОВ

Генератор (рис. 3) построен на базе интегрального таймера NE555 (КР1006ВИ1) [1, 2], работающего в режиме мультивибратора.

Переключателями SA1-SA3 выбираются диапазоны частот. Переменные резисторы R1 и R2 позволяют плавно регулировать частоту и длительность импульсов.

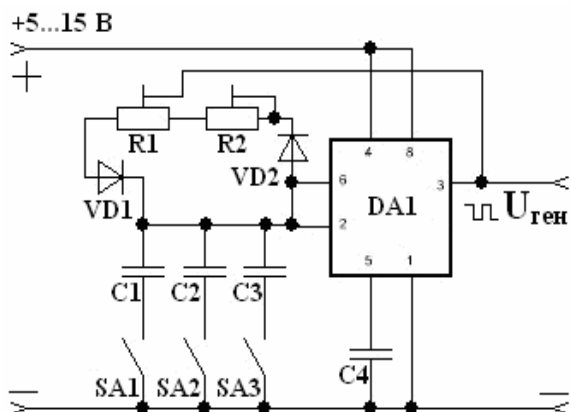


Рис. 3. Принципиальная электрическая схема генератора прямоугольных импульсов

Генератор позволяет создавать импульсную последовательность в широких пределах частоты и скважности.

КЛЮЧЕВАЯ СХЕМА

Ключевая схема представляет собой мощный IGBT-транзистор [3] (биполярный транзистор с изолированным затвором, позволяющий управлять мощным высоковольтным сигналом). Для управления затвором ключевого транзистора служит схема управления (драйвер) [4],

позволяющая быстро зарядить и разрядить емкостную структуру изолированного затвора IGBT-транзистора. Сигнал от генератора к схеме управления ключевым транзистором передается через оптронную гальваническую развязку [5]. Драйвер задерживает сигналы включения и выключения не более 0,6 мкс при напряжении гальванической развязки между цепями не менее 2500 В.

Входной импульсный сигнал напряжением 5 В подается на контакты $U_{ген}$ и «-» (рис. 4). К контактам 2 и 3 микросхемы оптоэлектронной DA1 подключен внутренний светодиод. С выводов 6-7 сигнал поступает на двухтактный эмиттерный повторитель VT1, VT2 [6], а с него через защитный резистор R2 и затворные резисторы R4, R7 — на затвор внешнего IGBT-транзистора. Резистор R6 снижает входное сопротивление IGBT-прибора в целях повышения помехоустойчивости. Стабилитрон VD1 фиксирует напряжение 4,7 В на затворе, что позволяет надежнее закрывать IGBT-транзистор. Диоды VD2—VD3 защищают от превышения напряжения затвора выше 19 В и ниже минус 4,7 В. Конденсаторы C1-C3 — фильтрующие. Питание драйвера осуществляется от отдельного источника напряжением 24 В, подключаемого к клеммам «+» и «-».

Предохранитель FU1 защищает транзистор от превышения тока источника питания, а диод VD4 [7] — от обратных токов из камеры.

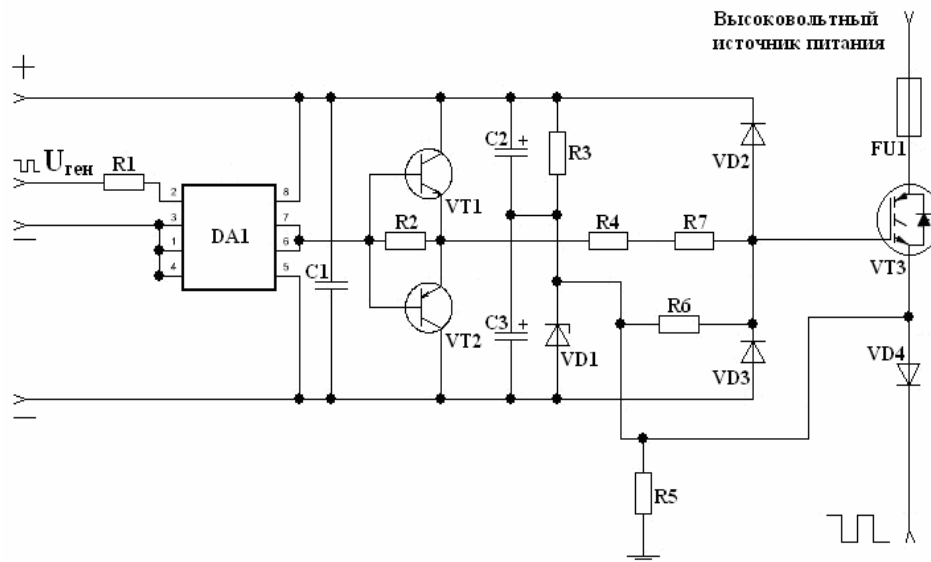


Рис. 4. Принципиальная электрическая схема электронного ключа

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ ТРАКТ

Измерительный тракт состоит из цифрового двухканального запоминающего осциллографа с делителем напряжения и датчика тока. Резистивный делитель напряжения с коэффициентом деления 1:500 рассчитан на напряжение 2 кВ.

Датчик тока, основанный на эффекте Холла [8], позволяет измерять мгновенные значения тока, преобразованные им в напряжение (рис. 5).

Максимальное значение тока, проходящего через датчик, соответствует 4,5 В.

Датчики тока имеют определенный диапазон измерения, поэтому разработана модульная конструкция, позволяющая быструю установку нужного датчика в зависимости от величины тока. Данные с экрана сохраняются в памяти осциллографа, которые могут быть переданы в ПК для последующей их обработки.

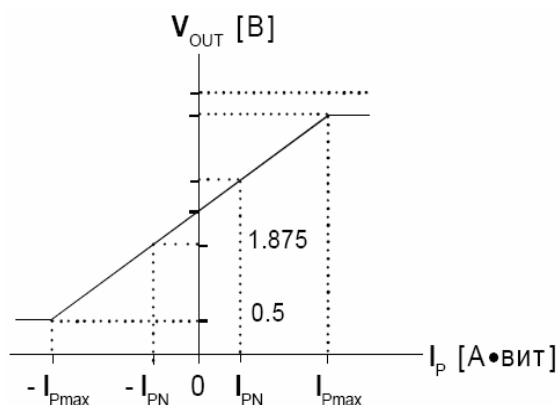


Рис. 5. Вольт-амперные характеристики датчика тока

Информация может быть записана как в цифровом виде (для обработки в прикладных программах), так и в виде осциллограммы.

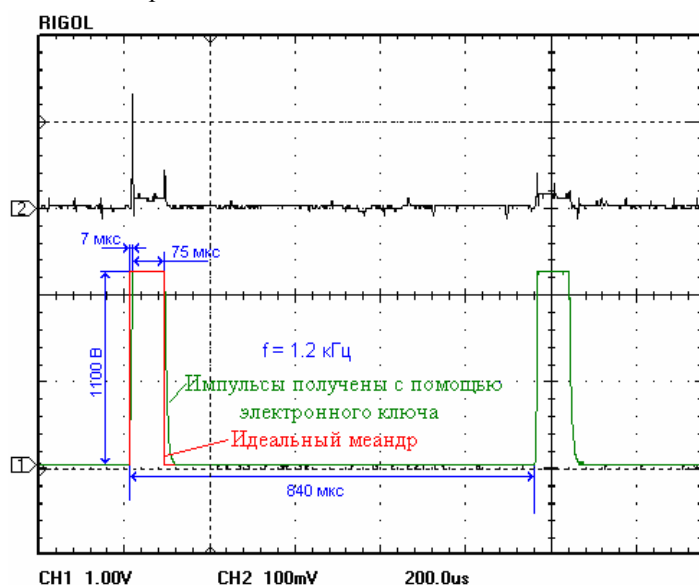


Рис. 6. Осциллограммы сигналов тока (2) и напряжения (1)

ЛИТЕРАТУРА

1. В.Ф. Зеленский, Р.Ф. Поляшенко, Г.П. Опалева, В.П. Рыжов, С.Г. Боев, В.О. Гамов, В.П. Гольченко. Радоновый эффект в работах с газовым разрядом // Труды 18 Международной конференции по физике радиационных явлений и радиационному материаловедению, 8-13 сентября 2008 г., Алушта, Крым.

2. General-purpose bipolar timers NE555-SA555-SE555,

<http://www.st.com/stonline/products/literature/ds/2182.pdf>.

3. Insulated gate bipolar transistor with ultrafast soft recovery diode

<http://www.irf.com/product-info/datasheets/data/irgp20b120ud-e.pdf>.

РЕЗУЛЬТАТЫ ОПРОБОВАНИЯ ИСТОЧНИКА

1. Использование источника позволило вести исследования при устойчивом разряде. Достигнуты параметры: амплитуда и длительность импульса, частота, крутизна переднего фронта (рис. 6).

2. Важным качеством источника является его надежность, позволяющая проводить эксперимент не менее 8 ч, а также возможность быстрой перестройки источника на новые параметры работы.

3. Источник прост в изготовлении. В его конструкции использованы легкодоступные и недорогие элементы.

4. Б.Ю. Семенов. Силовая электроника: от простого к сложному. М.: СОЛОН-Пресс, 2005, 416 с.

5. 2,5 Amp Output Current IGBT Gate Drive Optocoupler,

<http://www.avagotech.com/docs/AV02-0161EN>.

6. Complementary power Darlington transistor <http://www.st.com/stonline/products/literature/ds/4128.htm>.

7. 1200V Fast recovery diode

http://www.datasheetcatalog.com/datasheets_pdf/8/5/E/P/85EPF12.shtml.

8. Current transducer

<http://www.lem.com/docs/products/lts%20-%20e.pdf>.

Статья поступила в редакцию 15.01.2010 г.

КОМПЛЕКС АПАРАТНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ ДІЇ НА МАТЕРІАЛИ ІМПУЛЬСНОГО РОЗРЯДУ В ГАЗОВИХ ТА РІДИННИХ СЕРЕДОВИЩАХ

В.П. Гольченко, С.Г. Боев, В.О. Гамов

Розроблено прилад з можливістю широкодіапазонного регулювання періоду й тривалості імпульсу. Вимірювальний комплекс дозволяє з високою точністю реєструвати й протоколювати дані.

COMPLEX HARDWARE FOR MATERIAL EXPOSURE OF PULSED DISCHARGE IN GAS AND LIQUID MEDIA

V.P. Golchenko, S.G. Boev, V.O. Gamov

A device with the possibility of wide-range adjustment period and pulse duration is developed. Measuring complex allows the accurate recording and data logging.