

Судов - PC Week/RE, № 45(169) (17-23 ноября) 1998. – 56 с.

2. Схиладзе А.Г. Автоматизация технологических процессов в машиностроении: Учебное посо-

бие/ Схиладзе А.Г., Бочкарев С.В., Лыков А.Н., – Пермь: КГТА, 2010. - 505 с.

3. НИЦ CASE-технологий: [электронный ресурс] – режим доступа: <http://www.cals.ru/> (дата обращения: 20.08.2013).

## ФОРМИРОВАТЕЛЬ ИМПУЛЬСНОГО ТОКА ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ СИЛЬНОТОЧНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

Руднева Н.Е., Заревич А.И.

Томский политехнический университет  
634050, Россия, г. Томск, пр-т Ленина, 30  
E-mail: antonzarevich@ngs.ru

### Введение

В современных технологических процессах характерной задачей является измерение больших импульсных токов различной формы, при этом максимальные значения измеряемого тока могут достигать 50 кА и более при длительности импульса несколько мс. Для регистрации параметров данных сигналов необходимо иметь образцовые средства измерения. Однако их использование ограничено из-за отсутствия выпускаемых серийно источников импульсных токов с необходимыми характеристиками [1].

Целью работы является проектирование компактного источника импульсного тока с емкостным накопителем энергии.

### Принцип формирования импульсов тока

Принцип формирования импульсов тока заключается в накоплении энергии в специальном устройстве, коммутации и передачи энергии в нагрузку. Таким образом, при малой длительности импульса даже при небольших энергиях удастся получить высокие мощности. Структурная схема типичного импульсного источника большой мощности приведена на рисунке 1.

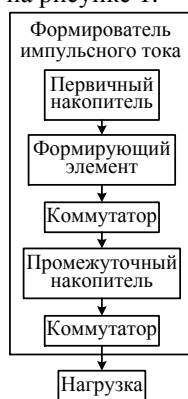


Рис. 1. Структурная схема мощного импульсного источника тока

Любой мощный импульсный генератор содержит первичный накопитель энергии, которая запасается в течение достаточно длительного времени, а затем быстро передается в формирующий элемент. В рамках решаемой нами задачи мы ограничились одноступенчатой схемой, без промежуточ-

ного накопителя [2] с емкостным накопителем энергии.

Ёмкостные накопители относятся к разряду наиболее мощных источников, которые обладают наибольшей плотностью мощности, высокой эффективностью передачи накопленной энергии в нагрузку и долговечностью.

### Конструкция формирователя импульсного тока

Упрощенная электрическая принципиальная схема формирователя импульсного тока представлена на рис. 2. На схеме не приведены элементы управления, блоки индикации состояний формирователя импульсного тока, контроля нагрузки, стабилизации напряжения, коммутации и питания элементов управления. Все сильноточные элементы формирователя импульсного тока размещены в металлическом корпусе. Элементы коммутации и управления, а также выходы сигналов смонтированы на передней панели корпуса [3].

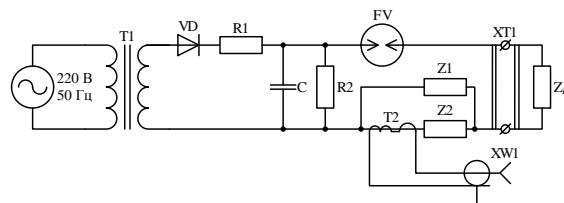


Рис. 2. Упрощенная электрическая принципиальная схема формирователя импульсного тока

Накопитель энергии С выполнен как батарея из восьми конденсаторов марки К75–40а, установленных в поддоне корпуса. Заряд конденсаторов производится напряжением с выхода сетевого трансформатора Т1 и диодного двухполупериодного моста VD. Ток заряда батареи ограничен балластным резистором R1. Этот же балластный резистор используется для принудительного разряда накопителя при отключении питания формирователя импульсного тока. Съём тока с накопителя производится двумя токосъёмными пластинами, выполненными из листовой меди. Вывод тока осуществляется посредством токоведущих шин, изготовленных из медной полосы и соединённых посредством пайки с токосъёмными пластинами. Одна из токоведущих шин с одной стороны кре-

питается к газоразрядному устройству FV и совмещена с токоотводом Z1-Z2, на который надевается измерительный трансформатор T2.

Токоотвод Z2 необходим для уменьшения тока, протекающего через трансформатор. Он изготовлен из медной пластины и латунной шпильки.

Исследуемый объект Z<sub>n</sub> подключается к токоведущим шинам посредством сопрягающих токоведущих пластин и болтового соединения ХТ1.

Элементы коммутации и управления, а также выходы сигналов смонтированы на передней панели корпуса.

#### Экспериментальное определение характеристик источника импульсного тока

Формирователь импульсного тока (ФИТ) включает в себя следующие основные компоненты, характеристики которых подлежали исследованиям и испытаниям:

- импульсные конденсаторы K75-40a – 3000В – 100 мкФ ±10 % (8 штук);
- газонаполненный разрядник CITEL BF P100;
- токоведущие шины и токосъёмные пластины;
- балластный резистор C5-35В 100 сопротивлением 10 кОм ±10 % (10,03 кОм), ограничивающий ток заряда конденсаторов.

Эксплуатационные и метрологические характеристики данных компонентов оказывают определяющее влияние на соответствующие характеристики ФИТ.

Испытания проведены в два этапа:

- испытания сильноточных компонентов по отдельности;
- сопряжение сильноточного оборудования и испытание ФИТ в целом.

В процессе испытаний необходимо было определить реальные значения импеданса (ёмкости, индуктивности и активного сопротивления) конденсаторов и токоведущих шин, а также сопротивление балластного резистора.

При сопряжении компонентов определялись частота следования импульсов тока и характеристики импульса при работе источника в режиме короткого замыкания. Частота следования импульсов зависит, во-первых, от скорости заряда конденсаторов, а, во-вторых от скорости восстановления разрядника.

Для экспериментального определения параметров конденсатора использована методика, основанная на измерении постоянной времени цепи RC-цепи.

Для определения импеданса токоведущих шин был использован автоматизированный модульный комплекс NI PXI 1031. В данном эксперименте токоведущие пластины замыкались короткозамыкающей медной пластиной Z<sub>кз</sub>. Для имитации работающего разрядника использовалась короткозамыкающая втулка.

В результате были получены следующие значения индуктивности и активного сопротивления токоведущих шин:

- индуктивность составила ~210 нГн;
- активное сопротивление ~0,25 мОм.

С помощью мультиметра Agilent 3458A определили сопротивление балластного резистора C5-35В, было получено значение 10,03 кОм. Таким образом, с учетом выражения (10), постоянная времени цепи заряда конденсаторов составляет порядка 8,1 с. Это значение определяет максимальную длительность паузы между импульсами.

В завершении испытаний, был проведен эксперимент по определению характеристик источника импульсного тока, работающего в режиме короткого замыкания. Для этого, также выводы ФИТ замыкались короткозамыкающей медной втулкой Z<sub>кз</sub>, имитирующей низкоомный шунт. Сигнал с выхода импульсного источника поступал на вход осциллографа LeCroy WaveSurfer 62Xs. Экспериментальная установка была подобна используемой при определении напряжения срабатывания разрядника.

Типичные осциллограммы импульсов тока, полученные в данном эксперименте приведены на рис. 3.

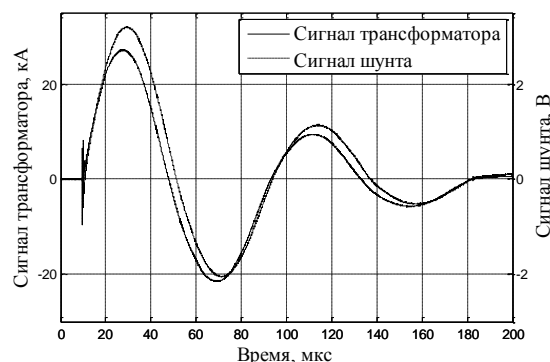


Рис. 3. Осциллограммы импульсов источника импульсного тока

Как видно из представленных данных, источник импульсного тока в режиме короткого замыкания демонстрирует следующие характеристики:

- амплитуда импульса тока ~27 кА;
- длительность переднего фронта импульса 14 мкс;
- длительность импульса по уровню -10 дБ 160 мкс.

#### Заключение

В работе были выявлены особенности конструкции, позволяющие создать компактный источник тока с амплитудой до 50 кА и длительностью ~100 мкс. Описана конструкция формирователя импульсного тока, рассмотрена конструкция узлов, компонентов. Проектируемый источник импульсного тока может быть использован для проведения испытаний и определения динамических характеристик широкого спектра токовых

шунтов с различными метрологическими характеристиками.

### Литература

1. Месяц Г. А. Импульсная энергетика и электроника, М.: Наука, 2004. – 704 с.
2. Муравьев С.В., Заревич А.И., Наталинова Н.М., Баранов П.Ф., Бедарева Е.А. Отчет о научно – исследовательской работе «Программно-аппаратный комплекс для автоматизированных

испытаний сильноточных преобразователей» по теме: Теоретические исследования и разработка узлов стенда (промежуточный). Этап второй 2011–1.9–519–033–041. – 2011. – 77 с.

3. Заревич А.И., Муравьев С.В., Бедарева Е.В. и др. Аппаратно-программный комплекс для автоматизированных испытаний сильноточных преобразователей // Известия Томского политехнического университета. – 2013. – Том 322. – № 4. – С. 180–184.

## ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИОННОГО СИГНАЛА

Гопоненко А.С., Кочумеев В.А., Мирманов А.Б. \*

Томский политехнический университет  
634050, Россия, г. Томск, пр-т Ленина, 30

\*Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина

Республика Казахстан, г. Астана, пр-т Победы, 62

E-mail: andreigoponenko@gmail.com

### Введение

Наклонно-направленное бурение давно стало основным видом бурения как на суше, так и на море с платформ. В связи с необходимостью обеспечения эффективного контроля пространственного положения ствола скважины, соблюдения проектного профиля скважины решается задача постоянного контроля за положением оси ствола скважины в пространстве. Для получения информации без остановки бурения в настоящее время используют телеметрические системы [1]. По мнению большинства специалистов, данное направление - одно из самых актуальных и перспективных, в которых должна развиваться технология передачи параметров бурения [2].

### Состав телеметрической системы

Существующие телеметрические системы включают следующие основные части:

- забойную аппаратуру;
- наземную аппаратуру;
- канал связи;
- технологическую оснастку;
- антенну для электромагнитной линии связи;
- источник электрической энергии (для телесистем с беспроводной линией связи).

Забойная часть телесистемы включает первичные преобразователи измеряемых параметров направления бурения, геофизических параметров, технологических параметров бурения. Данные от первичных преобразователей через коммутатор поступают на аналого-цифровой преобразователь, затем через кодирующее устройство и передатчик поступают в канал связи. На поверхности закодированная различными способами информация расшифровывается и поступает на системы отображения и обработки для принятия решений по технологическому режиму.

### Каналы связи

Канал связи является основным и решающим фактором, так как именно от него зависит конструкция телесистем, компоновка, информативность, надежность, удобство работы, а также условия прохождения сигналов. В настоящее время существует акустический, гидравлический, электропроводный, электромагнитный, и комбинированный типы каналов связи. Разнообразие условий бурения, а также экономическая целесообразность определяют каждому каналу связи свою область применения. Остановимся подробнее на преимуществах и недостатках каждого из рассматриваемых каналов связи (рис. 1).

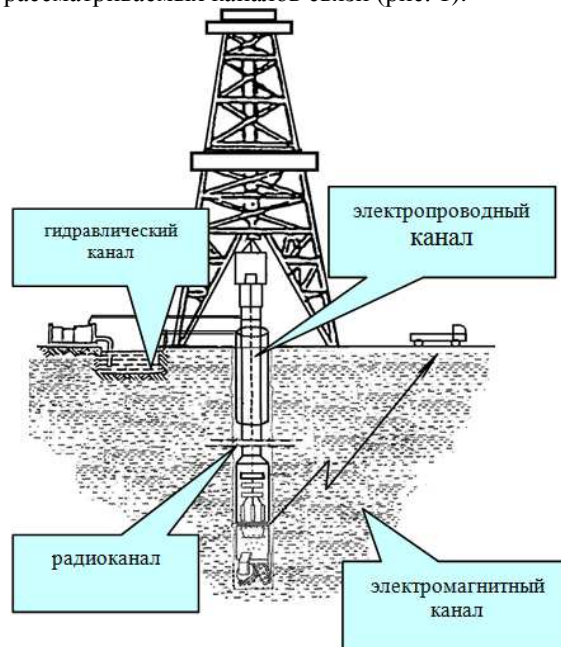


Рис. 1. Каналы связи телеметрических систем

Системы с акустическим каналом связи используют звуковые колебания, распространяющиеся в скважине по промывочной жидкости, колонне бурильных труб или окружающей породе.