

## Система испытания импульсным напряжением ГИН-7200 кВ/720 кДж

### Введение

Компания ЭЛЕКТРОМАШ является профессиональным производителем высоковольтного испытательного оборудования и имеет высокую репутацию качества и надежности своей продукции благодаря огромному опыту конструкторской разработки и производства. Компания ЭЛЕКТРОМАШ поставляет испытательное, измерительное и диагностическое оборудование для широкого применения в испытательных лабораториях, для научно-исследовательских целей, на производстве и на объектах в полевых условиях.

### Область применения

Система испытания импульсным напряжением ГИН предназначена для создания напряжения грозового и коммутационного импульса в диапазоне от 100 кВ до 12000 кВ и энергией импульса от 2,5 кДж до 1720 кДж наружной и внутренней установки

С дополнительным оборудованием ГИН может формировать срезанные грозовые импульсы (срезанные импульсы по переднему фронту, пику или заднему фронту), колебательные импульсы, согласно ГОСТ-1516, ГОСТР-55195, МЭК 60060-1. Базовая испытательная система может быть модифицирована для проведения специальных испытаний токоограничивающих реакторов, силовых трансформаторов, распределительных трансформаторов, измерительных трансформаторов напряжения и тока, кабелей высокого напряжения, высоковольтных вводов и кабельных муфт, ограничителей перенапряжений (испытания импульсным током), изоляторов, элегазовых распределительных устройств КРУЭ, гидрогенераторов, турбогенераторов, комплектных токопроводов.



### Состав системы:

1. ГИН-7200/720	Генератор импульсного напряжения
2. ЗУ-300	Зарядное устройство постоянного тока
3. ДН-7200	Емкостный делитель напряжения со слабым затуханием
4. РСУ-4800	Автоматическое срезающее многозарядное устройство
5. АСУ-2001	Автоматическая система управления
6. ЦАИС-12/100	Цифровая аналитическая измерительная система
7. Высоковольтный кабель (5м), основной кабель управления, измерительный, силовой кабель, кабель заземления	

## Условия эксплуатации

Высота над уровнем моря	$\leq 1000$ м
Рабочая температура высоковольтных компонентов	$-5^{\circ}\text{C} \div +40^{\circ}\text{C}$
Относительная влажность воздуха в основном зале	$< 90\%$ (без конденсации при температуре воздуха $25^{\circ}\text{C}$ )
Установка оборудования	в помещении
Сейсмостойкость	$\leq 8$
Должно быть обеспечено надежное заземление с сопротивлением цепи заземления $< 0,5$ Ом	

## Характеристики высоковольтной импульсной испытательной системы

Стандартный грозовой импульс ГОСТ-1516:	$1.2 \text{ мкс} \pm 30\% / 50 \text{ мкс} \pm 20\%$ (выброс на пике импульса не превышает 5%)
Стандартный коммутационный импульс:	$250 \text{ мкс.} \pm 20\% / 2500 \text{ мкс.} \pm 60\%$
Минимальное выходное напряжение:	$> 10\% U_{\text{ном}}$
Нестабильность зарядного напряжения:	$< \pm 1.0\%$
Диапазон синхронизации:	$\geq 15\%$
Неконтролируемая часть синхронного разряда:	$< 2\%$
Диапазон поджига:	$10\% \div 100\% U_{\text{ном}}$
КПД:	Грозовой импульс: $> 85\%$ (под нагрузкой), $> 90\%$ (без нагрузки) Коммутационный импульс: $> 70\%$ (под нагрузкой), $> 75\%$ (без нагрузки)
Режим работы:	Свыше 70% $U_{\text{ном}}$ каждые 120 сек. разряд и заряд. Ниже 70% $U_{\text{ном}}$ - непрерывная работа.

## Технические характеристики основных элементов системы

### Генератор импульсного напряжения ГИН-7200/720

Конструктивное исполнение:	Н
Номинальное входное напряжение:	$0.38 \text{ кВ} \pm 15\%$
Номинальный входной ток:	131 А
Номинальное выходное напряжение:	$\pm 7200 \text{ кВ}$
Номинальная выходная энергия:	720 кДж
Номинальная емкость:	27.7 нФ
Номинальное зарядное напряжение:	300 кВ
Количество каскадов:	24
Емкость конденсатора каскада:	0.66 мкФ (каждый конденсатор 1.33 мкФ/150 кВ, 48 шт.)
Энергия каскада:	30 кДж

### Зарядное устройство постоянного тока ЗУ-300 кВ

- (1) Применяется изолирующий трансформатор, напряжение первичной и вторичной обмотки 0.38 кВ, номинальная мощность 50 кВА;
- (2) Применяется масляный зарядный трансформатор, напряжение вторичной обмотки 125 кВ, номинальная мощность 50 кВА;
- (3) Применяется два высоковольтных диода с токоограничивающим реактором 300 кВ/500 мА,

обратное напряжение  $\geq 300$  кВ, средний ток  $\geq 0.25$  А. Высоковольтный диод с токоограничивающим реактором устанавливаются совместно с зарядным трансформатором и автоматическим переключателем полярности выходного напряжения. На пульте управления имеется переключатель полярности в ручном режиме;

(4) Токоограничивающий резистор изготовлен из эмальпровода, намотанного на каркас круглого сечения. Каркас выполнен из изоляционного материала;

(5) Используется метод двуполярного заряда;

(6) При автоматическом управлении значения параметров зарядного напряжения находятся в диапазоне  $U_{ном} 10\% \sim 100\%$ , погрешность установленного напряжения не более  $\pm 1\%$ , нестабильность зарядного напряжения не выше  $\pm 1\%$ , точность регулирования зарядного напряжения  $1\%$ ;

(7) Два резистивных делителя постоянного тока 150 кВ, 300 МОм- это металлопленочный резистор в маслonaполненном корпусе. Резистор низковольтного плеча установлен на нижнем фланце делителя напряжения, сигнал напряжения низковольтного плеча подается через экранированный кабель на пульт управления;

(8) Автоматический заземлитель использует принцип электромагнитного анализа. После испытаний зарядное устройство автоматически заземляется через защитный резистор;

(9) Зарядный трансформатор, высоковольтный диод с токоограничивающим реактором и переключатель полярности, защитные резисторы, переключатели, автоматический заземлитель и прочие устройства установлены на одной раме.

### **Генератор импульсного напряжения ГИН**

(1) ГИН состоит из 24 каскадов, образующих башенную конструкцию. Все уровни имеют площадку для обслуживания и смены фронтных и волновых резисторов в зависимости от требований в каждом опыте. Конструкция в целом устойчива и удобна для технического обслуживания.

(2) Используется метод двуполярного заряда. Напряжение плавно регулируется от нуля до номинального значения с помощью тиристорного регулятора напряжения. После заряда зарядное устройство автоматически отключается. Реактор с тиристором образуют основную зарядную цепь. Номинальное напряжение каждого каскада 300 кВ;

(3) ГИН состоит из 24 каскадов, образующих башенную конструкцию из изоляционных материалов. Каждый каскад состоит из двух маслonaполненных конденсаторов MWF150-1.33 в стальном корпусе и соединенных с общей стальной рамой. Стальная рама имеет текстолитовые вставки, образуя общий каркас всей конструкции. Высоковольтная 24-уровневая башенная конструкция состоит из четырех стеклоэпоксидных опор, зарядных резисторов, фронтных резисторов, волновых резисторов, сферических разрядников. Они формируют форму волны. Необходимо выбрать значения резисторов для формирования формы волны импульса.

(4) Емкость импульсного конденсатора  $1.33 \pm 0.05$  мкФ, рабочее напряжение постоянного тока  $\pm 150$  кВ, индуктивность конденсатора  $\leq 0.2$  мГн, конденсатор пленочный в масляной изоляции, конденсатор эксплуатируется в нормальных рабочих условиях. Высоковольтный ввод конденсатора выдерживает перпендикулярную нагрузку 15 кг, не повреждаясь и без утечек масла;

(5) Фронтные резисторы, волновые резисторы имеют форму планки, безиндуктивные обмотки, индуктивностью  $\leq 2.5$  мГн. При уменьшении индуктивности увеличивается нагрузочная способность, учитывая большую емкость (например,  $> 5000$  пФ). Для достижения номинальной нагрузки устанавливаются дополнительные волновой резистор и конденсатор. Соединитель с пружинными контактами служит в качестве быстроразъемного соединительного элемента;

(6) Крепления фронтных и волновых резисторов предназначены для установки четырех резисторов одновременно в параллель. Фронтные и волновые резисторы имеют одинаковую длину и могут использоваться вместе. Каждый каскад оснащен запасными резисторами; для защиты от короткого

замыкания используется предохранитель, последовательно соединенный с ГИНОм;

(7) В комплект входит 3 фронтных резистора и 3 волновых резистора; 2 RC-цепи, 1 наружный рабочий фронтной резистор, 2 рабочих волновых резистора, имеются запасные резисторы;

(8) Разрядный промежуток первого каскада устанавливается равным расстоянию пробивного напряжения. Разрядные промежутки остальных 23 каскадов устанавливаются в три раза больше. Вероятность раннего разряда  $\leq 2\%$ ; вероятность синхронного разряда  $\geq 15\%$ ;

(9) Разрядные промежутки всех каскадов регулируются мотор-редуктором в соответствии с зарядным напряжением. Мотор-редуктор оснащен концевым выключателем;

(10) Регулирование расстояния разрядного промежутка выполняется автоматически и вручную с пульта управления;

(11) Конструкция ГИИ имеет встроенную лестницу; на каждом третьем каскаде имеется изоляционная платформа для обслуживания и проведения монтажных работ, выдерживающая нагрузку 120кг;

(12) На нижнем каскаде используется изоляционная колонна сверхвысокой прочности; на остальных каскадах используется герметичная изоляционная облегченная трубная колонна для разрядников с двумя вводами;

(13) Все каскады имеют защиту от коронного разряда;

(14) Имеется переносной заземлитель с изолированной штангой, который используется для защиты персонала при замене резисторов, а также при снятии остаточного заряда с конденсаторов;

(15) Имеется автоматическая система заземления, которая срабатывает в момент отключения питания или при нажатии кнопки аварийного останова. Конденсаторы генератора импульсного напряжения автоматически заземляются через разрядный резистор для защиты персонала;

(16) Внешняя изоляция всех частей ГИИ выдерживает напряжение 220 кВ постоянного тока;

(17) Лестница оснащена подъемником. Изоляционная лестница соответствует требованиям норм техники безопасности и ПУЭ;

(18) В верхней части ГИИ установлен защитный экран в форме тора диаметром 19 дюймов;

(19) ГИИ оснащен сглаживающей цепью с двумя индукторами 100 мГн и резисторами 50 Ом/100 Ом/150 Ом/200 Ом/ 400 Ом для испытания высоковольтной и низковольтной обмоток трансформаторов;

(20) ГИИ оснащен тремя шунтами 1000 В 0.05 Ом, 1000 В 0.1 Ом, 1000 В 0.5 Ом, шунты предназначены для измерения тока.

(21) ГИИ установлен на передвижной раме на воздушной подушке грузоподъемностью 20 т. Воздушная подушка производства AVEROGO, США. Рабочее давление газа менее  $< 0.4$  МПа, в расчет не берется неровность пола. В блоке со сжатым воздухом применяется быстроразъемное соединение для демонтажа.

## **Емкостный делитель напряжения со слабым затуханием**

### **Модель: ДИ-7200 кВ**

Емкостный делитель со слабым затуханием состоит из импульсного безиндуктивного конденсатора и демпфирующего распределенного сопротивления. В низковольтном плече используется монолитный безиндуктивный конденсатор. Высоковольтное плечо установлено на стальном шасси с колесами из полиуретана, колеса имеют фиксаторы. В верхней части делителя находится экран, защищающий от коронных разрядов во время работы системы.

Стандартный импульс:	$\pm 7200$ кВ
Количество каскадов высоковольтного плеча:	6
Номинальная емкость:	400 пФ
Время задержки сигнала:	$T_{\alpha} \leq 95$ нс
Выброс:	$\beta \leq 10\%$

Стабильность масштабного коэффициента:	$K\varepsilon \leq 1\%$
Коэффициент деления:	6000:1/1000:1

Параметры времени задержки сигнала соответствует ГОСТ 55195.

Делитель напряжения оснащен 2 конденсаторами в низковольтном плече. Коэффициенты деления соответственно 600, 1000, погрешность деления  $<\pm 1\%$ . Делитель напряжения имеет передвижную конструкцию, в верхней части находится защитный экран; конденсатор с высоковольтным плечом является безиндуктивным.

Каждый каскад высоковольтного плеча имеет вывод и соединительную коробку с экраном. Имеются колеса для передвижения делителя напряжения.

### Автоматическое срезающее многозарядное устройство

#### Модель: РСУ-4800 кВ

Номинальное напряжение:	$\pm 4800$ кВ
Номинальное напряжение каскада:	$\pm 300$ кВ
Общее количество каскадов:	16
Суммарная емкость:	400 пФ
Время срезания импульса:	2-6 мкс.
Диапазон напряжения срезанного импульса:	20% ~ 100%
Разброс времени срезания:	$\leq 0.2$ мкс.

Диаметр сферического разрядника 250 мм; зона разряда выполнена из вольфрама.

При поступлении внешнего сигнала срезающее устройство гарантировано срабатывает; вероятность синхронного разряда более 98%. Срезающее устройство имеет демпфирующее сопротивление; параметры- 10 Ом, 20 Ом. Каждый разрядник с 3 сопротивлениями; регулируемое сопротивление легко установить на ноль. Расстояние между сферическим электродами регулируется с панели управления сервоприводом, погрешность при установки расстояния  $\geq 1$ мм, шаг регулирования  $\leq 0,5$  мм.

### Автоматическая система управления АСУ-2001 с цифровой измерительной аналитической системой ЦАИС 3004-12

#### Введение

Автоматическая система АСУ-2001 предназначена для применения в высоковольтной испытательной лаборатории с учетом специфики импульсных испытаний и необходимости обеспечения высокой помехоустойчивости. Технические характеристики системы соответствуют требованиям стандартов ГОСТ 1516, ГОСТ 55195, МЭК 61083.

Операционная система создана в среде Labview на основе операционной системы Windows 7 для обеспечения совместимости и универсальности системы. Имеет простой визуальный интерфейс, простота управления.



#### Основные характеристики

- Полная интеграция измерения и управления.
- Система использует процессоры низкого уровня, которые соединяются оптоволоконным кабелем.
- Промышленная интегрированная конструкция обладает высокой стабильностью, отличной



электромагнитной совместимостью и не требует применения дополнительной системы экранирования.

- Автоматически формирует протокол испытаний и графики напряжения.
- При подключении к импульсной цифровой измерительной системе серии SG программа может одновременно отображать испытательное напряжение и текущее напряжение, проводить анализ результатов.
- Дистанционное управление и передача данных через локальную сеть; измеренные данные могут передаваться одновременно в реальном времени.
- Пользователь может сохранять в памяти системы и передавать предустановленные параметры в соответствии с результатами испытаний, что избавляет от необходимости выполнения повторных операций.
- Для электробезопасности операторского пульта процессоры низкого уровня используют оптоэлектронную развязку.
- Связь между первичным процессором и процессорами низкого уровня осуществляется в дуплексном режиме с применением специального коммуникационного протокола, обеспечивающего надежную связь.
- Режим автоматического заряда: автоматически устанавливает каждый уровень значения зарядного напряжения и его поддержание.
- Режим ручного управления зарядом: ручная регулировка напряжения и подстройка.
- Синхронизация разрядного промежутка согласно заданного зарядного напряжения; автоматическая регулировка расстояния между электродами и индикация значения реального расстояния.
- Регулируемая скорость заряда. Пользователь может задать скорость заряда, и система автоматически поддерживает зарядное напряжение на заданном уровне.
- Автоматическое переключение полярности зарядного напряжения и индикация его на экране.
- Автоматическое заземление для защиты от перенапряжения и токовой перегрузки.
- Автоматический поджиг: в соответствии с установленными параметрами, включая установку значения напряжения и установку значения времени, система автоматически выполняет изменение напряжения, а также процессы защиты и поджига.
- Аварийное отключение: система имеет множество защитных устройств (в том числе кнопку аварийного отключения). Кроме того, программа автоматически останавливает систему согласно контрольным данным.

### **Цифровая измерительная аналитическая система ЦАИС-3004-12(14)**

Цифровая система измерений применяется для проверки состояния изоляции любого высоковольтного оборудования. На испытательный объект подается высокое импульсное напряжение с определенной формой; система применяется для анализа формы испытательного напряжения и определения состояния электрической прочности изоляции и / или ее дефектов. Система широко применяется при типовых испытаниях трансформаторов, высоковольтных вводов или другого высоковольтного оборудования.

ЦАИС-3004-12(14) является современным и надежным устройством, предназначенным для сверхточных измерений всех форм сигналов. Система соответствует всем требованиям ГИН. С техническими возможностями ГИН и возможностью измерения импульсов это современное техническое решение, соответствующее испытательным нормам.

ЦАИС-3004-12(14) имеет разрешение 12 бит или 14 бит, 100изм./сек., плоттер АЦП. Система оснащена дружелюбным интерфейсом, программой анализа формы сигнала, имеет функцию формирования протоколов испытаний.

Измерительная часть системы и функция анализа формы импульсных напряжений и токов

соответствуют ГОСТ 1516, ГОСТ Р 55195, МЭК 61083, МЭК 60060, МЭК 60076, МЭК 60099. В данных нормативных документах представлены нормы к автоматическому определению формы импульса.

ЦАИС-3004-12(14) управляется с центральной ЭВМ, используется кабель USB или Ethernet-интерфейс. Система измерений ЦАИС-3004-12(14) разработана специально для работы с ГИН.

### **Характеристики измерительной аналитической системы**

- Разрешение 12 бит или 14 бит при 100 изм./сек.
- Автоматическая/ручная обработка всех основных параметров импульса.
- Формирование протоколов испытаний и оформление в соответствии с требованиями Заказчика.
- Простой и удобный графический интерфейс пользователя
- Функциональные возможности программного обеспечения, такие как БПФ, сравнение, сглаживание и т.д.
- Соответствие стандартам ГОСТ 1516, ГОСТ Р 55195, МЭК61083, МЭК60060, МЭК60076.
- 2 отдельных канала, выбор канала 1 или канала 2, внешний триггер
- Пользователь может сохранять испытательные параметры разных испытательных объектов в автоматически создаваемых файлах.
- Можно установить частоту дискретизации, макс. 100 изм./сек.
- Максимальное входное напряжение 1.5 кВ или 2 кВ.
- Защита от перенапряжения 5 кВ (1.2/50 мкс.).
- Оптоволоконная развязка

### **Технические характеристики**

#### **Автоматическая система управления АСУ-2001**

Монитор:	промышленный TFT 23.5' с сенсорным экраном
Оперативная память:	≥4 Гб
Жесткий диск:	≥500 Гб
Операционная система:	Window 7
Плата ввода/вывода:	Mitsubishi PLC
АЦП:	Mitsubishi PLC
ЦАП:	Mitsubishi PLC
Количество измерительных каналов:	4
Погрешность АЦП:	0.5% (16 бит)
Испытательное напряжение:	5 кВ постоянного тока

#### **Условия эксплуатации**

Напряжение питания:	70 В-270 В
Относительная влажность:	10-95%
Температурный диапазон:	10-50°C

#### **Цифровая измерительная аналитическая система ЦАИС-3004-14**

Количество каналов:	2 независимых канала
Принтер:	Цветной лазерный (опционально)
Монитор:	встроенный TFT 22'
Память:	1 Гб или более
Жесткий диск	500 Гб или более

Операционная система:	Window XP или Window 7
Защита от перенапряжения:	2 кВ
Испытательное напряжение:	5 кВ постоянного тока

#### Параметры входного сигнала

Вход:	LEMO 75 Ом
Входное напряжение:	1.5 В-1500 В
Диапазон выбора входных каналов:	автоматически
Защита от перенапряжения:	2 кВ
Входное сопротивление:	2 МОм/20 пФ
Частота дискретизации аналогового сигнала:	50 МГц на каждый канал
Синхронизация:	канал1, канал2 либо дополнительный

#### Обработка данных

Разрешение:	14 бит
Частота дискретизации:	100 изм./сек. (макс.)
Дискретность измерений:	1-9999 мсек.
Погрешность:	$\pm 2\%$ T1, T2, Tc / $\pm 1\%$ T1, T2, Tc (14 бит)

#### Условия эксплуатации:

Напряжение питания:	70 В-270 В
Относительная влажность:	10-95%
Температурный диапазон:	10-50°C

#### Комплектность испытательной системы

##### ◆ ГИН и зарядное устройство

Наименование	Количество	Примечания
Рама	1	
Изоляционная опора и соединитель	24	По одному устройству на каждый каскад
Стеклоэпоксидная труба	9	
Смотровое окно	24	
Медный электрод разрядника	48	200 мм
Воздушный компрессор	1	600 Вт
Воздушный фильтр	1	Устанавливается в основной изоляционной трубе разрядной системы, удаляет пыль, грязь, ионизированный воздух во время работы оборудования
Импульсный конденсатор	48	2 шт. на каскад 2 мкФ/150 кВ
Крепеж к импульсному конденсатору	48	2 шт. на каскад
Крепеж к резистору		
Фронтальной резистор	24	1 шт. на каскад
Волновой резистор	24	1 шт. на каскад (включая поджигающий разрядник)
Разрядник со сферическими электродами и с поджигающим электродом	1	



Разрядники со сферическими электродами	23	
Экран	1	
Пусковое устройство	1	20 кВ
Поджигающий конденсатор	1	300 кВ 1000 пФ
Конденсатор связи для запуска срезающего устройства	1	300 кВ 1000 пФ
Пусковой резистор	1	800 Ом 50 кВ
Зарядный резистор	49	
Фронтной резистор грозового импульса	25	15 Ом
Фронтной резистор грозового импульса	25	40 Ом
Фронтной резистор грозового импульса	25	80 Ом
Волновой резистор грозового импульса	25	68 Ом
Волновой резистор грозового импульса	25	250 Ом
Волновой резистор грозового импульса	25	500 Ом
Внешний фронтной резистор коммутационного импульса	8	5 кОм-180 кОм имеет множество выводов
Волновой резистор коммутационного импульса	25	5 кОм
Волновой резистор коммутационного импульса	25	25 кОм
Главный мотор- редуктор для регулирования разрядного промежутка	1	
Вторичный редуктор и соединительный вал разрядника со сферическими электродами	24	1 шт. на каждый каскад
Установочные и соединительные элементы для конденсатора	24	1 шт. на каждый каскад
Резистивный делитель	2	300 кВ 300 М
Короткозамыкатель	20	Для закорачивания конденсаторов
Верхний соединительный щит	1	Устанавливается в верхней части ГИН
Устройство заземления	1	Для заземления всех конденсаторов
Зарядный трансформатор	1	50 кВА 0.38 кВ/125 кВ
Изолирующий трансформатор	1	50 кВА 0.38 кВ/0.4 кВ
Разрядный резистор	4	4 шт. на установку
Автоматический заземлитель	2	
Автоматическое устройство для переключения полярности	1	
Воздушная подушка	1	AeroGo 30 т

◆ Делитель напряжения со слабым затуханием

Наименование	Количество	Примечания
Высоковольтный конденсатор со слабым затуханием	6	1200 кВ, 2400 пФ каждый
Передвижная рама с колесами	1	

Низковольтное плечо с разъемом LEMO	2	1 кВ, 2.4 мкФ/0.4 мкФ
Верхний экран	1	
Промежуточный экран	5	
Изоляционная опора	4	6 кВ
Изоляционная штанга	4	

◆ **Автоматическое срезающее многоразрядное устройство**

Наименование	Количество	Примечания
Рама	1	
Изоляционная опора и соединитель	16	1 шт. на каскад
Стеклоэпоксидная труба с фланцем	8	
Разделительный конденсатор напряжения	8	600 кВ 4800 пФ
Разделительный резистор	16	
Медный шаровый электрод	32	250 мм
Верхний экран	1	
Промежуточный экран	2	
Электронное срезающее устройство	1	2-6 мкс

◆ **Автоматическая система управления и измерения**

Измерительный кабель	2	20 м каждый
Промышленный монитор	1	
ПК: Core 2.0; память 2Гб; жесткий диск 500Г; LCD дисплей 21.5"	1	
Панель управления	1	
Компьютер низкого уровня	1	
Осцилограф 12 бит	1	12 бит 100 изм./сек 2 канала
Устройство поджига	1	
Оптоэлектронный преобразователь	2	
Оптоэлектронный кабель	1	30 м
Изолирующий трансформатор	3	600 Вт
Автоматическая система управления PLC-контроллер (включая все вторичные преобразователи главной испытательной цепи, предохранители, главные выключатели, тиристоры)	1	Mitsubishi PLC
Коаксиальный кабель управления	1	100 м
Устройство поджига	1	
Резистор ограничения тока заряда	2	2 Ом/20 Ом
Зарядный модуль IGBT	2	400 В
Лампа аварийной сигнализации	1	220 В

◆ **Сглаживающая цепь**

Индуктивность	2	200 кВ 100 мГн
Резистор	1	300 кВ 50 Ом

Резистор	1	300 кВ 100 Ом
Резистор	1	300 кВ 200 Ом
Резистор	1	300 кВ 400 Ом

◆ Шунт

Шунт	1	1000 В 0.5 Ом
Шунт	1	1000 В 0.1 Ом
Шунт	1	1000 В 0.05 Ом