



**Система испытания диэлектрической прочности изоляции  
напряжением постоянного тока ГПТ-1600/25**



## 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. Мы выпускаем испытательные системы для применения в лабораторных условиях, для научно-исследовательских целей, в промышленных условиях и на объектах.

## Область применения

Система испытания изоляции с контролем токов утечки ГПТ напряжением постоянного тока предназначена для проведения испытаний силовых выпрямительных модулей, кабелей, высоковольтных выводов, генераторов и другого электротехнического оборудования в «полевых условиях» и стационарно. Модели до 120кВ представляют собой моноблочную конструкцию, оснащены входным кабелем. Модели класса напряжения свыше 120кВ представляют собой конструкцию, состоящую из двух частей, оснащены кабелем питания, соединительным кабелем и высоковольтным выходным кабелем. В пульте управления имеется отсек для хранения кабелей.

Установка для испытания ИПТ постоянного тока оснащена киловольтметром, показания которого не зависят от значений тока нагрузки. Отображаются точные значения тока и напряжения, так как параметры напряжения считываются напрямую на выходе высоковольтного трансформатора, параметры тока на входе высоковольтного трансформатора. При отключении напряжения объект испытаний и высоковольтный трансформатор разряжаются. Используется двухполупериодная схемы выпрямления с каскадом умножения.

### 1. Модель:

ГПТ-1600/25, выходное напряжение постоянного тока  $\pm 1600$ кВ, ток 25мА

### 2. Условия эксплуатации

Место эксплуатации: в помещении

Высота над уровнем моря: <1000 м

Максимальная температура: 40 ° С

Средняя температура 25 ° С

Максимальная влажность: до 90% (без конденсации)

### 3. Технические характеристики

3.1 Номинальное напряжение:  $\pm 1600$  кВ

3.2 Номинальный ток: 25 мА

3.3 Коэффициент пульсации: <3%

3.4 Погрешность измерения напряжения: <3%

3.5 Изменение полярности высоковольтного выпрямителя: ручное или автоматическое

Время изменения полярности : ~ 5 с

3.6 Время изменения полярности выходного напряжения: <120 с

3.7 Резистивный делитель напряжения:

Номинальное напряжение:  $\pm 1600$  кВ,

Номинальный ток: 1 мА.

### 3.8 Конденсатор связи:

Номинальное напряжение:  $\pm 1600$  кВ,

Номинальная емкость: 300 пФ.

3.9 Контрольно-измерительная система: интеллектуальная система управления с ручными и автоматическим управлением, отвечающая требованиям измерения и испытания высоким напряжением.

3.10 Умножитель высоковольтный, зарядный трансформатор и комбинированное устройство установлены вместе на площадке воздушной подушки, для перемещения в испытательном зале.

3.11 Давление воздуха для подачи в воздушную подушку: 0,6 МПа.

## 4. Конструкция ГПТ

### 4.1 Составные элементы

Генератор постоянного тока состоит из четырех частей:

1. Основная часть - умножитель: состоит из основания, конденсаторов постоянного тока, зарядного конденсатора, выпрямителей, делителя напряжения, конденсатора связи, заземлителя, верхнего электрода и т. д.

2. Токоограничивающие резисторы: состоят из токоограничивающих резисторов для зарядного трансформатора, для умножителя и для объекта испытаний.

3. Источник питания: состоит из зарядного трансформатора, регулятора напряжения и распределительного щита.

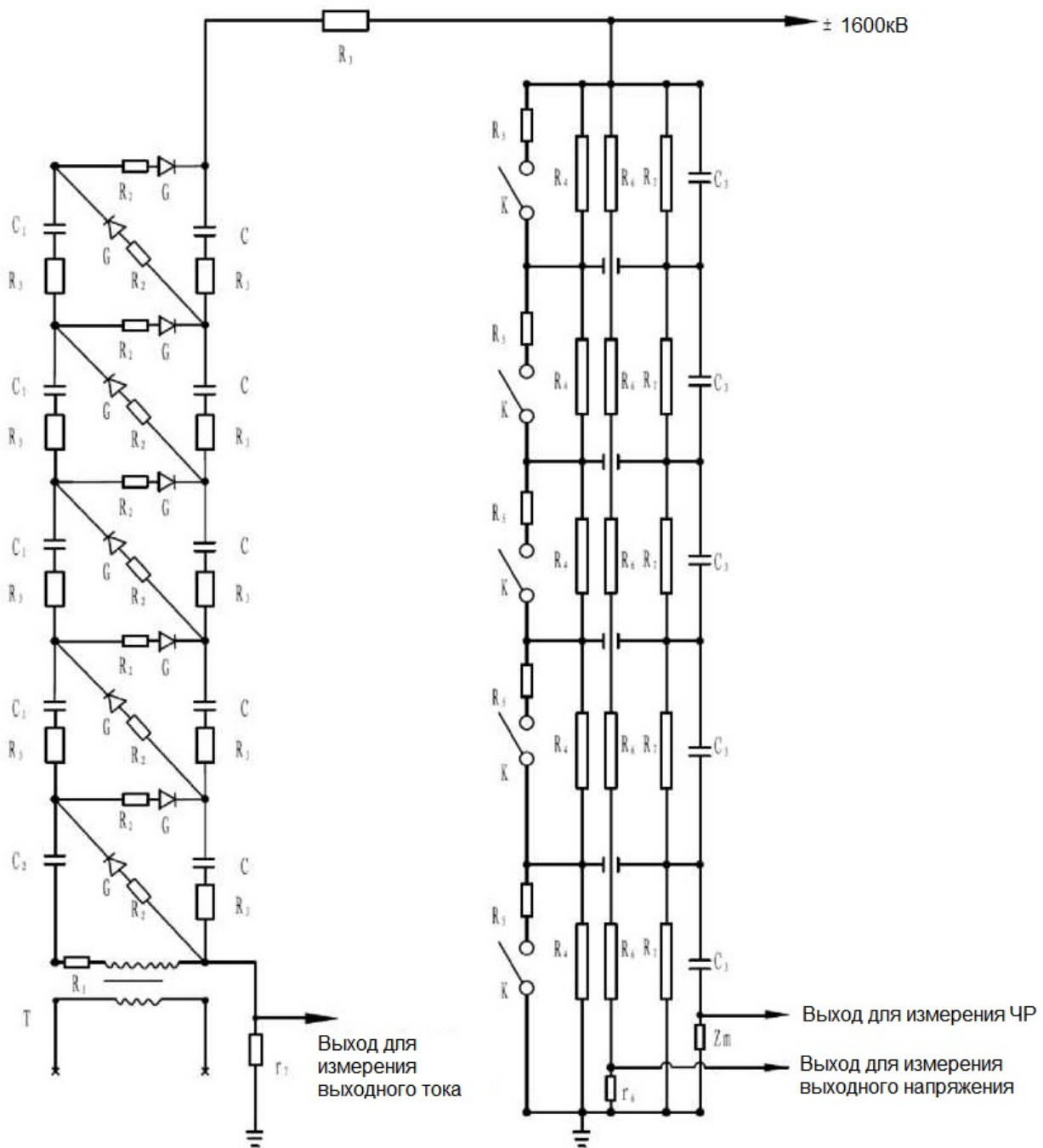
4. Контрольно-измерительная система: состоит из изолирующего источника питания, промышленного управляющего компьютера, главного шкафа управления питанием, встроенного шкафа управления ПЛК, волоконно-оптических приемопередающих модулей, устройств сбора данных о напряжении и токе, принтера, и т.п.

### 4.2 Описание

Генератор имеет пятиступенчатую однокаскадную конструкцию (см. Рис.1, Рис.2 и Рис.3). Высоковольтные выпрямители подвешены между колонами с конденсаторами переменного и постоянного тока. Токоограничивающие резисторы на умножителе разделены на несколько секций, которые соединены последовательно с каждым конденсатором высокого напряжения. Комбинированные устройства: резистивный делитель, заземлитель, конденсатор связи. Умножитель и комбинированные устройства размещены на площадке воздушной подушки. Зарядный трансформатор размещен на том же месте. Вся установка может быть свободно перемещена в любое место в испытательном зале.

Контрольно-измерительная система: коммутатор, обмен данными и сбор сигналов осуществляются с помощью оптического волокна; Система оснащена автоматическим и ручным режимами работы.

### 4.3 Электрическая схема



- $C$  - колонна конденсаторов постоянного тока
- $C_1$  - колонна конденсаторов переменного тока
- $C_2$  - зарядный конденсатор
- $C_3$  - конденсатор связи для измерения ЧР
- $G$  - высоковольтный выпрямитель
- $T$  - зарядный трансформатор
- $K$  - заземлитель быстродействующий
- $R_1, R_2, R_3, R_5$  - токоограничивающие резисторы
- $R_4, R_7$  - выравнивающие резисторы
- $R_6$  - резисторы высоковольтного плеча
- $r_6, r_7$  - резистор низковольтного плеча и резистор - шунт измерения тока
- $Z_m$  - низковольтное плечо для измерения ЧР

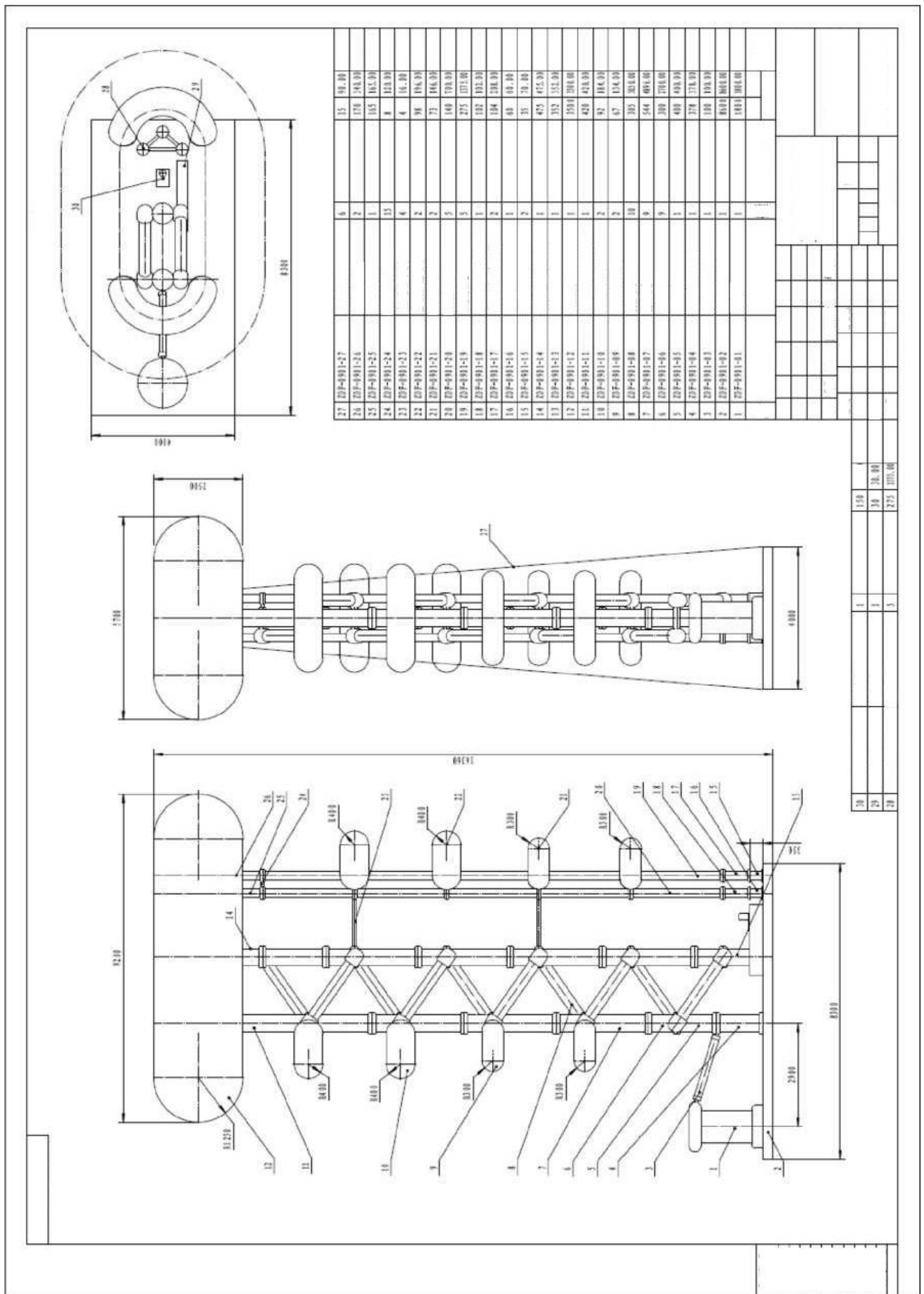


Рисунок 2: Габаритные размеры генератора постоянного напряжения  $\pm 1600$  кВ / 25 МА

Габаритные размеры: длина 9,2 м, ширина 5,7 м, высота около 16,4 м. Общий вес: около 36т

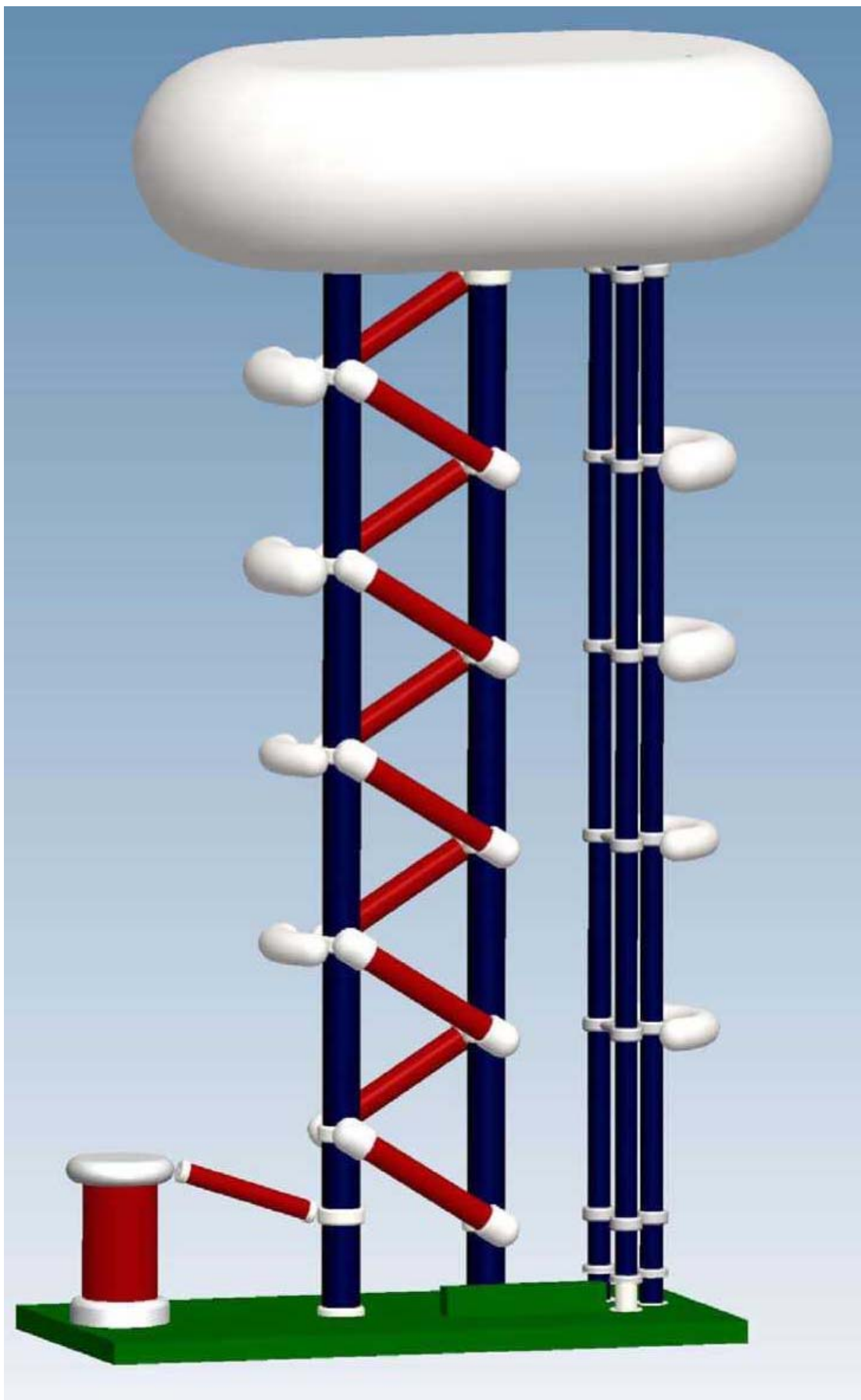


Рисунок 3: Конструкция генератора постоянного напряжения  $\pm 1600$  кВ / 25 мА

## 5. Компоненты и их характеристики

### 5.1 Основная часть - умножитель

#### 5.1.1 Высоковольтные конденсаторы на рис.1:

$C$  в DC колонне конденсаторов,  $C = 0.16\text{мкФ}$ ,  $U_c = 320\text{кВ}$ ;

$C_1$  в AC колонне конденсаторов,  $C_1 = 0.16\text{мкФ}$ ,  $U_{c1} = 320\text{кВ}$ ;

$C_2$  - зарядный конденсатор,  $C_2 = 0.32\text{мкФ}$ ,  $U_{c2} = 160\text{кВ}$ .

Фланцы конденсатора имеют гладкую, закругленную, хромированную поверхность.

Корпус выполнен из эпоксидной изоляционной трубы.

#### 5.1.2 Высоковольтный выпрямитель

Номинальное напряжение:  $U_K = 320\text{кВ}$

Номинальный ток:  $I_K = 1\text{А}$

Чтобы обеспечить безопасную работу без повреждений, высоковольтный выпрямитель оснащен RC-цепочкой, показанной на рисунке 4.:

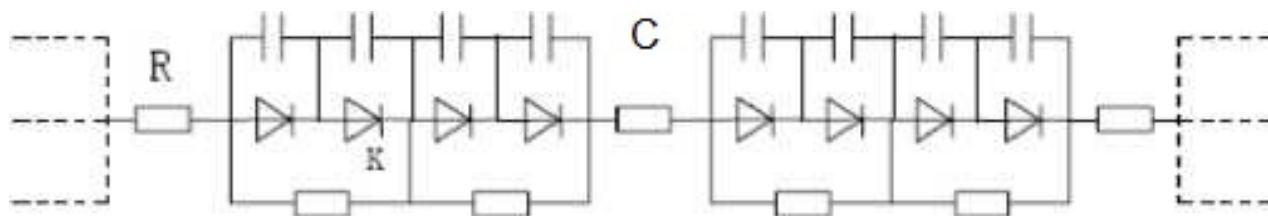


Рисунок 4: Схема высоковольтного выпрямителя

К- Диод

С - выравнивающий конденсатор

R- токоограничивающий резистор r- выравнивающий резистор

Реверс полярности высоковольтного выпрямителя выполняется гидравлической системой, которая может управляться автоматически и вручную.

Время изменения полярности составляет  $<5\text{ с}$ .

#### 5.1.3 Воздушная подушка

Воздушная подушка состоит из основания, воздушных подушек и других компонентов. Основание изготовлено из профильной стали. Восемь воздушных подушек с клапанами контроля давления, воздушными трубопроводами и манометрами установлены под основанием. Расход воздуха составляет  $15\text{ м}^3/\text{мин}$ , давление -  $0,6\text{ МПа}$ . Несущая способность больше  $2\text{ кг}/\text{см}^2$ . Поверхность пола должна быть гладкой, горизонтальная плоскостность  $<1\%$ .

Габаритные размеры воздушной подушки:  $8300\text{мм} * 4000\text{мм} * 350\text{мм}$ .

Вес: около  $8,6\text{ т}$

#### 5.1.4 Верхний электрод

Верхний электрод предназначен для распределения электрического поля в верхней части генератора и для экранирования его нижних компонентов. Изготовлен из антикоррозионного алюминиевого сплава.

Габаритные размеры верхнего электрода: 9200 мм \* 5700 мм \* 2500 мм, радиус кривизны: 1250 мм

#### 5.1.5 Делитель напряжения

Номинальное напряжение :  $\pm 1600$ кВ

Сопротивление высоковольтного плеча: 1600 МОм

Номинальный ток: 1мА

Погрешность коэффициента деления: <1%

Конструкция: Делитель маслonaполненный. Резистор плеча ВН разделен на две группы: внутренняя для измерения, наружная - для выравнивания и экранирования.

Корпус выполнен из изоляционной трубки.

#### 5.1.6 Конденсатор связи (с резисторами внутри включенными параллельно)

Номинальное напряжение:  $\pm 1600$ кВ

Номинальная емкость: 300пФ

Конструкция: Конденсатор связи маслonaполненный состоит из конденсаторов соединенных последовательно. Корпус выполнен из изоляционной трубки.

#### 5.1.7 Заземлитель быстродействующий

Номинальное напряжение:  $\pm 1600$ кВ

Время включения и выключения: <5с

Заземлитель быстродействующий может управляться автоматически пневматическим приводом и вручную. Необходимо обеспечить источником сжатого воздуха.

Заземлитель быстродействующий состоит из нескольких последовательно соединенных ступеней выключателей, включенных последовательно.

### 5.2 Токоограничивающие резисторы

Токоограничивающие резисторы установлены для зарядного трансформатора, на умножителе и на объекте испытаний.

Сопротивление токоограничивающего резистора для зарядного трансформатора составляет около 1 кОм;

Сопротивление токоограничивающего резистора для умножителя составляет около 100 кОм.

### 5.3 Источник питания

#### 5.3.1 Регулятор напряжения

Мощность:  $P_T=85$  кВА

Рабочая частота: 50Гц, однофазный

Входное напряжение:  $U_{T2}=380$ В

Выходное напряжение:  $U_{T2} = 0 \sim 650$ В

Выходной ток: 131А



Охлаждение: естественная циркуляция масла.  
Способ регулирования напряжения: сервопривод.

### 5.3.2 Зарядный трансформатор

Мощность:  $P_B = 80$  кВА;

Рабочая частота: 50Гц, однофазный;

Сторона ВН: напряжение  $U_2 = 160$ кВ, Ток  $I_2 = 0.5$ А;

Сторона НН: напряжение  $U_1 = 0 \sim 600$  В, Ток  $I_1 = 133$ А;

Охлаждение: естественная циркуляция масла;

Режим работы: 60мин при номинальном напряжении;

Непрерывный режим работы при 80% номинального напряжения.

## 6. Автоматическая система управления и измерения АСУИ-ГПТ

Контрольно-измерительная система типа АСУИ-ГПТ - это интеллектуальная система управления нового поколения, разработанная нашей компанией специально для испытания высоковольтных источников постоянного тока. Для проектирования системы применяются новые технологии, такие как волоконно-оптическая связь, построение самовосстанавливающейся замкнутой топологии, дублирующие аппаратные средства и программное обеспечение и т.д. Контрольно-измерительная система обладает множеством функций, таких как ручное и автоматическое управление, измерение, отображение, защита и т. д.

### 6.1 Состав и блок-схема

Система управления и измерения состоит из синусоидального изолирующего источника питания, промышленного компьютера для управления, распределительного шкафа, В шкафу установлен PLC контроллер для управления, волоконно-оптический модуль приемопередатчика, устройство сбора данных о напряжении и токе, принтер и т.д (рис.5).

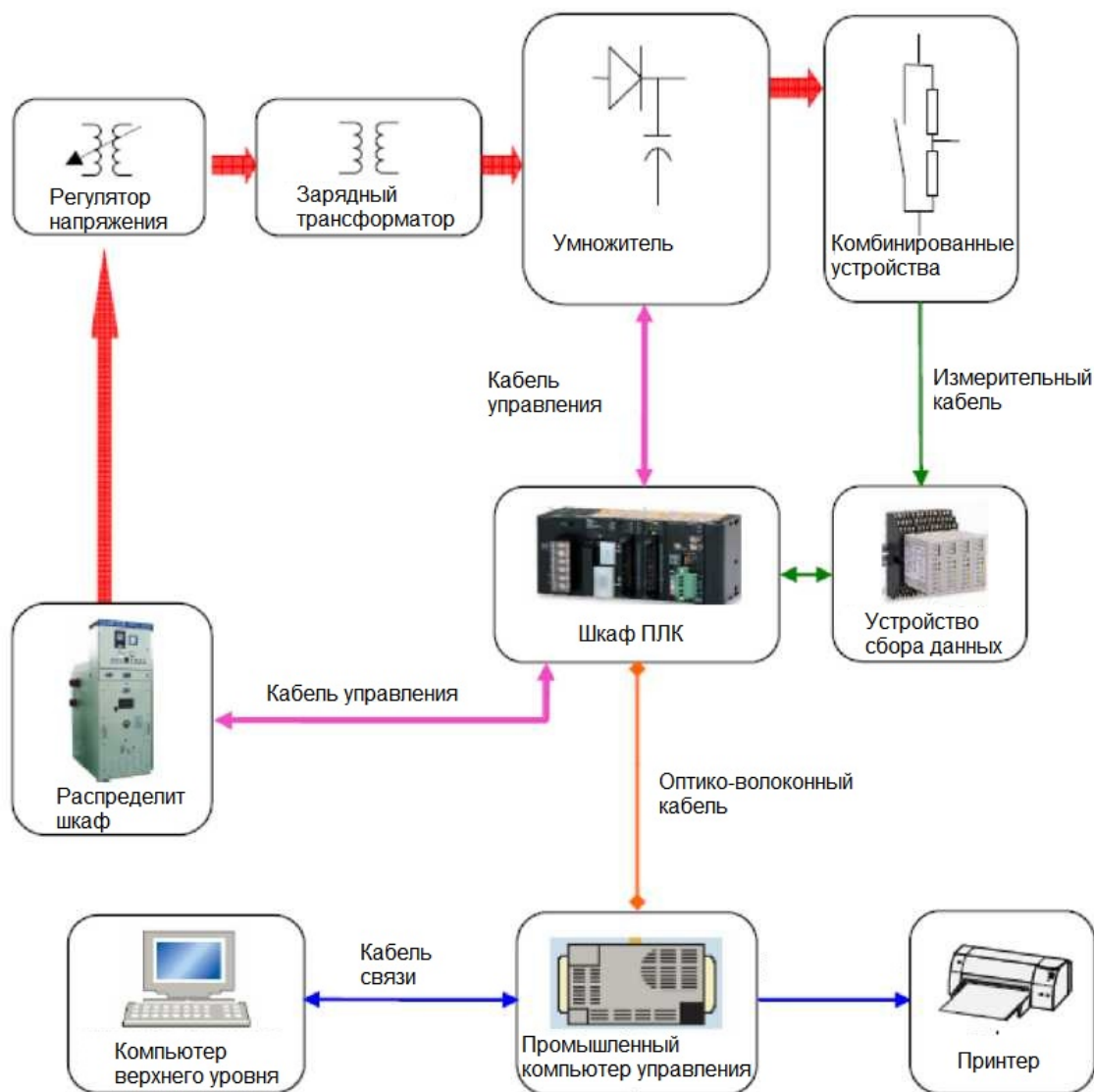


Рис. 5: Блок-схема контрольно-измерительной системы

Программируемый логический контроллер (ПЛК), используемый для управления, размещаются на ГПТ для передачи команд управления, передачи измерительных сигналов и обмена данными. Промышленный компьютер управления, установленный в диспетчерской, осуществляет связь с ПЛК, передачу команд, получение сигналов и анализ данных. Все управляющие и измерительные сигналы между пультом управления и ПЛК передаются по оптоволоконному кабелю для обеспечения высокой устойчивостью к помехам и безопасностью в работе. Устройство сбора данных состоит из плат сбора данных, подключенных к шине PC104, и используется для измерения амплитуд и форм выходного напряжения и тока постоянного тока. Все измеренные данные передаются по оптоволоконному кабелю на промышленный компьютер для хранения данных и анализа формы сигнала, которые при необходимости могут быть воспроизведены и распечатаны.

Программное обеспечение промышленного управляющего компьютера разработано на основе операционной системы Windows, что обеспечивает стабильную, надежную работу контрольно-измерительной системы и простоту использования, обслуживания и обновления программного обеспечения. Интерфейс RS232, 422 или 485 в компьютере служат для связи, контроля и управления. Пульт управления состоит из специального помехозащищенного

шкафа, с эргономикой для оператора ( рис. 6)



Рис.6 : Пульт управления

## 6.2 Технические характеристики

### 6.2.1 Выходное выпрямленное напряжение

Диапазон настройки: 0— ± 1600 кВ

Диапазон регулирования: ± 50 ~ 1600 кВ, регулируемый

Точность настройки: 1 кВ

Диапазон измерения: 0— ± 1600 кВ

Точность: 1 кВ

### 6.2.2 Выходной выпрямленный ток

Диапазон измерения: 0~±25 мА

Точность: 0.1 мА

### 6.2.3. Время приложения напряжения

Диапазон настройки: 1 мин~6 часов

Точность настройки: 1 мин

Точность измерения: 1 мин

### 6.2.4 Погрешность измерений

Измерение напряжения: менее 3%

Измерение тока: менее 3 %

## 6.3 Основные функции

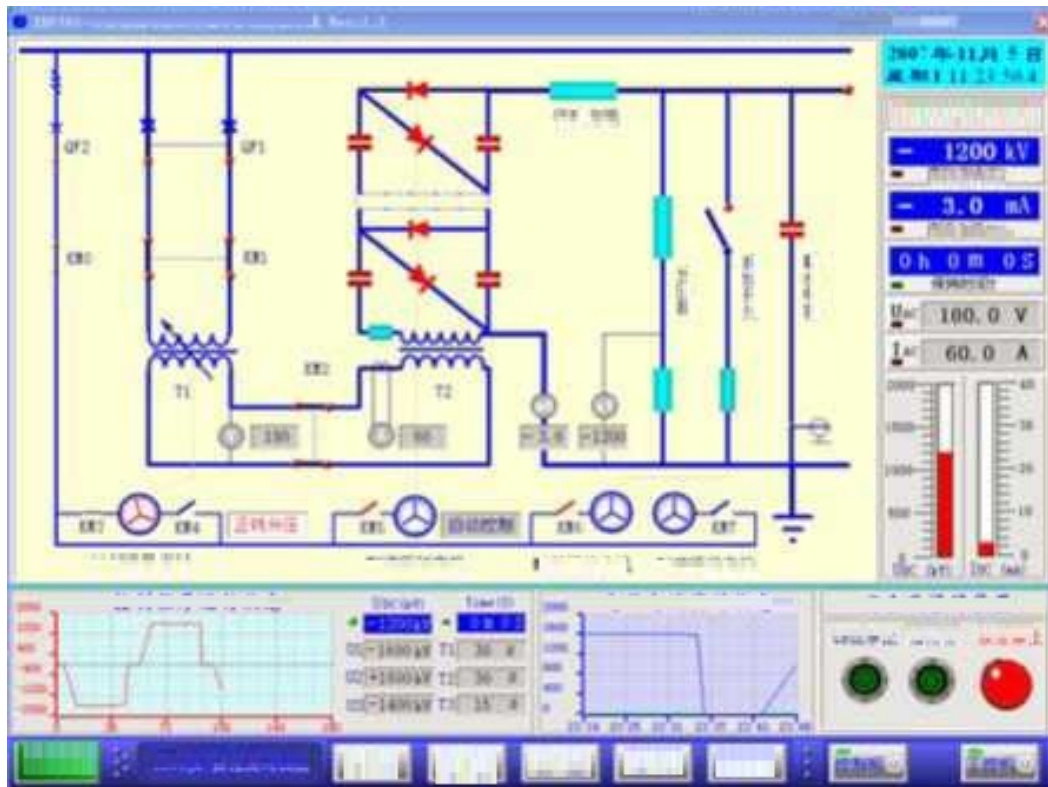


Рисунок 7 Экран компьютера

### 6.3.1 Управление и контроль

- Ручной и автоматический режимы работы. Режим работы выбирается с помощью переключателя.

Ручное управление осуществляется операторами, кнопками на панели управления, действия которых отображаются на экране промышленного управляющего компьютера, который управляет переключателем источника питания, переключателем заземлителя, повышением и понижением напряжения регулятора, изменением полярности, аварийным остановом или отключением. и т. д. и осуществляет мониторинг и контроль в режиме реального времени.

Автоматическая работа выполняется программным обеспечением в соответствии с параметрами и программой испытаний, предварительно установленными оператором.

- Предустановка параметров. Оператор может предварительно установить параметры испытаний, такие как полярность выходного напряжения, значение испытательного напряжения, время приложения напряжения, аварийные напряжение и ток, предел напряжения и тока и т.д.
- Автоматический процесс зарядки. Зарядное напряжение и время автоматически контролируются в соответствии с требованиями испытаний.
- Программное обеспечение. Персонал имеет доступ только для создания нового пользователя или изменения пароля пользователя и возможность управлять испытательной системой. Настройки управления имеет право изменять только администратор.

### 6.3.2 Измерение

- Запись данных измерений. Измеряются и сохраняются в файлах выходное напряжение постоянного тока, выходной ток, входное напряжение и входной ток переменного тока.
- Формирование и анализ формы сигнала. Измеренные данные формируются в виде сигналов, сохраняемых в файлах записей вручную или автоматически. Форма сигнала может быть воспроизведена и распечатана.
- Отчет об измерениях. Измеренные данные и файлы записей сигналов автоматически компилируются в отчеты об измерениях, а затем отчеты могут быть распечатаны.



Рисунок 8: Пульт управления

### 6.3.3 Отображение данных

- Отображение измеренного значения. Измеренные значения с указанием полярности выходного выпрямленного напряжения и тока, а также значения входного напряжения и тока переменного тока отображаются на экране промышленного управляющего компьютера и на приборах пульта управления в режиме реального времени.
- Отображение режима работы в режиме реального времени на экране. Режим работы главной цепи и устройств соответственно отображаются на экране в режиме реального времени. Отображаются состояние: включение или выключение устройств, таких как распределительный шкаф источника питания, регулятора напряжения, зарядного трансформатора, гидравлической системы, пневматического устройства, заземлителя и т.д., изменение полярности высоковольтных выпрямителей, шаг регулирования повышения и понижения напряжения, время выдержки испытательного напряжения, пределы напряжения и тока, состояние защиты и т.д. Режим и параметры в реальном времени, отображаемые на экране, могут быть записаны и распечатаны.
- Индикаторные лампы кнопок управления пульте управления. Световые индикаторы кнопок на пульте управления отображают в реальном времени режим работы соответствующих

устройств, таких как источник питания, регулятора напряжения, зарядного трансформатора, повышение или понижение напряжения, положительная или отрицательная полярность высоковольтных выпрямителей, состояние заземлителя и т.д.

#### 6.3.4 Защиты

- Защита от сверхтока. Автоматическая сигнализация и аварийное отключение в соответствии с заданным значением максимального тока.
- Защита от перенапряжения. Автоматическая сигнализация и аварийное отключение в соответствии с заданным значением максимального напряжения.
- Блокировки. Дверь на зону испытаний, заземлитель, регулятор полярности и т.д. снабжены блокировкой для защиты персонала.
- Аварийная сигнализация и отключение. Установлены сигнальная лампа, предупреждающий звонок, кнопка аварийного останова и т.д. В соответствии с классификацией и уровнем опасности, программное обеспечение защиты автоматически активирует соответствующую предустановленную программу для немедленных противоаварийных действий, открывает окно автоматического предупреждения и отображает состояние аварии.
- Сохранение состояния защиты. Записи срабатываний защиты от перенапряжения, защиты от перегрузки по току, окна предупреждения, аварийного состояния и т.д. хранятся, воспроизводятся и распечатываются.

#### 6.3.5 Дополнительные функции

- Порты вывода напряжения и тока. Выходные порты для аналогового напряжения и тока постоянного тока и т.д. служат для соединения измерительной системы с другим устройством сбора данных или измерительным прибором для одновременного измерения.
- Компьютерный интерфейс. Интерфейс RS232, 422 или 485 служат для соединения промышленного управляющего компьютера с другим компьютером или интеллектуальным управляющим устройством для связи, обмена данными и связи, мониторинга и управления.
- Дополнительные порты защит. Имеются дополнительные порты защитных устройств, такие как блокировка, сигнальная лампа, предупредительный звонок и т. д.

#### 6.3.6 Автоматическое самовосстановление и диагностика.

- Интеллектуальное управление. Система управления оснащена функциями самодиагностики, самоконтроля и самовосстановления для простоты обслуживания и эксплуатации.
- Самовосстанавливающаяся замкнутая топология. Волоконно-оптическая система связи спроектирована с самовосстанавливающейся замкнутой топологией для обеспечения безопасной и надежной работы.
- Взаимное дублирование. Программное обеспечение и аппаратные средства выполнены с взаимным дублированием, чтобы эффективно избежать аварий, вызванных повреждением основных компонентов во время испытаний, повысить надежность оборудования и сократить время ремонта поврежденных устройств.

#### 6.3.7 Функции помощи в режиме реального времени

- Кнопка справки. Необходимую справочную информацию можно получить, нажав на кнопку справки соответствующего окна.
- Окно или кнопка помощи. Если навести курсор мыши на требуемое окно или кнопку помощи, система отобразит соответствующую справку. Операторы, мало знакомые с

системой, могут пошагово выполнить операцию испытания в соответствии с подсказками помощи в реальном времени на экране

## 7. Комплектность и ЗИП генератора постоянного напряжения ГПТ± 1600кВ/ 25МА.

### Составные части ГПТ:

1. Умножитель
2. Комбинированные устройства
3. Токоограничивающие резисторы
4. Автоматическая система управления и измерения
5. Источник питания

№.	Составная часть	Наименование	Кол-во
1	Умножитель	Колонна конденсаторов переменного и постоянного ток 320кВ/0.16мкФ	9 шт
2		Зарядный конденсатор, 160кВ/0.32мкФ	1 шт
3		Изоляционные трубы, 400кВ	4 шт
4		Высоковольтные выпрямители, 320кВ/1А	10 шт
5		Гидравлическая система (гидростанция, распределитель, клапаны, трубопроводы и тд.)	1 компл
6		Верхний электрод, боковые электроды	1 компл
7		Воздушная подушка	1 компл
8		Делитель напряжения, 1600кВ	1 компл
9		Конденсатор связи, 1600кВ	1 компл
10		Заземлитель быстродействующий, 1600кВ	1 компл
11		Пневматическая система	1 компл
12	Токоограничивающие резисторы	Сопротивление токоограничивающего резистора зарядного трансформатора около 1 кОм; Сопротивление токоограничивающего резистора умножителя около 100 кОм.	1 компл
13	Автоматическая система управления и измерения	Пульт управления	1 компл
14		Шкаф ПЛК и шкаф управления питанием	1 компл
15		Оптоволокно, кабель и др.	1 компл
16	Источник питания	Регулятор напряжения, 85 кВА	1 шт
17		Зарядный трансформатор, 80 кВА	1 шт

## 8. Фото ГПТ



ГПТ- 2250кВ/35МА



ГПТ- 2000кВ/30МА



ГПТ- 2000кВ/30МА



ГПТ- 2000кВ/500МА



## Варианты исполнений

№.	Тип
1	ГПТ- 2000 кВ/30 мА
2	ГПТ-1600 кВ/30 мА
3	ГПТ- 600кВ/50мА (Наружной установки)
4	ГПТ-2000кВ/30мА (Наружной установки)
5	ГПТ- 1200кВ/25мА
6	ГПТ-1400кВ/20мА
7	ГПТ -1500 кВ/100 мА +1000кВ/100 мА (Наружной установки)
8	ГПТ -2400кВ/300мА
9	ГПТ -2000кВ/500мА
10	ГПТ +800кВ/50мА (Наружной установки)
	ГПТ -800кВ/50 мА (Наружной установки)
11	ГПТ- 500кВ/15мА
12	ГПТ- 2250кВ/35мА
13	ГПТ- 1000кВ/100мА
14	ГПТ- 2000кВ/75мА
15	ГПТ- 1200кВ/400мА