



ЭЛЕКТРОМАШ
НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ



Резонансная испытательная система переменного тока с подстраиваемой индуктивностью РИСи-12000/400

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

Основой резонансной испытательной системы является высоковольтный реактор с переменной регулируемой индуктивностью и трансформатор-возбудитель малой мощности. Высоковольтный реактор с переменной индуктивностью применяется для настройки в резонанс с емкостью объекта испытаний при неизменной рабочей частоте. В этом случае образуется резонансный контур, позволяющий проводить высоковольтные испытания приложенным напряжением.

Резонансная испытательная система предназначена для проведения высоковольтных испытаний объектов с большой емкостью, таких как силовые кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена, генераторы, высоковольтные вводы, конденсаторы, измерительные трансформаторы напряжения, КРУЭ в «полевых условиях» после монтажа перед включением. В резонансной испытательной системе используется последовательное и параллельное соединения реакторов, что позволяет расширить область применения согласно ГОСТ 1516, ГОСТ Р 55295.

Состав системы:

1. РРВ-12000/400	Высоковольтный реактор цилиндрической формы с регулируемой переменной индуктивностью
2. ФПВ-400	Высоковольтный фильтр помех (также емкостный делитель напряжения)
3. ТВ-500/0.6/16	Трансформатор-возбудитель
4. РН-500/0.38/0-0.65	Регулятор напряжения
5. ФПН-500/0.6	Низковольтный фильтр
6. ШРН-12	Низковольтный распределительный шкаф
7. АСУ-2000	Цифровая автоматическая система управления и измерения
8. ТИ-500/24/0.38	Изолирующий трансформатор
9. Высоковольтный кабель длиной 10 м, кабель управления, измерительный и силовой кабель.	

Условия эксплуатации оборудования

Высота над уровнем моря	≤ 1000 метров
-------------------------	---------------

Рабочая температура высоковольтных компонентов	-10 °С ÷ +45°С
Относительная влажность воздуха в основном зале	< 90% (при 20°С, без конденсации)
Максимальные суточные колебания температуры	≤ 30°С
Температура хранения и транспортировки	-10 °С ÷ +50°С
Должно быть обеспечено надежное заземление с сопротивлением цепи заземления < 0,5 Ом	
Форма переменного напряжения питания должна быть синусоидальной с коэффициентом нелинейных искажений < 3%	
Фоновый частичный разряд	<2пКл

Общие технические характеристики

Модель: РИСи-12000/400

Номинальное входное напряжение:	380 В (линейное)
Номинальная частота:	50 Гц
Количество фаз:	Однофазная система
Номинальная мощность:	12000 кВА
Номинальное выходное напряжение:	400 кВ
Номинальный выходной ток:	30 А
Режим работы:	При 100% $U_{ном.}$, $I_{ном.}$ работа в течение 1 часа, 8 циклов в день. При 80% $U_{ном.}$, 50% $I_{ном.}$ непрерывная работа. Температура перегрева обмоток трансформатора ≤65С, температура перегрева масла ≤55С.
Уровень частичных разрядов	≤ 2 пКл
Коэффициент нелинейных искажений:	≤ 3%
Добротность системы:	>25
Диапазон регулирования индуктивности:	>1:20
Способ охлаждения:	естественное масляное/естественное воздушное охлаждение
Уровень шума:	<75 дБ (на расстоянии 4м от установки)
Испытательное напряжение:	1.1 $U_{ном.}$ в течение 1 мин
Эксплуатация оборудования:	В помещении

1. Высоковольтный реактор с переменной регулируемой индуктивностью:

Модель: РРВ-12000/400

Конструкция:	Цилиндрической формы, маслonaполненный, естественное охлаждение, с регулируемой индуктивностью
Номинальное выходное напряжение:	400 кВ
Номинальный выходной ток:	30 А
Номинальная частота:	50 Гц
Количество фаз:	Однофазный
Диапазон индуктивности:	42.41 Гн - 848.2 Гн

Диапазон регулирования индуктивности:	>1:20
Добротность системы:	>25
Режим работы:	При 100% $U_{ном.}$, $I_{ном.}$ работа в течение 1 часа, 8 циклов в день. При 80% $U_{ном.}$, 50% $I_{ном.}$ непрерывная работа. Температура нагрева обмоток трансформатора $\leq 65^{\circ}C$, температура нагрева масла $\leq 55^{\circ}C$.
Способ охлаждения:	естественное масляное/естественное воздушное охлаждение
Уровень частичных разрядов:	<30 пКл
Испытательное напряжение:	1.1 U_n в течение 1 мин
Коэффициент нелинейных искажений:	$\leq 3\%$
Уровень шума:	< 75 дБ (на расстоянии 4м от установки)

2. Высоковольтный фильтр помех (также емкостный делитель напряжения)

Модель: ФПВ-400

Номинальное напряжение:	400 кВ
Номинальная частота:	50 Гц
Номинальная емкость:	2×7.5 нФ
Погрешность измерения:	$\leq \pm 1\%$
Полоса подавления помех:	10 кГц-300 кГц ≥ 30 дБ

Принцип работы: При проведении испытаний необходим низкий уровень частичных разрядов. Для этого между высоковольтным реактором и испытуемым объектом устанавливается высоковольтный фильтр подавления помех. Высоковольтный фильтр состоит из L-C-L-C цепочки, где L изолированная индуктивность с конденсатором С, которые образуют π -фильтр. Нижняя часть первого конденсатора является измерительным конденсатором, который является частью делителя напряжения и служит для измерения выходного напряжения в резонансной цепи. Второй конденсатор представляет собой конденсатор связи и имеет вывод для измерения уровня частичных разрядов. Два высоковольтных конденсатора являются основной нагрузкой общей испытательной цепи, что позволяет проводить испытания объекта с малой емкостью.

Составные части высоковольтного фильтра помех ФПВ-400:

Высоковольтный конденсатор

Модель: КВ-7500/400

Количество:	2 шт.
Номинальное напряжение:	400 кВ
Номинальная емкость:	7.5 нФ
Номинальная частота:	50 Гц
Фоновый частичный разряд при $U_{ном.}=400$ кВ:	≤ 2 пКл

Высоковольтный конденсатор связи является основной нагрузкой; общая емкость двух конденсаторов позволяет всей испытательной системе работать без перегрузок, при этом основная нагрузка конденсатора должна быть равной или больше, чем минимальная нагрузка высоковольтного реактора. Высоковольтный конденсатор связи применяется для измерения уровня частичных разрядов.

Индуктивность изолированная

Модель: ИИ -200/30

Количество:	2 шт.
Номинальный ток:	30 А
Номинальная индуктивность:	200 мГн
Режим работы:	непрерывный
Фоновый частичный разряд:	При $U_n=400\text{кВ}$ ≤ 2 пКл

Высоковольтный конденсатор для калибровки ЧР**Модель: КВ-100/400**

Номинальное напряжение:	400 кВ
Номинальная емкость:	100 пФ
Номинальная частота:	50 Гц
Фоновый частичный разряд при $U_{ном.}=400\text{кВ}$:	≤ 2 пКл

Высоковольтный конденсатор применяется для калибровки сигнала частичных разрядов ЧР во всей системе при номинальном напряжении.

3. Трансформатор-возбудитель**Модель: ТВ-500/0.6/16**

Конструкция: электротехническая сталь, маслонаполненный, с естественным охлаждением, с переключателем отводов

Номинальная частота:	50 Гц
Номинальная мощность:	500 кВА
Номинальное входное напряжение:	0.6 кВ
Номинальный выходной ток:	833.33 А
Номинальное выходное напряжение:	16 кВ
Номинальный выходной ток:	31.25 А
Напряжение короткого замыкания:	<7.5%
Схема и группа соединения обмоток:	I-0
Испытательное напряжение:	1 мин. при 1.1 $U_{ном.}$
Количество фаз:	однофазный
Режим работы:	При 100% $U_{ном.}$, $I_{ном.}$ работа в течение 1 часа, 8 циклов в день. При 80% $U_{ном.}$, 50% $I_{ном.}$ непрерывная работа. Температура перегрева обмоток трансформатора $\leq 65\text{C}$, температура нагрева масла $\leq 55\text{C}$.

4. Регулятор напряжения**Модель: РН-500/0.38/0 ~ 0.65**

Конструкция:	Колонковый, маслонаполненный, с естественным воздушным охлаждением
Номинальное входное напряжение:	0.38 кВ
Номинальное выходное напряжение:	0-0.65 кВ (плавное регулирование)
Номинальная частота:	50 Гц
Номинальная мощность:	500 кВА

Степень защиты:	IP 20
Напряжение короткого замыкания:	<7.5%
Схема и группа соединения обмоток:	I-0
Метод регулирования напряжения:	Сервоприводом
Количество фаз:	однофазный
Режим работы:	При 100% $U_{ном.}$, $I_{ном.}$ работа в течение 1 часа, 8 циклов в день. При 80% $U_{ном.}$, 50% $I_{ном.}$ непрерывная работа. Температура перегрева обмоток трансформатора $\leq 65^{\circ}C$, температура нагрева масла $\leq 55^{\circ}C$.

Скорость регулирования напряжения задается сервоприводом постоянного тока, диапазон времени установок параметров от 30 сек. до 300 сек.

5. Низковольтный фильтр

Модель: ФПН-500/0.6

Номинальное напряжение:	0.6 кВ
Номинальный ток:	833.33 А
Полоса подавления помех:	10 кГц ~ 300 кГц > 20 дБ
Режим работы:	При 100% $U_{ном.}$, $I_{ном.}$ работа в течение 1 часа, 8 циклов в день. При 80% $U_{ном.}$, 50% $I_{ном.}$ непрерывная работа.

6. Низковольтный распределительный шкаф

Модель: ШРН-12

Номинальная частота:	50 Гц
Номинальное напряжение:	0.4 кВ
Номинальный ток:	1500 А
Степень защиты:	IP 20

Распределительный шкаф первичных переключений оборудован устройством повторного включения. Он представляет собой стандартный распределительный шкаф, соответствующий требованиям ГОСТ. Каркас и панели изготовлены из оцинкованной стали. В шкафу установлены вакуумный контактор, высоковольтные предохранители, трансформаторы напряжения, трансформаторы тока и другие устройства, а также ограничитель перенапряжения. Вакуумный контактор производства Siemens.

7. Цифровая автоматическая система управления и измерения

Модель: АСУ-2000

I. Общие положения

Общие положения

Система управления состоит из системы управления и системы измерения. Применяется в составе резонансной испытательной установки. В системе реализовано множество функций, таких как режим испытания, защита, измерение и т.д. Система управления и измерения имеет 8 высокоскоростных каналов (100 МГц), обеспечивающих высокую точность измерения и управления (16бит). Система включает в себя функции записи измеренных и обработанных данных, формирование отчета, печать отчетов и т.д. Ж/К монитор отображает значения выходного напряжения и тока, кривые зависимости тока и напряжения от времени, изменение выходного синусоидального напряжения, выходной ток и напряжение регулятора напряжения, а также имеет различные функциональные кнопки, основное рабочее состояние, аварийную сигнализацию и состояние индикаторов. Система высокоточная, стабильна и надежна; соответствует действующим стандартам ГОСТ на измерительные системы. Изолирующие элементы выполнены из стеклокерамики, установлен делитель, которые обеспечивают гальваническую развязку между измерительной и высоковольтной частью; обеспечивается электробезопасность от попадания высокого напряжения на рабочее место оператора.

II. Функции системы управления

Система управления имеет режимы ручного и автоматического управления. После загрузки программы необходимо ввести параметры испытаний и выбрать ручной или автоматический режим. При выборе автоматического режима все операции и формирование отчета выполняются компьютером. В ручном режиме все операции выполняются оператором, затем формируется отчет. Система имеет простой интерфейс, который блокирует неиспользуемые функции во избежание сбоев в работе.

Основные функции системы управления:

- Управление главным выключателем
- Отображение состояния главного выключателя
- Управление регулятором напряжения: регулирование выходного напряжения согласно ГОСТ, изменение скорости в заданных пределах. Испытания на электрическую прочность возможно проводить ступенчато, от начальных значений испытательного напряжения, через заданные интервалы напряжения, устанавливая значение времени испытания на каждой заданной ступени напряжения.
- Контроль состояния регулятора напряжения: контроль выходного напряжения, тока, контроль состояния конечных выключателей верхнего и нижнего пределов. Результат может быть выведен на дисплей.
- Контроль индуктивности реактора: регулирование индуктивности реактора с помощью сервопривода изменением воздушного зазора реактора. Скорость изменения зазора сердечника можно регулировать в заданных пределах.
- Контроль индуктивности реакторов: отображение и непрерывный контроль индуктивности воздушного зазора сердечника реактора и конечного выключателя.
- Автоматический заземлитель и отображение его состояния.
- Синхронное управление: в соответствии со значениями выходного напряжения и тока, регулируется воздушный зазор сердечника реактора для того, чтобы вся система находилась в состоянии резонанса; значения отображаются на экране.
- Перегрузка по току: включают два уровня защиты. Один уровень защиты обеспечивает токовая отсечка, второй уровень защиты выполняется с помощью программного обеспечения. Токовая отсечка реализуется с помощью реле максимального тока, который срабатывает при превышении тока уставки. Программное обеспечение защищает установку с помощью контроля токов и при превышении токовых значений выдает команду на отключение системы.
- Защита от перенапряжения: система управления и измерения автоматически снижает напряжение и отключает питание, когда напряжение выходит за заданные значения. Все данные отображаются на дисплее.
- Защита от короткого замыкания: система посылает сигнал на отключение питания в течение 10 секунд, при пробое объекта испытания или перекрытии.
- Кнопка аварийного отключения: для отключения питания вручную, при аварийной ситуации.

III. Функции измерительной системы

Измерительная система выполняет анализ, отображение, сохранение данных, преобразование аналоговых данных в натуральные значения. В системе применяется дискретизация с высокоскоростным преобразованием для получения и обработки данных с высокой точностью, надежностью и скоростью обмена данными.

Основные функции системы измерения

Аналоговый канал данных, дискретизация и скорость обмена приведены в таблице 1.

№	Аналоговый сигнал	Разрешение	Скорость обмена данными
1	Выходное напряжение	16 бит	100 кГц
2	Выходной ток	16 бит	100 кГц
3	Выходное напряжение трансформатора	16 бит	100 кГц
4	Выходное напряжение регулятора	16 бит	100 кГц
5	Выходной ток регулятора	16 бит	100 кГц

- Запись осциллограммы: запись и отображение напряжения и тока в течение 30 секунд до пробоя и отключения.

- Сохранение осциллограммы и изображения кривой изменения напряжения в формате BMP. На картинке могут отображаться одновременно до 8 графиков, можно увеличивать, перемещать и т.д.
- Визуализация: показ точек напряжения и тока. Графики изменений $U(t)$, $I(t)$

IV. Аппаратные средства

Компьютер: промышленный компьютер, 21" SAMSUNG LCD, процессор INTEL EP5700, жесткий диск 160 Гб, память 1 Гб.

Карта ввода/вывода: 16 бит, 8 каналов, скорость обмена 100 кГц.

Принтер: по выбору Заказчика.

Пульт управления: полностью экранирован, бесперебойный источник питания.

Разделительный трансформатор: 400 ВА, уровень изоляции ≥ 2 кВ

Модель микроконтроллера: количество выходов: 51, полностью экранирован.

Аналоговый разделитель сигналов с развязкой: 8 каналов, 250 кГц, 2400 В

8. Изолирующий трансформатор

Модель: ТИ-500/24/0.4

Конструкция:	Электротехническая сталь, маслонаполненный, с естественным охлаждением масла, с переключателем отводов
Номинальная частота:	50 Гц
Номинальная мощность:	500 кВА
Номинальное входное напряжение:	24 кВ
Номинальный входной ток:	20.83 А
Номинальное выходное напряжение:	0.4 кВ
Номинальный выходной ток:	1250 А
Напряжение короткого замыкания:	<10%
Схема и группа соединения обмоток:	I-0
Испытательное напряжение:	1 мин. при 1.1 $U_{ном}$.
Количество фаз:	Однофазный
Полоса подавления помех:	10 кГц-300 кГц > 10 дБ
Режим работы:	При 100% $U_{ном}$, $I_{ном}$ работа в течение 1 часа, 8 циклов в день. При 80% $U_{ном}$, 50% $I_{ном}$ непрерывная работа.