

## Резонансная испытательная система переменного тока с подстраиваемой индуктивностью РИСи-16000/4×400

### 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. Для общепромышленного электротехнического оборудования это 50 Гц. Преимущества резонансной испытательной системы является возможность проводить испытания приложенным напряжением рабочей частоты 50 Гц с малыми затратами энергии.

Резонансная испытательная система разработана для проведения высоковольтных испытаний объектов с большой емкостью, таких как силовые кабели, генераторы, изоляторы, конденсаторы, измерительные трансформаторы напряжения, комплектные токопроводы, КРУЭ в полевых условиях. 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-16000/4\*400 Высоковольтный реактор цилиндрического типа с регулируемой переменной индуктивностью
2. ФПВ-1600 Высоковольтный фильтр помех (также емкостный делитель напряжения)
3. ТВ-400/2\*20 Трансформатор-возбудитель
4. РН-400/0.38/0 ~ 0.65 Регулятор напряжения
5. ФПН-400/0.6 Низковольтный фильтр
6. ШРН-12 Низковольтный распределительный шкаф со встроенным переключателем
7. АСУ-2000 Цифровая автоматическая система управления и измерения
8. ТИ-400/0.38/0.0.38 Изолирующий трансформатор

9. Высоковольтный кабель длиной 10 м, кабель управления, измерительный кабель, силовой кабель.

#### Условия эксплуатации оборудования

Высота над уровнем моря	≤ 1000 метров
Рабочая температура высоковольтных компонентов	+5 °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: РИС-16000/4\*400

Номинальное входное напряжение:	380 В (режим «фаза-фаза»)
Номинальное выходное напряжение:	4*400 кВ
Номинальный выходной ток:	10 А
Номинальная частота:	50 Гц
Количество фаз:	Однофазная система
Номинальная входная мощность:	400 кВА
Номинальная выходная мощность:	16000 кВА
Режим работы:	1 час работы, 1 час остановки. 8 циклов в день. При 75% $U_{ном.}$ , 50% $I_{ном.}$ непрерывная работа.
Фоновые частичные разряды при номинальном напряжении 1600кВ ≤10 пКл	
Коэффициент нелинейных искажений:	≤ 3%
Добротность системы:	>40
Диапазон регулирования индуктивности:	>1:20
Способ охлаждения:	естественное масляное/естественное воздушное охлаждение
Уровень шума:	≤ 75 дБ (на расстоянии 4 м)
Испытательное напряжение:	1.1 $U_{ном.}$ в течение 1 мин
Эксплуатация оборудования:	Внутри помещения

Возможно параллельное соединение высоковольтных реакторов с выходными данными 800 кВ, 20 А

#### 1. Высоковольтный реактор с переменной регулируемой индуктивностью:

##### Модель: РРВ-4000/400

Количество:	4 шт.
-------------	-------

Конструкция:	Цилиндрического типа, маслонаполненный, естественное охлаждение, с регулируемой индуктивностью
Номинальное напряжение:	400 кВ
Номинальный ток:	10 А
Номинальная частота:	50 Гц
Количество фаз:	Однофазный
Номинальная выходная мощность:	4000 кВА
Диапазон регулирования индуктивности:	>1:20
Добротность системы:	>40
Уровень частичных разрядов:	<30 пКл
Режим работы:	1 час работы, 1 час остановка. 8 циклов в день. При 75% $U_{ном.}$ , 50% $I_{ном.}$ непрерывная работа.
Способ охлаждения:	естественное масляное/естественное воздушное охлаждение
Испытательное напряжение:	1.1 $U_n$ в течение 1 мин
Коэффициент нелинейных искажений:	$\leq 3\%$
Уровень шума:	$\leq 75$ дБ (на расстоянии 4 м)

## 2. Высоковольтный фильтр помех (также емкостный делитель напряжения)

### Модель: ФПВ-1600

Номинальное напряжение:	1600 кВ
Номинальная частота:	50 Гц
Номинальная емкость:	2×1.5 нФ
Погрешность измерения:	$\leq \pm 1\%$
Коэффициент диэлектрических потерь (tg $\delta$ ):	< 0.2%
Полоса подавления помех:	10 кГц-300 кГц $\geq 30$ дБ
Режим работы:	1 час работы, 1 часа остановка. 8 циклов в день.

**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  $\pi$ -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-1600:

#### Высоковольтный конденсатор

##### Модель: КВ-1500/1600

Количество:	2 шт.
Номинальное напряжение:	1600 кВ
Номинальная емкость:	1.5 нФ

Номинальная частота:	50 Гц
Фоновый частичный разряд при $U_{ном.}=1600$ кВ:	$\leq 2$ пКл
Режим работы:	1 час работы, 1 час остановка. 8 циклов в день.

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.

### Индуктивность изолированная

Модель: ИИ- 300-200/1

Количество:	2 шт.
Номинальный ток:	20 А
Номинальная индуктивность:	300 мГн
Режим работы:	непрерывный
Частичный разряд:	При $U_n=1600$ кВ $\leq 2$ пКл

### 3. Трансформатор-возбудитель

Модель: ТВ-400/2\*20

Конструкция: стальной бак, маслonaполненный, с естественным охлаждением

Номинальная частота:	50 Гц
Номинальное входное напряжение:	0.6 кВ x 2
Номинальное выходное напряжение:	2*20 кВ
Номинальный выходной ток:	2 x 5 А
Номинальная мощность:	400 кВА
Напряжение короткого замыкания:	$\sim 7.5\%$
Схема и группа соединения обмоток:	I-0
Испытательное напряжение:	1.1 $U_{ном}$ в течение 1 мин.
Количество фаз:	однофазный
Режим работы:	1 час работы, 1 час остановка. 8 циклов в день.

### 4. Регулятор напряжения

Модель: РН-400/0.38/0 ~ 0.65

Конструкция:	Цилиндрического типа, маслonaполненный, естественное воздушное охлаждение
Номинальное входное напряжение:	0.38 кВ
Номинальное выходное напряжение:	0-0.65 кВ (плавное регулирование)
Номинальная частота:	50 Гц
Номинальная мощность:	400 кВА
Степень защиты:	IP 20
Импеданс по напряжению:	7.5%
Схема и группа соединения обмоток:	I-0
Метод регулировки напряжения:	Сервоприводом

---

Количество фаз: однофазный

---

Режим работы: 1 час работы, 1 час остановка. 8 циклов в день.

---

Скорость регулирования напряжения задается сервоприводом постоянного тока (400 В / 230 В, однофазный), диапазон времени установок параметров от 60 сек. до 300 сек.

## 5. Низковольтный фильтр

Модель: ФПН-400/0.6

---

Номинальное напряжение:	0.6 кВ
Номинальный ток:	666.6 А
Полоса подавления помех:	10 кГц ~ 300 кГц $\geq$ 30 дБ

---

## 6. Низковольтный распределительный шкаф

Модель: ШРН-12

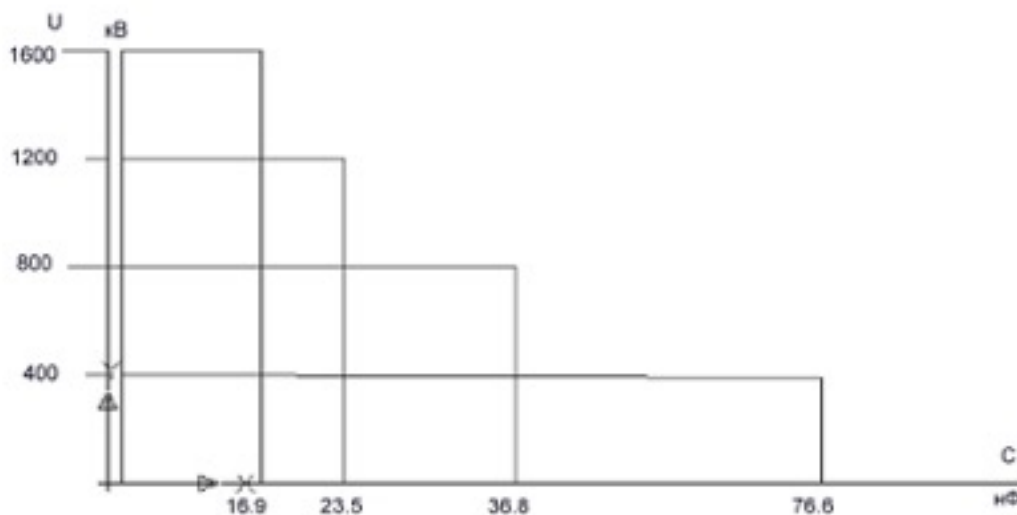
---

Номинальная частота:	50 Гц
Номинальное напряжение:	0.38 кВ
Номинальный ток:	1000 А
Степень защиты:	IP 20

---

Распределительный шкаф первичных переключений XGN-12 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 выключатель и ограничитель перенапряжения и защитой от перегрузок и токов короткого замыкания фирмы АВВ. Выключатель 1 и выключатель 2 могут выключаться от системы автоматического управления.

## График нагрузки



## 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 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 стеклоэпоксида, установлен делитель, которые обеспечивают гальваническую развязку между измерительной и высоковольтной частью; устранен риск попадания высокого напряжения на рабочее место оператора и обеспечена безопасность персонала.



## 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 заданным параметрам, изменение скорости в заданных границах. 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 верхнего и нижнего пределов отключения. 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 точечный контроль индуктивности воздушного зазора сердечника реактора и концевого выключателя.
- Автоматическое устройство заземления и отображение 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 экран.
- Перегрузка по току: включают два уровня защиты. Один уровень защиты обеспечивает токовая отсечка, второй уровень защиты выполняется с помощью программного обеспечения. Токовая отсечка работает на реле максимального тока при превышении тока заданного значения. 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 показаны 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 кривых, можно увеличивать, перемещать и т.д.
- Визуализация: показ точек напряжения и тока. Графики изменений  $U(t)$ ,  $I(t)$

### IV. Аппаратные средства

Компьютер: промышленный компьютер, 19" LCD, процессор P4, 160 Гб, 512Мб.

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

Принтер: по выбору Заказчика.

Пульт управления: полностью экранирован, бесперебойный источник питания.

Разделительный трансформатор: 400 ВА, уровень изоляции  $\geq 2$  кВ

Модель микроконтроллера: количество выходов: 51, полностью экранирован.

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

#### 8. Изолирующий трансформатор

Модель: ТИ-400/0.38/0.38

Номинальная мощность:	400 кВА
Номинальное входное напряжение:	0.38 кВ
Номинальное выходное напряжение:	0.38 кВ
Способ охлаждения:	естественное масляное/естественное воздушное охлаждение
Номинальная частота:	50 Гц
Уровень шума:	<60дБ
Полоса подавления помех:	10 кГц-300 кГц $\geq 15$ дБ

---

Режим работы:

1 час работы, 1 час остановка. 8 циклов в день. При  
75%  $U_{ном}$ , 50%  $I_{ном}$  непрерывная работа

---