

ВЫСОКОВОЛЬТНЫЙ АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ СТЕНД ДЛЯ ПОТОЧНЫХ ИСПЫТАНИЙ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

ООО НПП «ЭЛЕКТРОМАШ» г. Новочеркасск, к.т.н. Исаев К.Н., Мусаев М.М., Сидорченко И.А.

Для достижения высокой производительности и гибкости при проведении испытаний трансформаторов испытательная станция разбита на две части (Пост №1 и Пост №2), что позволяет проводить отдельные виды испытаний параллельно. На рисунке 1. представлена структурная схема испытательной станции.

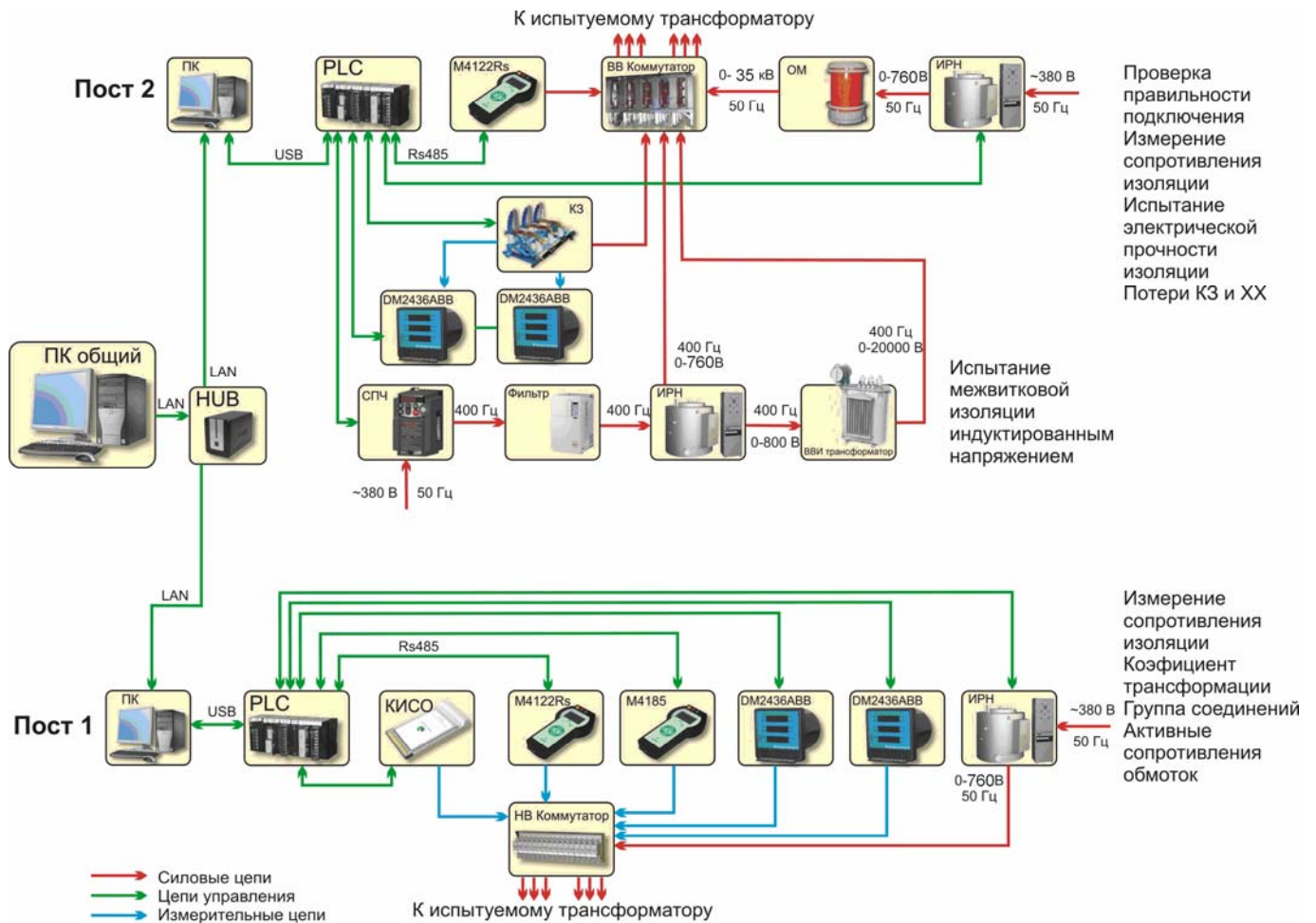


Рисунок 1.

Где: ПК – персональный компьютер,

PLC – программируемый логический контроллер (ПЛК),

M4122Rs – цифровой мегомметр для измерения сопротивления изоляции,

ОМ – ИОМ-100/20 – трансформатор испытательный для испытания изоляции,

ИРН – индукционный регулятор напряжения для плавной регулировки напряжения,

КИСО – комплекс измерения сопротивления обмоток постоянному току,

M4185 – цифровой ВАФ для определения группы соединений обмоток,

СПЧ – преобразователь частоты для испытания межвитковой изоляции индуктированным напряжением,

Фильтр – фильтр для СПЧ, для подавления высокочастотных гармоник,

ВВИ трансформатор – высоковольтный трансформатор для испытания межвитковой изоляции,

КЗ – короткозамыкатель для проведения опыта короткого замыкания,

DM2436ABB – цифровой измеритель тока, напряжения, частоты, мощности, для определения правильности подключения испытуемого трансформатора и измерения тока, напряжения, мощности цепи, потерь короткого замыкания, холостого тока.

ВВ коммутатор – высоковольтный коммутатор для проведения переключений в автоматическом режиме (только для обмоток напряжением не выше 10кв). Обмотки напряжением 35кв коммутируются оператором в ручную с выходом на испытательное поле.

НВ коммутатор - низковольтный коммутатор для проведения переключений в автоматическом режиме.

Пост №1 позволяет производить измерения сопротивления обмоток, сопротивления изоляции обмоток, коэффициента трансформации и группы соединений обмоток.

Пост №2 позволяет производить испытание электрической прочности изоляции испытательным напряжением промышленной частоты, испытание межвитковой изоляции обмоток индуктированным напряжением повышенной частоты, определение тока и потерь холостого хода, определение напряжения и потерь короткого замыкания, измерение сопротивления нулевой последовательности, проведение опыта короткого замыкания в продолжительном режиме (до 12 часов) на номинальном токе ВН испытываемого трансформатора мощностью до 2500кВА (6кВ).

На посту №2 применен прибор М4122RS для дополнительной проверки сопротивления изоляции перед началом высоковольтных испытаний. При необходимости он может быть исключен из комплекта поставки.

Установленное на станции оборудование позволяет производить приемо-сдаточные испытания трансформаторов со следующими техническими характеристиками:

- мощность 25-1600кВА;
- схема соединения $Y/Y_n - 0$; $Y_n/Y - 0$; $Y_n/\Delta - 11$; $Y/Z_n - 11$; $\Delta/Y_n - 11$; $\Delta/\Delta - 0$; $Y/\Delta - 11$;
- напряжение ВН 0.38÷35кВ;
- напряжение НН 0.2÷10кВ*

*Опыт холостого хода проводится при напряжении не выше 700 В. В случае, если номинальное напряжение обмотки НН находится выше этого значения, опыт проводится при пониженном напряжении (700 В) с последующим пересчетом полученных результатов.

Присоединение испытываемого трансформатора производится вручную один раз перед проведением всех испытаний (кроме испытания изоляции обмоток напряжением 35кВ). Подключения к трансформатору будут выполнены через гибкие соединительные кабели, подводимые сверху к испытываемому трансформатору и соединенные с системой шинопроводов. Рекомендуемое расположение оборудования приведено на рисунке 2. Все соединения между испытательными компонентами системы, включая выключатели, реле, силовые кабели, и т.д. включены в комплект поставки. Электропитание непосредственно для испытательной станции должно быть обеспечено заказчиком.

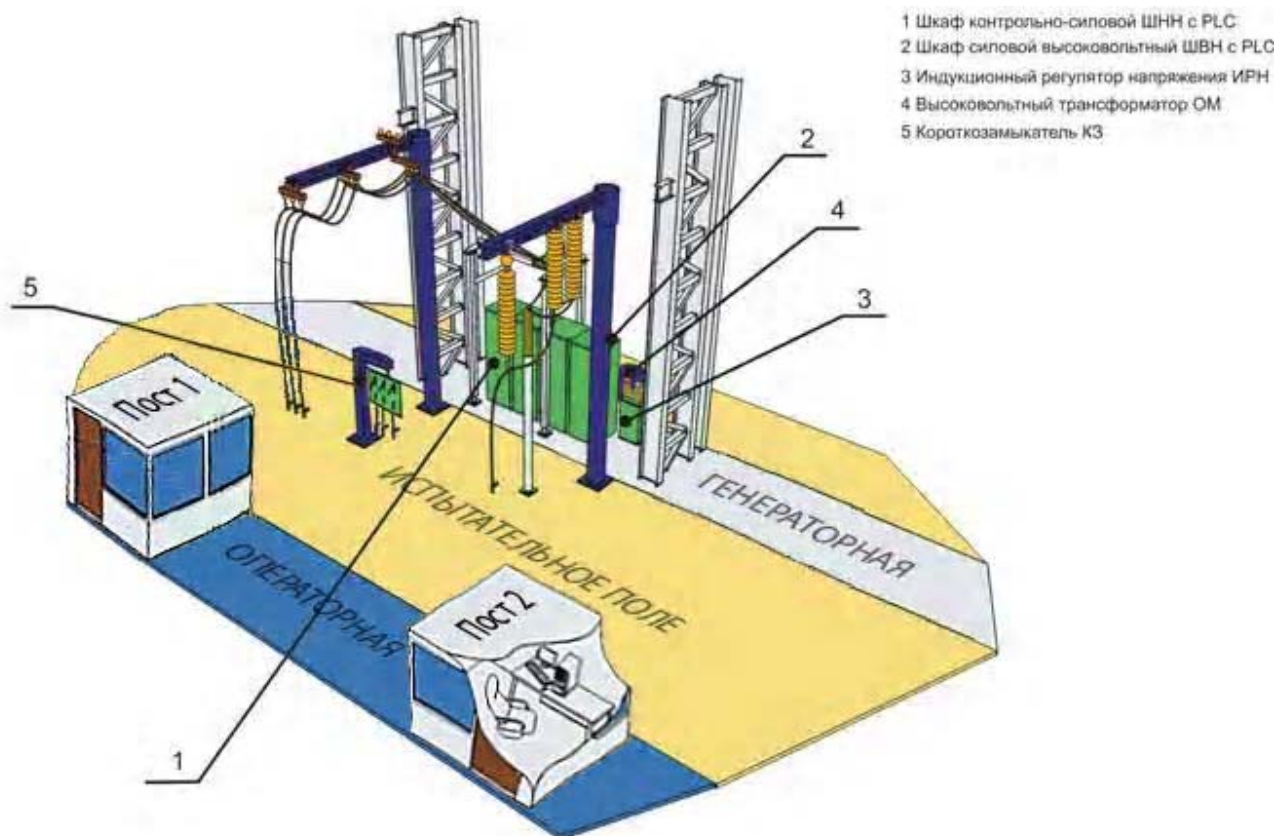


Рисунок 2.

Испытательные поля разработаны с элементами блокировок для безопасности, функциональные возможности блокировок обеспечиваются блоками управления. Ограждения, дверной контакт, и т.д. - не являются частью комплекта поставки. При установке заказчиком соответствующего ограждения, дверных контактов, и т.д. испытательная станция будет выполнять требования безопасности, применяемые для высоковольтных испытательных лабораторий согласно МЭК 60204-1:2005. В случае аварии системы электропитания испытательная станция будет автоматически выключена. После того, как электропитание восстановится, система возвратится в «безопасное» состояние.

При эксплуатации и техническом обслуживании испытательной станции необходимо соблюдать требования электробезопасности по ГОСТ 12.3.019, «Правил устройства электроустановок», «Межотраслевых правил по охране труда при эксплуатации электроустановок» (ПОТ РМ-016-2001 РД 153-34.0.03.150-00), Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей.

ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ИСПЫТАТЕЛЬНОЙ СТАНЦИИ

Каждый пост испытательной станции управляется персональным компьютером и программируемым логическим контроллером (ПЛК). Общий ход испытания управляется отдельным персональным компьютером, связанным с персональными компьютерами постов локальной сетью (рисунок 1) Программное обеспечение испытательной станции допускает как полное дистанционное управление ходом испытаний, так и запуск отдельных видов испытаний. Подсоединение к объекту испытания, должно выполняться вручную. Интерфейс Пользователя выполнен на русском языке, так же как справочные сообщения и сообщения об ошибках (исключая сообщения об ошибках, связанные с программным обеспечением системы Windows Microsoft).

Оба испытательных поста имеют управляющий компьютер, который связан с Главным компьютером через HUB (концентратор) Ethernet. Главный Компьютер собирает все результаты испытаний и формирует в соответствии с этими результатами протокол испытаний, который вместе с результатами испытаний можно сохранить на энергонезависимом носителе для формирования базы данных испытаний.

Работа испытательной станции может выполняться как с помощью ручных запросов, так и посредством полуавтоматического режима. Это означает, что могут запускаться отдельные виды испытаний (могут быть сняты одиночные измерения), но все действия производятся через персональные компьютеры постов посредством пользовательских интерфейсов на русском языке.

В полуавтоматическом процессе программное обеспечение имеет предварительно запрограммированные последовательности испытаний в соответствии с **ГОСТ 11677-85, ГОСТ 52719-2007, ГОСТ 22756-77, ГОСТ 183-74** (имеется возможность задать свою последовательность испытаний, отличную от ГОСТ). Пользователю в ходе работы будут даваться пошаговые подсказки по управлению общим ходом процесса испытаний. Новые последовательности испытания могут быть добавлены заказчиком.

Пользовательский интерфейс, разработан главным образом в стиле программ фирмы Microsoft (Office), использует иконки и диалоговые окна для работы оператора. Результаты и протокол испытаний будут сохранены на энергонезависимом носителе (типа CD-ROM) согласно серийному номеру трансформатора, а протокол испытаний может быть распечатан автоматически. Протоколы испытаний трансформатора сохраняются в файлах формата XLS (Microsoft Excel). Протоколы испытаний формируются на русском языке; шаблоны протоколов испытания согласовываются с заказчиком и могут быть изменены.

Независимо от режима работы испытательной станции ручной или полуавтоматический подключение испытательного трансформатора осуществляется в ручную однократно.

Компьютеры испытательной станции укомплектованы источниками бесперебойного электропитания (типа UPS) для поддержания питания на время необходимое для сохранения результатов испытаний, проведенных на момент сбоя.

ОБЩИЕ УСЛОВИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ ИСПЫТАТЕЛЬНОЙ СТАНЦИИ

Испытательная станция изготавливается в климатическом исполнении УХЛ 4 по ГОСТ 15150 (IP20) является пригодными для индустриальной окружающей среды без пыли и сохраняет работоспособность при:

диапазон температур от + 10⁰С до + 40⁰С,

относительной влажности воздуха до 80 % при +25°C
атмосферное давление от 84 до 106,7 кПа

Не допускается эксплуатация испытательной станции в запылённых помещениях во избежание электрического пробоя изоляции как отдельных элементов станции, так и испытываемого трансформатора при испытаниях и выход испытательной станции или испытываемого объекта из строя.

При необходимости по согласованию с заказчиком испытательная станция может быть подготовлена для доступа к ее программному обеспечению через Интернет и комплектоваться модемом. На удаленные персональные компьютеры в этой комплектации появляется возможность получать базу данных результатов испытаний. Обновления программного обеспечения поставляются бесплатно.

ОСНОВНЫЕ ФУНКЦИИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ИСПЫТАТЕЛЬНОЙ СТАНЦИЕЙ

- Испытательная станция обеспечивает выходные напряжение и ток в соответствии с техническими требованиями.
- Управление переключениями измерительной схемы.
- Визуальный контроль хода испытания в режиме реального времени.
- Выдача информации о неисправностях в случае выходов из строя.
- Отображение измеряемых параметров .
- Аварийное выключения системы электропитания в случае срабатывания системы блокировки.
- Снятие показаний приборов и вычисление требуемых величин.
- Проведение автоматического расчета и настройка параметров испытания исходя из вводных данных объекта испытаний.
- Проведение переключений в схеме соединений и управления станции.
- Запись и сохранение параметров испытания.
- Обеспечение системой помощи пользователю на русском языке.
- Запись результатов испытаний, печать и сохранение отчета испытаний.

Основные функции компьютеров отдельных постов:

Два рабочих компьютера: Каждое рабочее место состоит из индустриального компьютера, монитора, клавиатуры, мыши и блока управления. Каждый блок управления оборудован аварийным выключателем для аварийного выключения испытательной системы.

Компьютеры рабочих мест соединены в локальную сеть.

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Программное обеспечение для испытательных постов установлено на персональном компьютере индустриального исполнения с плоским экраном, клавиатурой и мышью. Программное обеспечение работает под Windows.

В ходе работы пользователю в первую очередь предлагается заполнить паспорт испытываемого трансформатора, то есть данные с заводской таблички (тип, серийный номер, данные предъявительских и приемо-сдаточных испытаний на заводе-изготовителе).

Далее пользователю необходимо определить перечень проводимых испытаний из предлагаемого списка меню.

Далее, проверив защитную автоматику испытательная станция приступает к процессу выполнения испытаний. Ход выполнения и текущие результаты отображаются на экранах мониторов соответствующих постов. После проведения всего перечня испытаний на экранах мониторов постов и центрального управляющего персонального компьютера будут представлены результаты испытаний.

Так же после окончания цикла испытаний становится доступна база данных по всем проведенным испытаниям на этой испытательной станции различных трансформаторов .

Все испытания и измерения представлены в соответствии со стандартом МЭК 60076 и ГОСТ.

ОБОРУДОВАНИЕ

Принципиальная схема испытательной станции, представленная на рисунке 3, состоит из следующих составных частей:

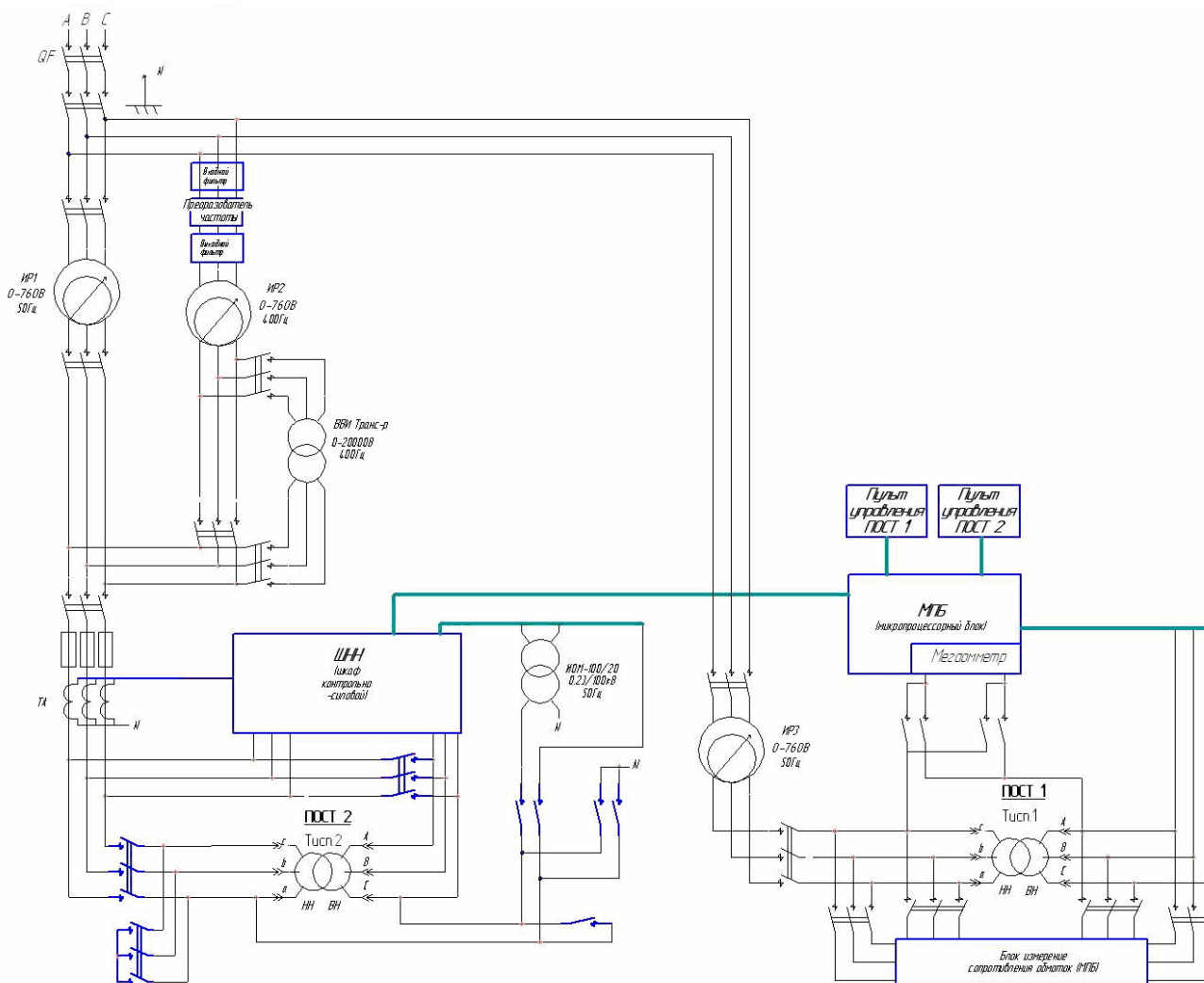


Рисунок 3

ШКАФ КОНТРОЛЬНО СИЛОВОЙ (ШНС)

Входное напряжение трехфазное 50Гц., В	380
Выходное напряжение трехфазное 50Гц, В	до 760 (до 350А)
Выходное напряжение трехфазное 400Гц, В	760(60А)
Выходное напряжение постоянное, В	2500 (5mA)
Класс защиты по электробезопасности	IP00

Технические характеристики измерительных приборов:

Цифровой мегаомметр М4122RS:

- точность измерения, %	5
- диапазон измеряемых сопротивлений, кОм	10 – 1100x10 ⁶
- номинальное испытательное напряжение, В	500, 1000, 2500
- максимальный ток, mA	1
- интерфейс	RS-485

Цифровой измеритель DM2436ABB:

- класс точности	0,15
- скорость измерения, изм./сек	3
- время установления показаний, мсек	менее 300
- интерфейс	RS-485

Цифровой измеритель М4185RS:

- точность измерения, %	1
- скорость измерения, изм./сек	3
- время установления показаний, мсек	менее 600
- интерфейс	RS-485

ШКАФ СИЛОВОЙ ВЫСОКОВОЛЬТНЫЙ (ШВН)

Выходное напряжение однофазное, В	35000
Выходное напряжение трехфазное 50Гц, В	до 760
Выходной ток, А	до 200
Тип контакторов	пневматический
Рабочее давление в пневмосистеме, атм.	6 – 12
Класс защиты по электробезопасности	IP00

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ЧАСТОТЫ СПЧ

Входное напряжение трехфазное 50Гц, В	380 (65А)
Выходное напряжение трехфазное 400Гц, В	400 (60А)
Мощность преобразователя частоты, кВт	30

ТРАНСФОРМАТОР ИСПЫТАТЕЛЬНЫЙ ИОМ-100/20

Мощность, кВА	20
Напряжение высокой стороны, В	100000 (0,2А)
Напряжение низкой стороны, В	220 (90А)
Число фаз, шт.	1
Частота, Гц	50
Тип установки	внутренняя

КОНТАКТОР ПНЕВМАТИЧЕСКИЙ

Номинальное рабочее напряжение, В	400
Номинальный рабочий ток, А	3000
Число полюсов, шт.	3
Привод контактора	пневматический
Рабочее давление в пневмосистеме, атм.	6 – 12
Тип установки	стойка

ИНДУКЦИОННЫЙ РЕГУЛЯТОР ИР (источник переменного тока)

ИР1	
Мощность нагрузки, кВА	400
Напряжение сети, В	380
Пределы регулирования напряжения нагрузки, В	0 – 760
Ток нагрузки,	350
Число фаз	3
ИР2	
Мощность нагрузки, кВА	40
Напряжение сети, В	380
Пределы регулирования напряжения нагрузки, В	0 – 760
Ток нагрузки,	50
Число фаз	3
ИР3	
Мощность нагрузки, кВА	160
Напряжение сети, В	380
Пределы регулирования напряжения нагрузки, В	0 – 760
Ток нагрузки,	200
Число фаз	3

При монтаже оборудования необходимо руководствоваться схемой размещения, представленной на рисунке 4 и состоящей из следующих позиций:

Позиция 1: Шкаф контрольно силовой

Обеспечивает подачу питающего напряжения на испытательную станцию, производит низковольтную коммутацию между элементами станции, а также выполняет функцию по обеспечению защиты измерительной и коммутационной аппаратуры станции.

Микропроцессорный блок входящий в состав шкафа включает в себе программно-логический контроллер (PLC) фирмы OMRON и необходимые модули согласования с измерительными приборами и исполнительными устройствами.

Блок измерения сопротивления обмоток предназначен для измерения сопротивления постоянному току обмоток. Благодаря новой методике измерения, разработанной в НПП Электромаш удалось значительно сократить время требуемое на достижение насыщения сердечника и тем самым значительно уменьшить общее время измерения.

Блок измерения коэффициента трансформации измеряет коэффициент трансформации и автоматически определяет группу соединения обмоток.

Измеритель сопротивления изоляции - автоматический измерительный прибор для испытания и анализа состояния высоковольтной изоляции. Он обеспечивает измерение сопротивления изоляции обмотки и производит вычисление коэффициента абсорбции.

Все измерительные приборы встроены в миниатюрную стендовую стойку. Подсоединение измерительных кабелей к пультам управления осуществляется с задней стороны стойки.

Позиция 2: Шкаф силовой высоковольтный

Обеспечивает подачу напряжения и его регулировку при проведении испытаний для измерения потерь XX, потерь КЗ, а также при испытании повышенным индуцированным напряжением. Группа высоковольтных контакторов с пневмоприводом обеспечивает сборку схемы в процессе испытаний.

Микропроцессорный блок входящий в состав шкафа включает в себе программно-логический контроллер (PLC) фирмы OMRON и необходимые модули согласования с измерительными приборами и исполнительными устройствами.

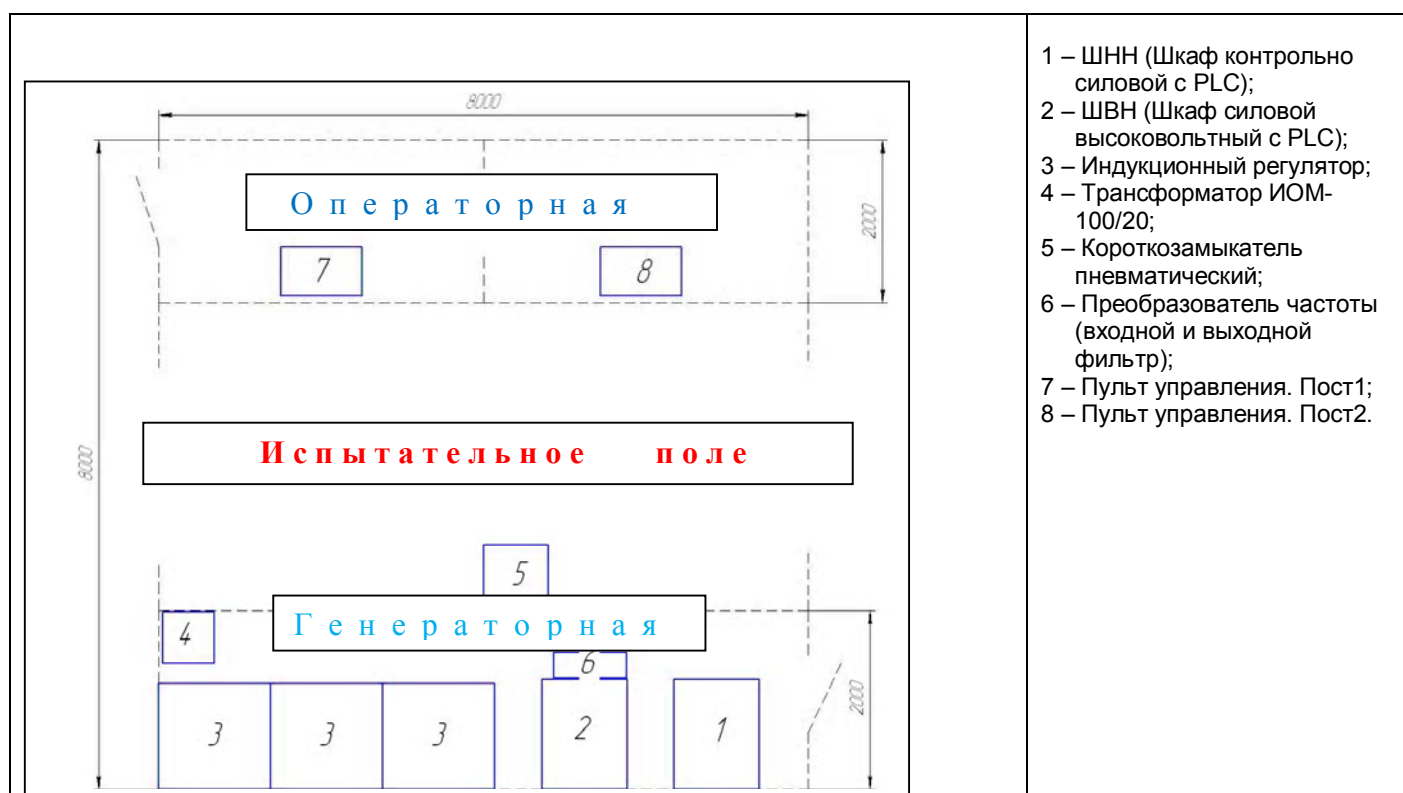


Рисунок 4

Позиция 3: Индукционный регулятор

ИР1 (пост2) – обеспечивает подачу напряжения и его плавное регулирование на нагрузке при проведении испытания электрической прочности изоляции, измерение потерь КЗ и XX.

ИР2 (пост2) – обеспечивает подачу напряжения и его плавное регулирование на нагрузке при проведении испытания межвитковой изоляции повышенным индуцированным напряжением

ИР3 (пост1) – обеспечивает подачу напряжения и его плавное регулирование на нагрузке при проведении измерения коэффициента трансформации, определения группы соединений обмоток.

Позиция 4: Трансформатор ИОМ-100/20

Трансформатор испытательный однофазный масляный ИОМ-100/20 предназначен для испытания изоляции приложенным напряжением переменного тока частоты 50 Гц.

Трансформатор рассчитан для эксплуатации в помещениях при рабочих значениях температуры воздуха не выше +40° С и не ниже -20° С на высоте установки над уровнем моря не более 1000 м. Для обеспечения отключения питания трансформатора при превышении тока в первичной или во вторичной цепи трансформатора предусмотрена быстродействующая защита в схема управления станции.

Позиция 5: Короткозамыкатель пневматический

Производит закорачивание обмотки низкого напряжения для всего диапазона испытываемых трансформаторов. Использование пневматического привода позволяет заметно уменьшить габарит контактора и уменьшить переходное сопротивление контактов.

Позиция 6: Преобразователь частоты

Использование полупроводникового преобразователя частоты позволяет сократить время запуска, время измерения и упростить систему управления. Малые габариты позволяют уменьшить площадь размещения и сократить время монтажа. Использование входного фильтра снижает до допустимого уровня помехи наводимые преобразователем в сети. Выходной фильтр преобразует дискретную форму напряжения ШИМ до уровня, максимально близкого к гармоническому.

Позиция 7,8: Пульты управления – Пост1,Пост2

Пульт управления **Пост 1** позволяет производить управление процессом задания и проведением измерением сопротивления обмоток, коэффициента трансформации и сопротивления изоляции.

Пульт управления **Пост2** позволяет производить управление процессом задания и проведением испытаний (испытание электрической прочности изоляции, опыт холостого хода, опыт короткого замыкания, испытание межвитковой изоляции)

- Приемно-сдаточные испытания на заводе-изготовителе

В соответствии с ISO9001 испытательная станция и все её компоненты проходят испытания на заводе изготовителе в рамках схемы гарантии качества компании производителя. Все испытания производятся в соответствие с применяемыми стандартами и техническими требованиями производителя.

Испытания производятся в соответствии с графиком работы определенным производителем по программе предоставленной заказчику примерно за один месяц до проведения испытаний.

Приемо-сдаточные испытания на заводе-изготовителе должны быть засвидетельствованы заказчиком. Все расходы для своих представителей, включающие в себя проезд, размещение и др., несет заказчик.

Время проведения заводских приемо-сдаточных испытаний - три рабочих дня.

Объектами испытания будут выступать:

- 400 кВА трансформатор 10 кВ / 0.4 кВ ($u_k = 4.5\%$)
- 1000 кВА трансформатор 10 кВ / 0.4 кВ ($u_k = 5,5\%$)
- 100 кВА трансформатор 10 кВ / 0.4 кВ ($u_k = 4,5\%$)

- Монтаж

Шеф-монтаж проводится в присутствии одного представителя завода-изготовителя.

Заказчиком обеспечивается предоставление квалифицированного персонала в составе двух электриков и четырех монтажников .

Дополнительно для проведения монтажа заказчиком предоставляется:

- комплект электрических и слесарных инструментов,
- доступ к источнику питания электроинструмента,
- обеспечить доступ к телефонной и факсимильной связи в районе зоны монтажа;
- зона монтажа должна соответствовать условиям эксплуатации устанавливаемого изделия;
- зона для сборки компонентов должна иметь электрическое освещение, быть сухой и чистой;
- Кран грузоподъемностью 2000кг (высота подъема не менее 6 метров);
- Передвижной кран грузоподъемностью 2000 кг и минимальной высотой подъема 6 м ниже крюка крана.
- Погрузчик грузоподъемностью 1000 кг.
- Передвижную подъемную платформу с рабочей высотой не менее 4м.

Срок проведения монтажных работ - 10 рабочих дней.

- Приемно-сдаточные Испытания на месте установки

Для пуска в эксплуатацию и проведения приемно-сдаточных испытаний на месте производитель командует одного специалиста.

Заказчиком для проведения испытаний предоставляется два распределительных трансформатора.

Технические параметры этих трансформаторов должны быть в пределах данной спецификации:

Номинальная мощность: 1600 кВА

Номинальное высокое напряжение: 10 кВ

Номинальное низкое напряжение: 0,4 кВ

Импеданс короткого замыкания: < 8%

Ток холостого хода: < 1%

В течение проведения испытаний специалистом производителя будет производиться требуемые действие по ходу работы станции.

По завершению испытаний составляется и подписывается отчет о приемно-сдаточных испытаниях обоими сторонами, представителем производителя и заказчика.

Продолжительность пуска в эксплуатацию и приемно-сдаточные испытания на месте установки составляет пять рабочих дней.

- Обучение обслуживающего персонала

Обучение выполняется представителем производителя сразу же после приемного испытания и пуска в эксплуатацию на месте у заказчика.

Для обучения заказчик должен предоставить одного или более квалифицированных операторов

Срок обучения составляет три рабочих дня.

