

ИНСТРУКЦИЯ

**по сборке, наладке и техническому обслуживанию
испытательного комплекса (системы) для измерения
электрических характеристик трансформаторных
масел при температурах 20 – 90 °С**

Москва 2009 г

Введение

В стандартах на различные виды электроизоляционных жидкостей предусмотрено определение их тангенса угла диэлектрических потерь ($\text{tg}\delta$), диэлектрической проницаемости (ϵ) и удельного объемного электрического сопротивления (ρ_v). В ряде случаев представляет интерес снятие температурных зависимостей электрических характеристик исследуемых жидких диэлектриков при нагреве и охлаждении.

Измерение электрических характеристик эксплуатационных трансформаторных масел является одним из наиболее эффективных методов неразрушающего контроля состояния изоляции высоковольтного оборудования.

Точность измерения абсолютных значений электрических характеристик масла, а также контроль динамики их изменения во времени, в значительной мере определяют достоверность диагностических оценок, своевременное выявление дефектов и правильность выводов о реальном состоянии оборудования.

В лабораториях энергосистем для испытаний проб трансформаторных масел традиционно используют высоковольтные трансформаторы НОМ-10, эталонные конденсаторы Р-5023, плоские измерительные ячейки и различные стационарные термостаты. Установки занимают много места, требуют ограждения высоковольтного поля и не позволяют автоматизировать процедуру испытаний.

Научно-производственным предприятием "Диатранс" разработан компактный, переносной испытательный комплекс, позволяющий проводить измерения электрических характеристик масел в диапазоне от температуры окружающей среды до 90 °С как в лабораторных, так и в полевых условиях. Применение герметичной цилиндрической ячейки с вертикально расположенными электродами облегчило процедуру ее промывки и дало возможность не производить разборку ячейки после испытания каждой пробы масла.

В малообъемном термостате с электронной системой управления нагрев проб происходит в автоматическом режиме от температуры окружающей среды (20°С) до температуры 90 °С за 30 – 35 минут. Поддержание заданной температуры обеспечивается с точностью ± 0.5 градуса.

Принципиально важной характеристикой любой испытательной установки является безопасность проведения работ. Эта задача решена путем применения в испытательном комплексе экранированного блока высокого напряжения (БВН-2П) со встроенным эталонным конденсатором. Все элементы БВН-2П размещены в металлическом корпусе, а используемый высоковольтный трансформатор имеет мощность не более 20 Вт. Мощность трансформатора достаточна для его работы на емкостную нагрузку до 500 пФ и в то же время не представляет опасности для персонала. Ввод высокого напряжения в термостат осуществляется кабелем. Предусмотрена блокировка от включения высокого напряжения в несобранной схеме. Благодаря перечисленным выше техническим решениям испытательный комплекс не требует его размещения на специально огороженном испытательном поле и может быть оперативно собран на любом рабочем столе.

2. Составные части испытательного комплекса (рис.1)

Комплекс включает:

- 2.1. Термос со штативом
- 2.2. Герметичную цилиндрическую ячейку трехзажимного типа (ГОСТ 6581-75) с запорной арматурой и датчиком температуры.
- 2.3. Электрический нагреватель (ТЭН) с радиаторами и датчиком температуры.
- 2.4. Электронный блок управления нагревом РИТМ-4.
- 2.5. Блок высокого напряжения (БВН-2П) со встроенным эталонным конденсатором.
- 2.6. Автоматический мост переменного тока МЭП-4СА.*
- 2.7. Измеритель электропроводности трансформаторных масел (удельных объемных электрических сопротивлений) ИПМ-1.*
- 2.8. Электронный термометр с зондом.
- 2.9. Сетевой стабилизатор напряжения.

** система комплектуется измерительными приборами по согласованию с Заказчиком.*

Термос

Корпус термоса (рис.2) представляет собой два тонкостенных концентрических цилиндра из полированной нержавеющей стали. Внутренний цилиндр имеет герметично приваренное днище с отверстием для сливного шланга. В качестве теплоизоляции между цилиндрами применены пенопласт и паронит. Съёмная крышка термоса выполнена из органического стекла, и в ней на съёмной металлической пластине размещены разъемы датчиков температуры. Днище термоса изготовлено из дюралюминия и закреплено на винтах. Корпус крепится к штативу, обеспечивающему его устойчивое вертикальное положение, двумя специальными винтами.

Измерительная ячейка

Измерительная ячейка цилиндрического типа (ГОСТ 6581-75) состоит из измерительного, высоковольтного и охранного электродов (рис.3). Охранный электрод представляет собой неразборный узел с двумя керамическими изоляторами и имеет три патрубка. В один из патрубков вворачивается датчик температуры, во второй - запорный вентиль со шлангом и воронкой для заливки масла, а в третий вставляется специальный переходник, позволяющий измерять температуру масла в рабочем объеме ячейки с помощью зонда термометра. В качестве датчиков температуры применены термометры сопротивления ТСО-34э-50М, выполненные в виде цилиндрических щупов диаметром 5 мм. В днище высоковольтного электрода имеется отверстие с резьбой, в которое вставлен штуцер со шлангом для слива масла. С внешней стороны боковой поверхности высоковольтного электрода имеется несквозное отверстие с резьбой для подключения высоковольтного провода. Чертежи измерительной ячейки приведены в руководстве по ее эксплуатации.

Электрический нагреватель

Трубчатый электрический нагреватель с двумя медными радиаторами и датчиком температуры ТСО-34э-50М представляет собой неразъемную конструкцию. Корпус нагревателя в рабочем режиме заземляется. Нагреватель рассчитан на работу в среде трансформаторного масла. Максимальная рабочая температура нагревателя 140 °С. Мощность нагревателя регулируется

электронным блоком управления РИТМ-4 и не превышает 300 Вт.

Электронный блок регулирования и измерения температур (РИТМ-4)

Блок регулирования и измерения температур РИТМ-4 представляет собой портативный программируемый электронный прибор, обеспечивающий автоматический нагрев исследуемой пробы масла до заданной температуры. Подробное описание РИТМ-4 приведено в руководстве по эксплуатации этого прибора.

Блок высокого напряжения (БВН-2П) с эталонным конденсатором

Блок высокого напряжения БВН-2П выполнен как переносной экранированный источник высокого переменного напряжения промышленной частоты со встроенным эталонным конденсатором. Блок предназначен для использования в схемах мостов переменного тока (схемах Шеринга) при проведении измерений тангенса угла диэлектрических потерь ($\text{tg}\delta$) электроизоляционных материалов. БВН-2П позволяет проводить измерения в лабораторных помещениях, не имеющих специально оборудованных высоковольтных стендов, а также в полевых условиях.

Автоматический мост переменного тока МЭП-4СА

Мост МЭП-4СА предназначен для измерения электрической емкости (C_x), тангенса угла диэлектрических потерь ($\text{tg}\delta$), электрического напряжения (U) и частоты переменного тока (f).

МЭП-4СА позволяет производить измерения параметров твердых и жидких электроизоляционных материалов, а также изоляции электрооборудования по **прямой** схеме измерений. Подробное описание моста приведено в руководстве по эксплуатации.

Измеритель электропроводности трансформаторных масел (удельных объемных электрических сопротивлений) ИПМ-1

Электронный измеритель электропроводности трансформаторных масел представляет собой высокочувствительный цифровой прибор, позволяющий измерять электропроводность (удельное объемное электрическое сопротивление) жидких диэлектриков, например, трансформаторных масел. Прибор предназначен для экспресс - оценки степени загрязнения, увлажнения или старения жидких диэлектриков по величине их проводимости (удельного объемного электрического сопротивления). Измерения могут проводиться как при диагностических обследованиях оборудования в полевых условиях, так и в лабораториях. Описание методики работы с прибором и руководство по эксплуатации входят в комплект технической документации к испытательному комплексу.

Сетевой стабилизатор напряжения

Испытательные комплексы поставляются с сетевыми фильтрами фирмы APC, обеспечивающими защиту электронных приборов от пиков и скачков напряжения, а также от электромагнитных помех.

Электронный термометр с зондом

Входящий в комплект поставки цифровой термометр ТК-5.01 предназначен для проведения контрольных измерений температуры масла в рабочем объеме ячейки. Измерения проводятся с использованием контактного зонда, вставляемого в отверстие переходника измерительной ячейки. Термометр может использоваться и для других измерений.

Испытательный комплекс для измерения электрических характеристик трансформаторных масел при температурах 20 - 90°C.

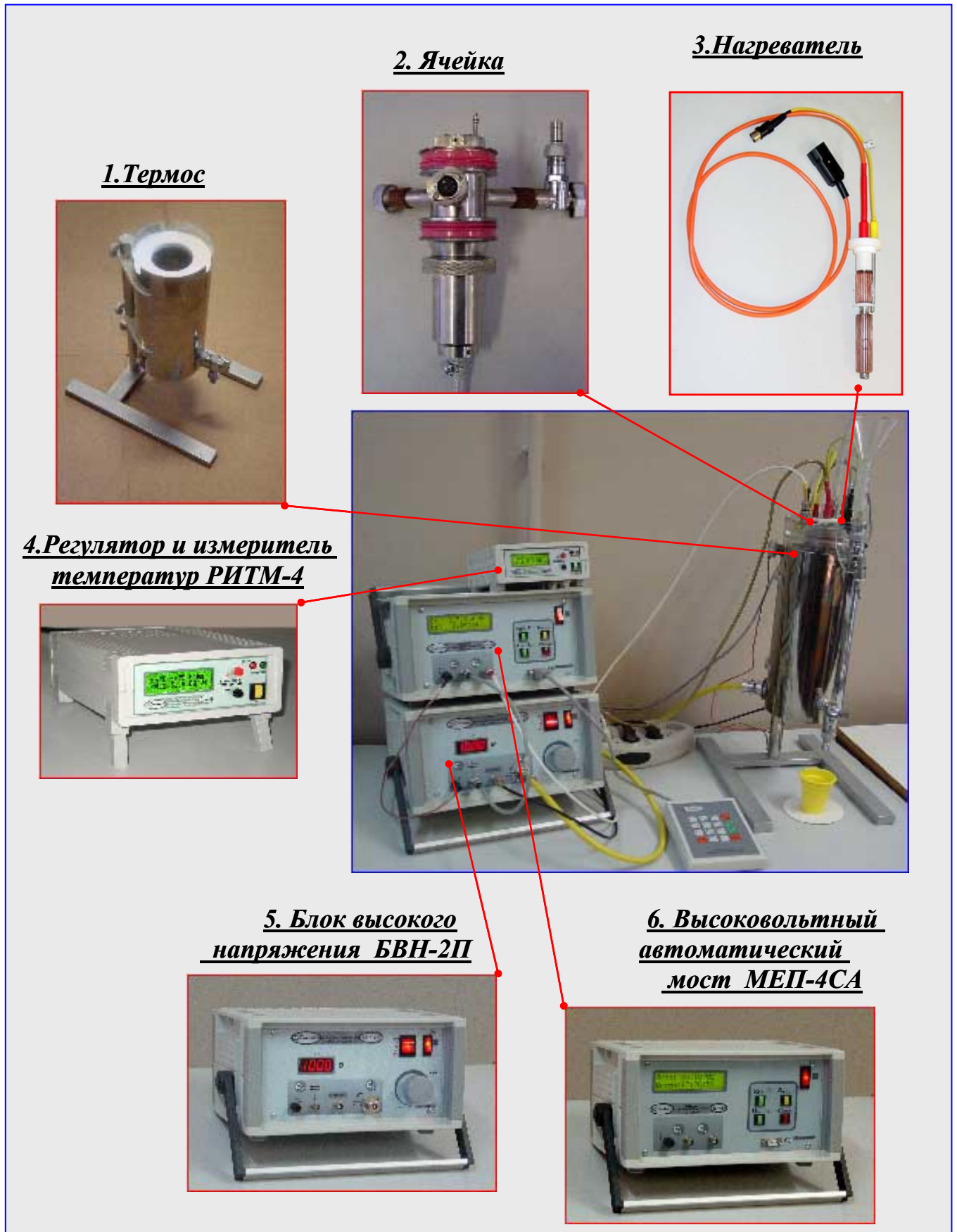


Рис. 1.

Испытательное устройство для измерения электрических характеристик масел в диапазоне температур 20-90 С

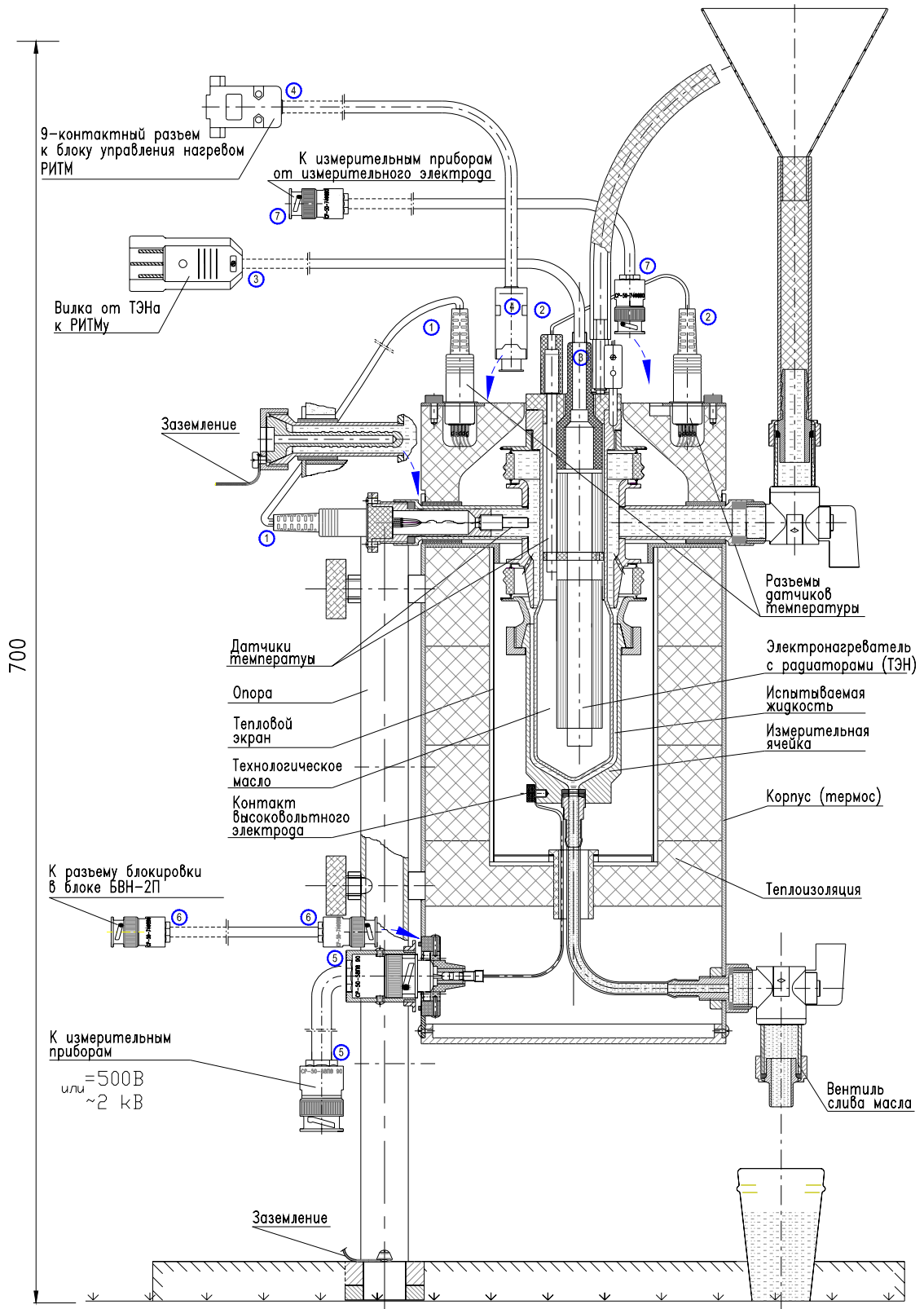


Рис.2

3. Сборка и подготовка испытательного комплекса к работе

3.1. Каждый комплекс проходит сборку, наладку и приемо-сдаточные испытания на предприятии-изготовителе. В процессе испытаний проверяется герметичность соединений узлов ячейки и ее промывка, проводятся испытания датчиков температуры, электронного блока управления нагревом, блока высокого напряжения, кабелей и измерительных приборов. За время испытаний нагрев и охлаждение системы производятся не менее 4 – 5 раз.

3.2. Для обеспечения безопасных условий транспортировки после проведения испытаний технологическое масло и масло из рабочего объема ячейки сливается. Производится также частичная разборка испытательного комплекса.

3.3. При подготовке комплекса к работе необходимо выполнить следующие операции:

3.3.1. Установите штатив с термосом на рабочем столе и зафиксируйте положение термоса двумя винтами в удобном для Вас положении по высоте (возможны два варианта).

3.3.2. Снимите крышку (фото 1) и залейте 90 - 95 мл технологического масла (**чистого, сухого ГК**) в полость измерительного электрода (фото 2).

3.3.3. После заливки масла вставьте в полость измерительного электрода нагреватель (фото 3). Корпус нагревателя, радиаторы и оболочка датчика в рабочем режиме заземляются и не должны касаться стенок измерительного электрода. Технологическое масло выполняет функции теплопередающей и электроизолирующей среды.



Фото 1



Фото 2



Фото 3

3.3.4. После того, как нагреватель встал на место (фото 4), наложите на конус штуцера, проходящего через отверстие во фланце нагревателя, слой фторопластовой ленты для обеспечения герметичности соединения.

3.3.5. Наверните на конический штуцер шланг с наконечником (фото 5). Указанный в пункте 3.3.4 штуцер обеспечивает выход воздуха при заполнении маслом рабочего объема ячейки. При нагреве пробы уровень масла повышается, и оно заполняет часть шланга.

Не применяйте при затягивании наконечника гаечные ключи. Для уплотнения достаточно усилия руки.

3.3.6. Установите крышку с разъемами (фото 6), к которым подключаются датчики температуры и измерительный электрод ячейки.

3.3.7. Для подключения измерительного электрода ячейки к разъему типа «СР-50», установленному на верхней крышке, вставьте красный штеккер в отверстие во фторопластовом фланце нагревателя до упора (фото 7). Штеккер должен пройти через сквозное отверстие во фторопластовом фланце нагревателя и войти в отверстие, высверленное в измерительном электроде ячейки.



Фото 4



Фото 5



Фото 6

3.3.8. Разъемы от датчиков температуры вставьте в соответствующие ответные части (гнезда) в крышке термоса. Разъем от датчика температуры масла в объеме нагревателя вставляется в **черное** пластиковое гнездо (фото 8), а разъем от датчика температуры масла в рабочем объеме ячейки соединяется кабелем с металлическим гнездом в крышке термоса (фото 9).

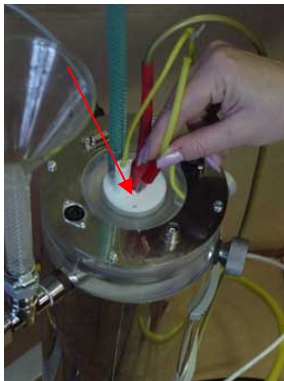


Фото 7

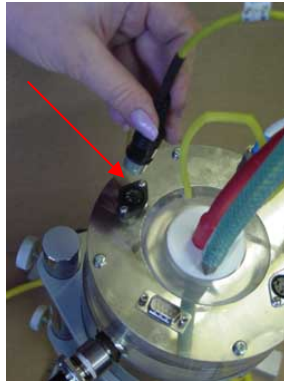


Фото 8

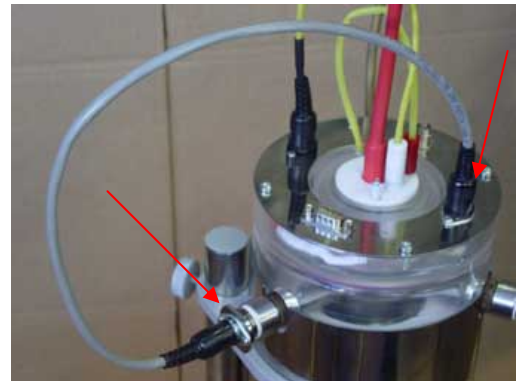


Фото 9

3.3.9. Блок управления нагревом РИТМ-4 подключается соединительным кабелем (фото 10) к 9-ти контактному разъему в верхней крышке, а вилку провода питания нагревателя необходимо вставить в гнездо на задней стенке РИТМ-4.

Входными параметрами, необходимыми для работы блока управления нагревом РИТМ-4, являются показания двух датчиков температуры. Один датчик (фото 11) установлен в патрубке ячейки и измеряет температуру исследуемого масла. Второй датчик вмонтирован в узел нагревателя (фото 12) и показывает температуру технологического масла, залитого в полость измерительного электрода.

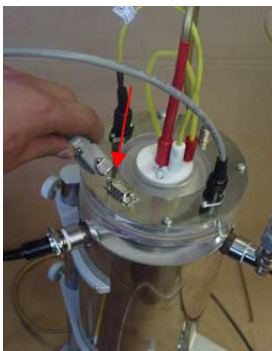


Фото 10



Фото 11

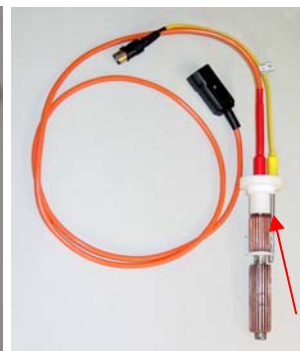


Фото 12



Фото 13

3.3.10. Для проведения измерений тангенса угла диэлектрических потерь подключите один разъем высоковольтного кабеля желтого цвета к гнезду на боковой стенке термоса (фото 13). Вращая кольцо, закрепленное к разъему на кабеле, добейтесь срабатывания микровыключателей блокировки. Срабатывание микровыключателей означает замыкание цепи блокировки. Второй конец кабеля присоедините к высоковольтному разъему блока высокого напряжения БВН-2П.

3.3.11. Соедините кабелем Сх измерительный электрод ячейки (гнездо на крышке термоса) и мост МЭП-4СА (гнездо Сх).

3.3.12. Подключите один разъем кабеля блокировки к гнезду на боковой поверхности термоса, а второй разъем - к гнезду на передней панели блока высокого напряжения.

3.3.13. Заземлите в одной точке охранный электрод ячейки, термос, РИТМ-4, блок высокого напряжения и другие используемые приборы. Схема соединения модулей испытательного комплекса приведена на рис. 3.

Для безопасной эксплуатации установки и предотвращения сбоев в работе электронного блока управления нагревом обеспечьте надежное присоединение к контуру заземления.

3.3.14. Подключите все используемые приборы к сети 220 В через сетевой стабилизатор напряжения, входящий в комплект поставки.

3.3.15. Установите воронку и залейте масло в рабочий объем ячейки. Уровень масла должен быть выше нижней кромки прозрачного шланга, в который вставлена воронка. Требуемый объем масла примерно 150 мл.

3.3.16. После заполнения ячейки приоткройте вентиль слива масла и выпустите воздух из сливного шланга. Долейте масло до указанного выше уровня. Осмотрите систему и убедитесь в отсутствии течей.

3.3.17. Включите блок управления нагревом, задайте уставки температур в соответствии с рекомендациями, приведенными в описании РИТМ-4.

После первого нагрева приподнимите крышку и убедитесь в отсутствии масла на поверхности ячейки.

Снимать крышку следует только после полного охлаждения системы.

Появление масла на поверхности ячейки после первого нагрева возможно, если объем залитого технологического масла превышал 90 – 95 мл.

Периодически осматривайте внутреннюю поверхность крышки термоса и при появлении конденсата паров масла удаляйте его.

Не допускайте попадания масла на электрические контакты.

3.3.18. Проведите 1 – 2 цикла нагрева чистого масла для промывки ячейки после транспортировки.

В промежутках между испытаниями держите ячейку заполненной чистым маслом.

В комплект поставки входит электронный термометр, который предназначен для периодической проверки правильности работы датчиков температуры и блока управления нагревом. Сопоставление показаний следует производить в стационарном режиме при 20 и 90 °С.

При температуре 20 °С электрическая емкость ячейки с маслом должна быть 110 – 115 пФ (емкость меняется в узком диапазоне в зависимости от диэлектрической проницаемости залитого масла и температуры).

3.4. Испытательный комплекс поставляется с герметично собранной и вставленной в термос измерительной ячейкой. При отсутствии утечек масла, попадания механических частиц и других причин, вызывающих сбой в работе комплекса, вынимать и разбирать ячейку не следует.

Схема сборки испытательного комплекса

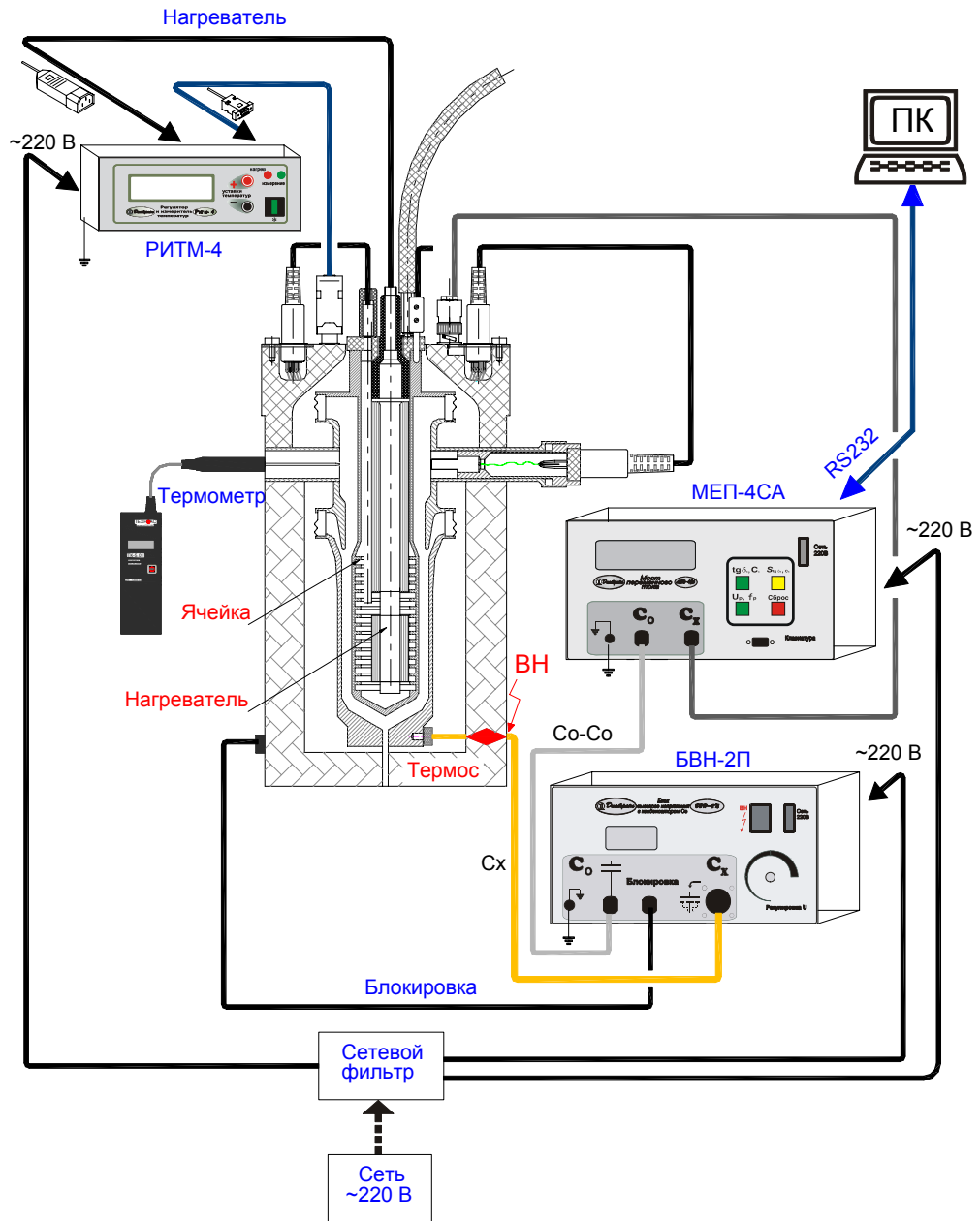


Рис.3

4. Проведение испытаний

4.1. Залейте в подготовленную ячейку исследуемое масло.

Если в Ваш комплект поставки входит измеритель удельных объемных электрических сопротивлений, то первоначально произведите измерение сопротивления масла. Это позволит произвести предварительную оценку качества залитого масла и проверить правильность сборки всей схемы до включения напряжения 2 кВ.

4.2. Проведите измерение $\text{tg}\delta$ масла при комнатной температуре.

4.3. Отключите высокое напряжение и включите блок управления нагревом РИТМ-4. Установите необходимые температуры (рекомендуемые значения температур и подробная информация о работе с РИТМ-4 приведены в инструкции к прибору). Включите нагрев пробы.

4.4. После достижения заданной температуры пробы включите высокое напряжение (правила работы с блоком высокого напряжения БВН-2П и мостом МЭП-4СА подробно изложены в инструкциях к этим приборам) и проведите измерение. В соответствии с рекомендациями международных стандартов и ГОСТ 6581-75 измерения следует производить в течение 1 – 3 минут с момента включения высокого напряжения.

4.5. Для проведения измерений значений электропроводности (удельного объемного электрического сопротивления) необходимо отсоединить высоковольтный кабель от разъема на боковой поверхности термоса и подключить к этому разъему кабель с маркировкой «= 500 В», входящий в комплект поставки измерителя ИПМ-1. Ко второму разъему измерителя ИПМ-1 подключите кабель с маркировкой «Сх», отсоединив его от разъема на панели моста МЭП-4СА. Схема подключения измерителя электропроводности ИПМ-1 показана на рис. 4.

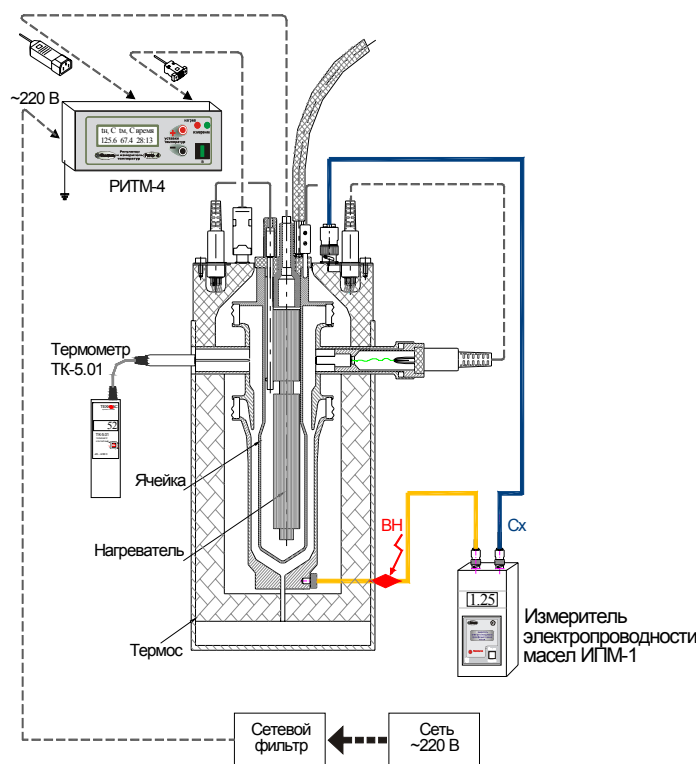


Рис. 4. Схема подключения измерителя электропроводности масел ИПМ-1

Измерения удельного объемного электрического сопротивления могут проводиться непрерывно в процессе нагрева пробы. Отсчет показаний измерителя удельных объемных электрических сопротивлений рекомендуем производить в паузы, когда нагреватель РИТМ-4 выключается, а также в режиме “измерение”, либо в пассивном режиме работы блока (индикация температур и времени).

4.6. При проведении измерений тангенса угла диэлектрических потерь эксплуатационных масел, содержащих продукты старения и имеющих низкое пробивное напряжение, в измерительной ячейке возможны искровые пробои при напряжении 2 кВ. При недостаточно хороших характеристиках контура заземления, вследствие пробоев в ячейке, во входных цепях блока управления нагревом РИТМ-4 могут возникать наводки, приводящие к выходу из строя микросхем или сбоям в работе прибора. Мы рекомендуем отключать разъемы РИТМ-4 от термостата непосредственно перед включением высокого напряжения в тех случаях, когда вероятность пробоев высока. Контроль температуры масла в этот промежуток времени можно осуществлять электронным термометром, входящим в комплект поставки.

4.7. Для исключения возможных наводок целесообразно разместить измерительные кабели на возможно большем расстоянии от проводов сетевого питания.

5. Рекомендации по техническому обслуживанию и уходу за термостатом с измерительной ячейкой

Техническое обслуживание (ТО) производится с целью обеспечения исправности и готовности испытательного устройства к работе.

ТО подразделяются на текущие и периодические.

5.1. Текущее ТО включает:

1. **Внешний осмотр термостата** перед включением (проверка отсутствия протечек масла, подключения всех кабелей, наличия заземления и т.д).

2. **Промывку измерительной ячейки** чистым трансформаторным маслом и контрольное измерение удельного объемного электрического сопротивления или $\text{tg}\delta$.

3. **Заполнение ячейки чистым маслом.**

5.2. Периодическое ТО включает:

1. **Замену технологического масла в полости измерительного электрода ячейки.**

Для работы термостата в полость измерительного электрода ячейки заливается технологическое масло, которое выполняет функции электроизолирующей и теплопередающей среды. Это масло работает при температурах выше 100°C и постепенно испаряется, стареет, теряет свои свойства. Продукты старения технологического масла оседают на поверхностях радиатора и датчика температуры, стенках электрода.

В связи с изложенным выше необходима периодическая замена технологического масла и, при необходимости, очистка поверхностей радиатора и электрода от продуктов его старения.

При использовании в качестве технологической жидкости трансформаторного масла марки ГК, мы рекомендуем производить его замену не реже, чем через каждые 150 анализов.

Использование других жидкостей может привести к изменению тепловых характеристик устройства и не рекомендуется.

2. **Очистку от шлама радиатора нагревателя.**

3. **Разборку и промывку измерительной ячейки** (производится по техническим показаниям, когда не удастся обеспечить промывку ячейки в сборе или при наличии утечек масла).

4. **Промывку электрических разъемов в крышке термоса от масла** (производится в случае его попадания). Для промывки необходимо вывернуть четыре винта крепления кольца с разъемами и снять кольцо.

Не допускайте попадания масла в розетки разъемов, установленных в верхней крышке термоса. Загрязнение разъемов может привести к нарушению электрических контактов и сбоям в работе электронного блока управления РИТМ-4.

5. **Снятие крышки термоса и удаление конденсата паров масла с внутренней поверхности крышки термоса.**

6. **Замену тепловой изоляции термоса** (производится в случае попадания масла или наличия механических повреждений).

6. Разборка термоса и измерительной ячейки

В результате многократно повторяющихся циклов нагрева и охлаждения ячейки в процессе проведения испытаний проб масел через определенное время возможно появление на стенках ее электродов пленок шлама и нарушение герметичности соединения узлов. Через 2 – 3 года эксплуатации может возникнуть необходимость замены сливного шланга. Для устранения перечисленных выше и других возможных неисправностей потребуются вынуть ячейку из термоса и произвести ее разборку.

Чтобы вынуть ячейку из термоса последовательно выполните следующие операции:

6.1. Слейте масло из рабочего объема измерительной ячейки.

6.2. Отсоедините разъемы датчиков температуры, выньте штеккер контакта к измерительному электроду и снимите верхнюю крышку.

6.3. Отверните штуцер шланга выпуска воздуха и выньте нагреватель из полости измерительного электрода ячейки.

6.4. Откачайте технологическое масло из полости измерительного электрода шприцом с тонкой трубкой.

6.5. Отверните винты крепления днища термоса и снимите днище.

6.6. Ослабьте хомут на шланге слива масла и выньте его из штуцера сливного вентиля.

6.7. Вставьте в шланг заглушку, чтобы не капало масло.

6.8. Выньте штеккер провода от высоковольтного электрода ячейки из гнезда высоковольтного разъема на боковой стенке термоса.

6.9. Выньте ячейку из термоса.

6.10. Разберите ячейку, промойте и высушите все ее составные части.

6.11. Сборку ячейки начинайте с измерительного электрода, который вверните во входное отверстие узла охранного электрода. Затяните соединение до упора.

6.12. Наложите на конус высоковольтного электрода два слоя новой фторопластовой пленки и вставьте его в ответную часть узла охранного электрода. Затяните гайку.

6.13. Вверните вентиль, датчик температуры и переходник – радиатор.

6.14. До установки собранной ячейки в термос произведите проверку ее герметичности путем подачи во внутреннюю полость сухого воздуха от насоса. Избыточное давление при проведении испытаний не должно превышать 0,15 МПа.

Наличие течей может быть обнаружено по изменению показаний манометра, а также путем обмыливания узлов соединений.

6.15. Проведите измерение электрической емкости ячейки.

7. Контроль исправности датчиков температуры и нагревателя

7.1. Датчики температуры ТСО 034Э – 50М

В качестве датчиков температуры в испытательном устройстве применяются термопреобразователи сопротивления, рассчитанные на измерение температур в диапазоне от -50°C до $+150^{\circ}\text{C}$. Термопреобразователи имеют 4-х проводную схему соединения внутренних проводников. При температуре 20°C исправные термопреобразователи имеют сопротивление 55 ± 0.5 Ом между выводами 1-3 и 4-5. Выводы 3-5 и 1-4 должны быть закорочены.

7.2. Трубчатый электронагреватель ТЭН –300/220

Трубчатый электронагреватель имеет мощность 300 Вт. При температуре 20°C сопротивление исправного нагревателя должно находиться в пределах 150 - 160 Ом.