



*Совет главных энергетиков
нефтеперерабатывающих
и нефтехимических
предприятий России
и стран СНГ*

МАТЕРИАЛЫ

**ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ГЕНЕРАЦИЯ НА ПРЕДПРИЯТИИ,
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ПРИСОЕДИНЕНИЕ.
ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ.**

**ПРЕДИКТИВНАЯ ДИАГНОСТИКА ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ.
РЕМОНТ ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ СОСТОЯНИЮ.
ОПЫТ ОРГАНИЗАЦИИ, ПРОБЛЕМЫ,
ДОСТИЖЕНИЯ ПЕРСПЕКТИВЫ.**



5 – 8 октября 2021
Москва

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ
ОТРАСЛЕВОГО СОВЕЩАНИЯ**



Совет главных энергетиков
нефтеперерабатывающих и нефтехимических предприятий
России и стран СНГ

Ассоциация нефтепереработчиков и нефтехимиков
ООО «НТЦ при Совете главных механиков»

**Материалы совещания
главных энергетиков нефтеперерабатывающих
и нефтехимических предприятий России и СНГ**

**ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ГЕНЕРАЦИЯ НА ПРЕДПРИЯТИИ,
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ПРИСОЕДИНЕНИЕ.
ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ**

ПРЕДИКТИВНАЯ ДИАГНОСТИКА ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

**РЕМОНТ ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ СОСТОЯНИЮ.
ОПЫТ ОРГАНИЗАЦИИ, ПРОБЛЕМЫ, ДОСТИЖЕНИЯ, ПЕРСПЕКТИВЫ**

Москва
2022 г.

Электрическая генерация на предприятии. Технологическое присоединение. Опыт внедрения и эксплуатации. Предиктивная диагностика электрического оборудования. Ремонт по техническому состоянию. Опыт организации, проблемы, достижения, перспективы: Материалы совещания. — М.: ООО «НТЦ при Совете главных механиков», 2022. — 232 с.

Представлены избранные доклады участников совещания главных энергетиков нефтеперерабатывающих и нефтехимических предприятий России и СНГ «Электрическая генерация на предприятии. Технологическое присоединение. Опыт внедрения и эксплуатации. Предиктивная диагностика электрического оборудования. Ремонт по техническому состоянию. Опыт организации, проблемы, достижения, перспективы», прошедшего в период с 5 по 8 октября 2021 г.

Сборник подготовили:

Составитель Белоусов Ю.Л.

Редактор Кудинова А.А.

Дизайн и верстка Легкая Е.А.

© Совет главных энергетиков нефтеперерабатывающих
и нефтехимических предприятий России и стран СНГ, 2022

© ООО «НТЦ при Совете главных механиков», 2022

ОПЫТ И КРИТЕРИИ ПРИМЕНЕНИЯ ВЗРЫВОЗАЩИЩЕННЫХ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ ОМД-НТ И ТМД-НТ ДЛЯ ЭЛЕКТРОДЕГИДРАТОРОВ ПРИ ИХ ИЗГОТОВЛЕНИИ, МОДЕРНИЗАЦИИ И РЕМОНТЕ



В.Н. Швецов (на фото), С.Е. Филипов

ЗАО «Нефтех», г. Казань

Несколько лет назад ЗАО «Нефтех» разработало, запатентовало и, совместно с заводом «Тольяттинский трансформатор», освоило производство модельного ряда взрывозащищенных высоковольтных источников питания — трансформаторов для электродегидраторов ТМД-НТ (по схеме Скотта со 100 %-ной реактивностью) и ОМД-НТ (однофазный со 100 %-ной реактивностью). Данные трансформаторы соответствуют самому современному уровню требований безопасности и взрывозащиты: сертификат соответствия № ТС RU C-RU.ИМ43.В.00547; требованиям безопасности Технического регламента Таможенного союза ТР ТС 012/2011 «О безопасности оборудования для работы во взрывоопасных средах»; ГОСТ 31610.0-2012 «Электрооборудование для взрывоопасных газовых сред. Часть 0. Общие требования»; ГОСТ Р МЭК 60079-6-2012 «Взрывоопасные среды. Часть 6. Оборудование с видом взрывозащиты «масляное заполнение оболочки «О»; ГОСТ Р МЭК 60079-7-2012 «Взрывоопасные среды. Часть 7. Оборудование. Повышенная защита вида «Е». Ранее применяемые на электродегидраторах ЭЛОУ трансформаторы ОМ-66/35 являются не взрывозащищенными, а применение трансформаторов ИПМ вследствие их низких мощности, выходного напряжения и качества изготовления бессмысленно.

Очень важным с точки зрения надежности эксплуатации электродегидраторов является применение в их конструкции надежных узлов ввода высокого напряжения, а также подвесных и проходных изоляторов. Для обеспечения взрывозащищенного ввода высокого напряжения в электродегидратор на электродные решетки предлагается использовать маслonaполненный узел ввода высокого напряжения (УВВН). УВВН из-

готовливается в соответствии с требованиями технического регламента Таможенного союза ТР ТС 012/2011 «О безопасности оборудования для работы во взрывоопасных средах» и имеют сертификат на взрывозащищенность (маркировка взрывозащиты ExoПТ6U).

Внешний вид высоковольтного трансформатора ТМД-НТ-150 с узлом ввода высокого напряжения УВВН-250В показан на рис. 1.

Высоковольтные трансформаторы серии ТМД-НТ и ОМД-НТ обладают рядом технических преимуществ, делающих их применение для питания электродегидраторов ЭЛОУ НПЗ оптимальным:

- для электродегидраторов различных объемов и в зависимости от физико-химических и электрофизических свойств нефтей предлагается широкий типоразмерный ряд трансформаторов с мощностью 25, 37,5, 50, 75, 100 и 150 кВА, что позволяет ограничиться



Рис. 1. Внешний вид высоковольтного трансформатора ТМД-НТ-150 с узлом ввода высокого напряжения УВВН-250В

- одним трансформатором на электродегидратор, оптимизировать его конструкцию и снизить стоимость;
- обладают 100 %-ной реактивностью и не критичны к перегрузкам при коротких замыканиях электродов;
 - обеспечивают возможность выбора значений выходного напряжения в широком диапазоне (12, 16,5, 20, 23, 25, 27,5 кВ) путем использования простого переключателя;
 - имеют вариант исполнения по схеме Скотта (3/2 фазного преобразования) с возможностью независимого изменения выходного напряжения на разных высоковольтных выходах, что дает дополнительную эффективность электродегидраторам, используемым на установках подготовки нефти, где возможны колебания технологического режима;
 - отличаются надежной конструкцией, обеспечивающей высокую герметичность корпуса трансформатора и, как следствие, стабильно высокие диэлектрические свойства трансформаторного масла и длительную его эксплуатацию;
 - снабжены всеми необходимыми средствами для контроля тока, напряжения температуры, уровня и давления масла.

За предыдущие два года уже выпущено около 50 шт. трансформаторов различной мощности для вновь изготавливаемых, модернизируемых и ремонтируемых электродегидраторов.

В связи с предстоящими в ближайшее время проектами модернизации ЭЛОУ многих нефтеперерабатывающих предприятий в вариантах приобретения новых электродегидраторов или модернизации и ремонта старых, мы хотим поделиться наработанным опытом и критериями применения высоковольтных трансформаторов ОМД-НТ и ТМД-НТ для их правильного и оптимального выбора в зависимости от типа, размеров и области применения электродегидраторов.

Первоочередным и наиболее важным является вопрос выбора мощности высоковольтного трансформатора из имеющегося ряда от 25 до 150 кВА. Как известно, нефть и водонефтяная эмульсия, обрабатываемая в электродегидраторах, электропроводна. Значения электропроводности нефтяных эмульсий могут отличаться более, чем на порядок в зависимости от сорта нефти, содержания и минерализации водной фазы, температуры и напряженности электрического поля. Кроме электропроводности водонефтяной эмульсии на затраты электроэнергии влияет размер электродегидратора, а конкретно площадь его электродной системы. Соответственно, потребляемая электродегидратором электро-

энергия должна обеспечиваться достаточной мощностью высоковольтного трансформатора во избежание его «подсаживания», уменьшения выходного напряжения и выхода из строя.

Кроме того, в электродегидрататорах протекающий через электроды ток постоянно изменяется, из-за скачков концентрации воды в нефти, уровня вода—нефть и др. вплоть до короткого замыкания при образовании цепочек из капелек воды между электродами. Поэтому в мировой практике и в трансформаторах серий ОМД-НТ и ТМД-НТ для защиты высоковольтных источников питания электродегидрататоров от короткого замыкания применяются встроенные катушки реактивности со 100 %-ной реактивностью. В моменты кратковременных скачков тока данная катушка с очень большой индуктивностью, расположенная последовательно с выходной обмоткой, «заберет» все напряжение на себя, цепочки воды размываются и короткое замыкание прекращается.

Учитывая зависимость выходного напряжения трансформатора от тока нагрузки и свойства реактивной катушки, существует общепринятое мнение, что рабочие расчетные токи в электродегидрататоре высоковольтного источника питания с реактивной катушкой не должны превышать 30 % от тока короткого замыкания высоковольтного источника питания.

С учетом всех вышеупомянутых фактов и реальных значений электропроводностей нефти и площадей электродов нами были произведены расчеты рекомендуемых мощностей высоковольтных источников питания. Результаты расчетов приведены в таблице.

Наличие широкого номенклатурного ряда выпускаемых высоковольтных источников питания, по мощности от 25 до 150 кВА и по типу — однофазные ОМД-НТ и 3/2 фазные по схеме Скотта — ТМД-НТ с возможностью регулирования выходного напряжения в диапазоне от 12 до 27,5 кВ, представляют большие возможности в разработке оптимальных схем электропитания электродов электродегидрататоров с учетом всех необходимых требований к их эффективности, безопасности и надежности.

Рассмотрим основные возможные варианты подключения высоковольтных источников питания типа ОМД-НТ, ТМД-НТ в электродегидрататорах с различной конструкцией электродных систем на примере электродегидрататора ЭГ-160 объемом 160 м³. Как видно из таблицы для такого электродегидрататора мощность высоковольтного источника питания должна быть не менее 100 кВА.

Наиболее современным техническим решением для ЭЛОУ НПЗ является электродегидрататор с трехрядной системой электродов (рис. 2).

Расчеты рекомендуемых мощностей высоковольтных источников питания

Объем электродегидратора, м ³	Исполнение электродной системы	
	Горизонтальная трехрядная металлическая, вариант для УПН: трансформатор ТМД-НТ	Горизонтальная трехрядная металлическая, вариант для ЭЛОУ: трансформатор ОМД-НТ
8	25 кВА	25 кВА
25	25 кВА	25 кВА
50	50 кВА	50 кВА
100	100 кВА	100 кВА
160	150 кВА	100 кВА
200	150 кВА	150 кВА
250	150 кВА	150 кВА

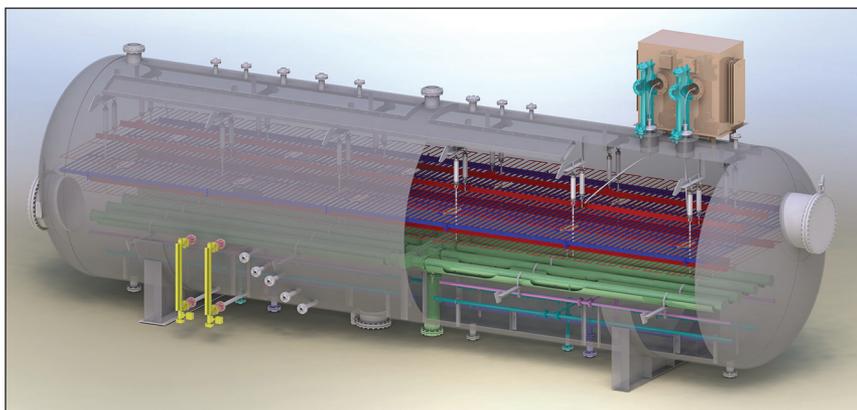


Рис. 2. Электродегидратор с трехрядной системой электродов

Для трехэлектродного электродегидратора возможны три варианта электропитания.

1. Использование одного высоковольтного источника питания типа ОМД-НТ-100. В этом случае высокое напряжение подается на верхний и нижний потенциальные электроды через один УВВН и проходной изолятор (рис. 3).

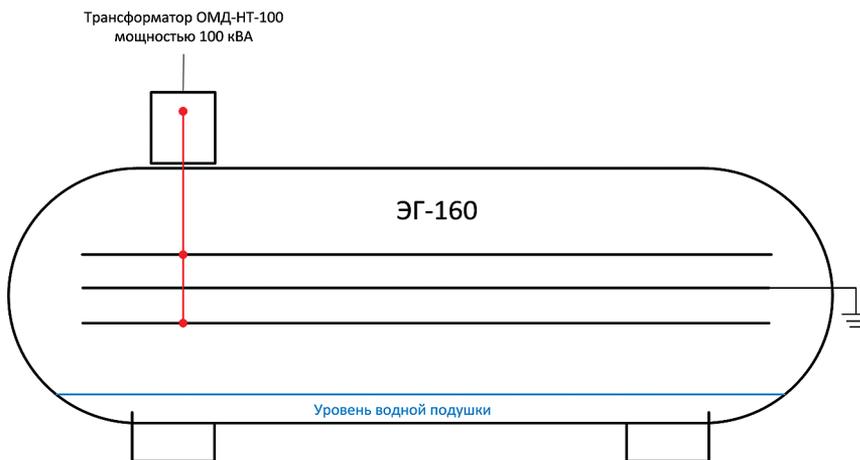


Рис. 3. Схема подключения высоковольтного источника питания электродегидратора с тремя электродными решетками

Этот вариант самый оптимальный по цене и при стабильных параметрах процесса электродеэмульсации нефти позволяет достигать требуемого качества товарной нефти. При возникновении тех или иных осложнений из-за изменения в обрабатываемой нефти концентрации воды, физико-химических свойств эмульсии, которые могут потребовать подачу различного напряжения на верхний и нижний электроды, отсутствие такой возможности при применении одного однофазного ВИП может осложнить задачу достижения глубокого обезвоживания нефти.

2. Использование высоковольтных источников питания 3/2 фазных по схеме Скотта ТМД-НТ. В этом случае напряжение от независимых высоковольтных выходов трансформатора подается отдельно на верхнюю и нижнюю электродные сетки, средний электрод заземляется (рис. 4). Применение высоковольтного источника питания ТМД-НТ-150 позволяет отдельно регулировать и контролировать высокие напряжения на электродах и токи в их цепи. Данное техническое решение позволяет создавать более эффективные режимы электродеэмульсации в межэлектродных зонах в соответствии с распределением концентрации водной фазы нефтяной эмульсии по высоте электродегидратора.

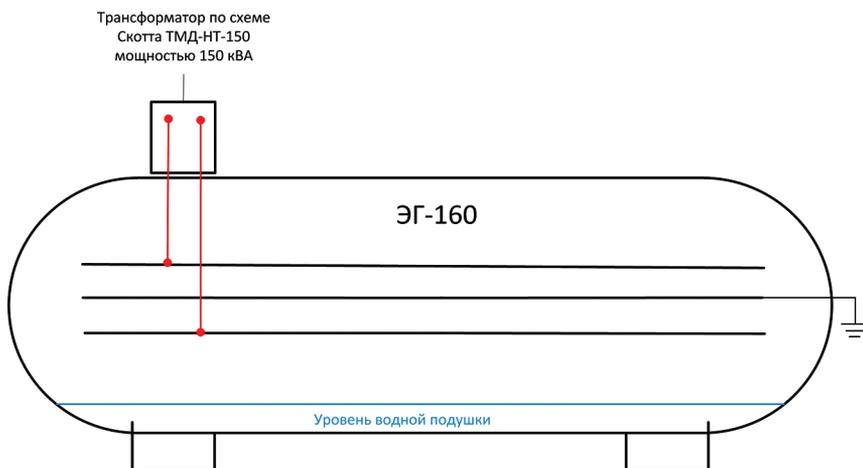


Рис. 4. Схема подключения высоковольтного источника питания по схеме Скотта электродегидратора с тремя электродными решетками

Мощность трансформаторов ТДМ-НТ в этих вариантах подключения к электродам подбирается в зависимости от их объема и размеров самих электродегидраторов и может варьироваться от 100 до 150 кВА.

Дополнительным преимуществом применения высоковольтного источника питания ТМД-НТ от ОМД-НТ является то, что в отличие от однофазного трансформатора он обеспечивает симметричность нагрузок фаз питающей трехфазной сети.

3. Использование двух высоковольтных источников питания типа ОМД-НТ. В этом случае в трехэлектродных электродегидраторах напряжение от одного трансформатора подается на верхний электрод, а со второго — на нижний электрод. Средний электрод заземляется (рис. 5).

Для электродегидраторов объемом 160 м³ рекомендуется применение двух ВИП ОМД-НТ-50 мощностью 50 кВА каждый, а для электродегидраторов объемом 200 и более кубических метров рекомендуется применение двух ВИП ОМД-НТ-100 или даже ОМД-НТ-150 мощностью соответственно 100 и 150 кВА каждый.

Несмотря на некоторое удорожание данного варианта электропитания он имеет дополнительные преимущества, заключающиеся в том, что в этом случае имеется возможность раздельного изменения прикладываемого на разные электроды напряжения с целью изменения

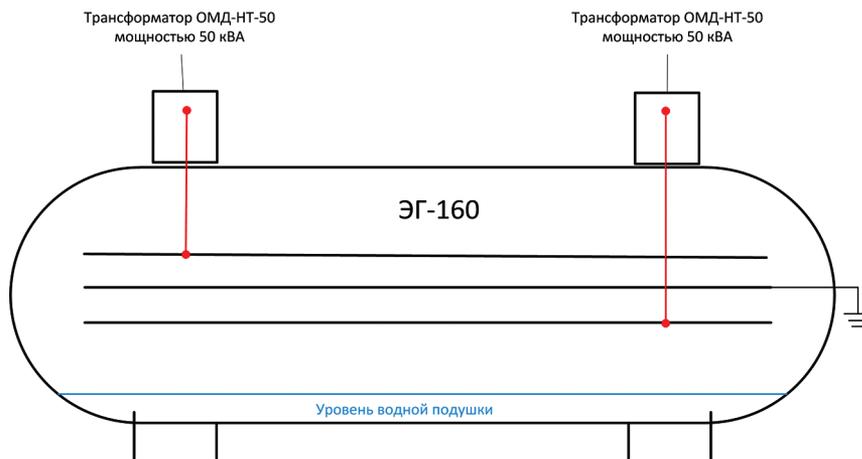


Рис. 5. Схема подключения двух высоковольтных источников питания электродегидратора с тремя электродными решетками

напряженности в зонах электрообработки нефтяной эмульсии при возникновении технологических проблем и просто для достижения максимальной эффективности процесса.

Кроме того, несмотря на высокую надежность рекомендуемой системы электропитания электродегидраторов, нельзя исключить выход из строя одного из элементов, например, проходного изолятора. В этом случае организация мероприятий по проведению ремонтных работ может занять до недели.

При использовании двух высоковольтных источников питания и аварийном отключении одного из них второй трансформатор остается на межремонтный период в работе, электрическое поле между одной парой электродов сохраняется и электродеэмульсация нефти, хотя и с меньшей эффективностью, продолжает происходить и обеспечивать приемлемое качество готовой нефти.

Зачастую нефтяники просят предусмотреть возможность резервирования системы электропитания не только путем дублирования высоковольтного источника питания, а также путем подключения их к независимым питающим линиям. В этом случае работоспособность электродегидратора будет сохраняться и при аварийном отключении одной из низковольтных линий электропитания. Дополнительным ар-

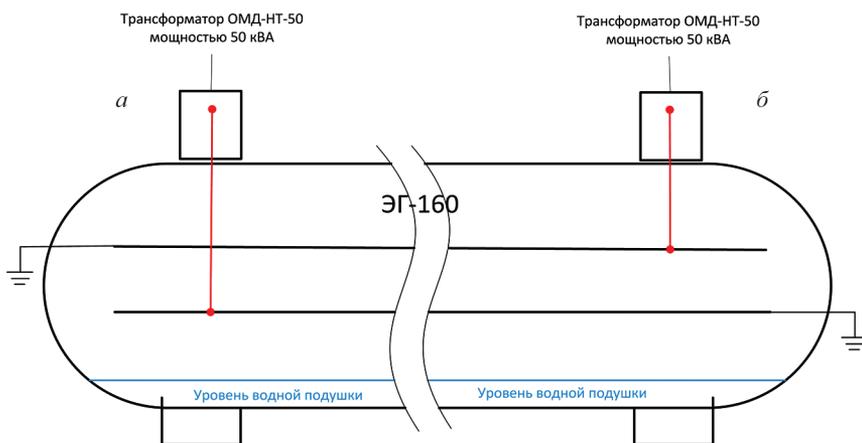


Рис. 6. Схемы подключения высоковольтного источника питания электродегидратора с двумя электродными решетками

гументом в пользу этого варианта электропитания является то, что при замене двух ранее применяемых трансформаторов ОМ-66/35 мощностью 50 кВА каждый не требуется менять питающие кабель и электрооборудование в щите собственных нужд.

В варианте электродегидратора с двухэлектродной системой высокое напряжение подается на нижний электрод (рис. 6, а). В этом случае верхний электрод является заземленным. В зарубежной практике при использовании двухэлектродных электродегидраторов для электродеэмульсации высокообводненных нефтей иногда, для исключения пробоев и коротких замыканий между нижним электродом и слоем воды, применяют вариант подключения высокого напряжения на верхний электрод (рис. 6, б). При этом нижний электрод заземляют. Недостатком этого варианта подключения является малый объем охвата водонефтяной эмульсии электрическим полем.

В ряде случаев для увеличения объема охвата водонефтяной эмульсии электрическим полем в электродегидраторах с двумя электродами применяют два высоковольтных источника питания, подключенных в противофазе (рис. 7). За счет того, что результирующее напряжение между потенциальными электродами равно $U = \sqrt{2}U_1$, будет возможность увеличить расстояние между этими электродами

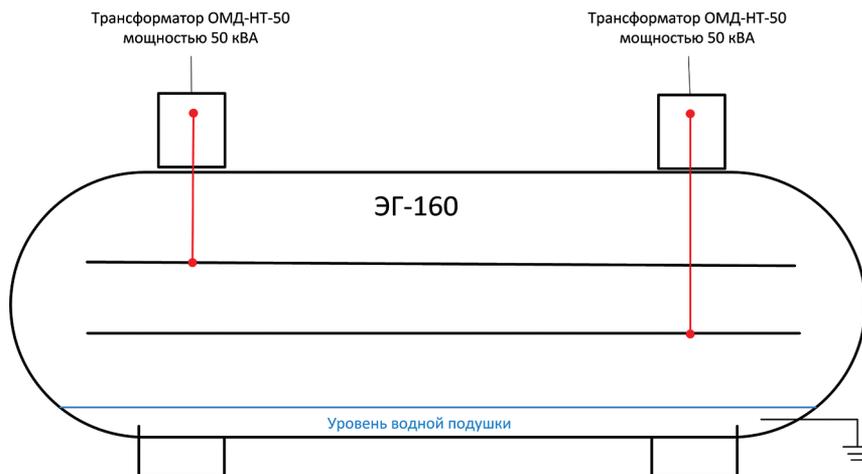


Рис. 7. Схема подключения двух высоковольтных источников питания в электродегидраторе с двумя электродными решетками в противофазе

и, таким образом, увеличить объем охвата эмульсии электрическим полем.

Надеемся, что данная информация поможет главным энергетикам нефтеперерабатывающих предприятий осуществить правильный и оптимальный подбор высоковольтного оборудования для электродегидраторов.