

расходы на техническое обслуживание, включая стоимость обслуживания в результате внезапного отказа. Данный подход будет способствовать безопасной эксплуатации оборудования.

Литература

1. Loganathan Krishnasamy, Faisal Khan, Mahmoud Haddara. Development of a risk-based maintenance (RBM) strategy for a power-generating plant // Journal of Loss Prevention in the Process Industries. January, 2005. P. 69–81.
2. Руководство по организации эксплуатации и технологии технического обслуживания и ремонта оборудования и сооружений нефтеперекачивающих станций : РД 153-39ТН-008-96 : утверждено акционерной компанией «Транснефть» 27.12.1996 : ввод в действие с 1.01.1997. – Уфа : ИПТЭР, 1997. – 205 с.
3. Двигатели синхронные трехфазные СТД / Техническое описание и инструкция по эксплуатации ОВЖ.412.041 ТО. – Лысьва.
4. Современные конструкции трубопроводной арматуры для нефти и газа: Справочное пособие. – М.: Недра, 1976.

ХАРАКТЕРИСТИКИ И ПРОИЗВОДСТВО ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ ТОКА ГРУППЫ СВЭЛ

А.М. Гончаренко, Н.М. Космынина

Научный руководитель доцент Н. М. Космынина

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Работа любой электроэнергетической системы основывается на использовании электротехнического оборудования разного вида. Так, для преобразования напряжения одной системы переменного напряжения в другую или несколько других систем переменного напряжения и передачи больших потоков мощности используются силовые трансформаторы и автотрансформаторы. Совокупности электрических аппаратов и токоведущих частей образуют распределительные устройства разного напряжения и вида (открытые, закрытые, комплектные) - КРУ, а при использовании определенного типа силового трансформатора - комплектные трансформаторные подстанции (КТП, КТПБМ-блочно-модульного исполнения).

Крупнейшим производителем электротехнического оборудования и их совокупностей (КРУ, КТП) является компания СВЭЛ - комплекс предприятий для производства современного электрооборудования

Продукция компании используется в таких предприятиях нефтегазовой промышленности, как ОАО «Роснефть», ОАО «Транснефть», ОАО «ЛУКОЙЛ», ОАО «Газпром», ОАО «ТНК-ВР», ОАО «Сургутнефтегаз», ОАО «Татнефть». Поставляет электротехническое оборудование для производителей буровых установок

В настоящее время группы предприятий «СВЭЛ» осуществляют поставки оборудования на такие крупные проекты ОАО «Газпром»), как «Северный поток», мегапроект «Ямал».

Проект «Северный поток» предусматривает сооружение газопровода от района Усть-Луга Ленинградской области, затем по дну Балтийского моря, затем на территорию Германии (Грайфсвальд). Для обеспечения передачи энергоносителя необходимо провести работы по модернизации существующих электрических станций и подстанций, сетевого оборудования [4].

Мега проект Ямал связан с масштабным освоением перспективного региона России, полуострова Ямал [3]. На Ямале открыты мощные газовые, нефтегазоконденсатные месторождения. Это крупнейший регион добычи газа - 80% российского и около 16% мирового объема. Для энергообеспечения района ведется строительство тепловой электростанции «Полярная» и высоковольтной линии 110 кВ для выдачи мощности в тюменскую энергосистему.

Одним из видов электротехнического оборудования, выпускаемых СВЭЛ, являются измерительные трансформаторы тока.

Измерительные трансформаторы тока - обязательные электрические аппараты для любого учета электроэнергии, включая коммерческий. Точное измерение тока в цепях – это необходимое условие для улучшения качества электроснабжения. Кроме того, это необходимые электрические аппараты для контроля, автоматизации, регулирования, защиты и диспетчеризации всех инженерных систем

Характеристики выпускаемого оборудования приведены в таблице 1 [2].

При разработке измерительных трансформаторов применяются инновационные подходы и опыт ведущих производителей данного оборудования, что позволяет производить трансформаторы с высокой степенью надёжности и точностью измерений.

Погрешность трансформатора тока во многом определяется его конструкцией, то есть такими параметрами, как геометрические размеры и форма магнитопровода, количество витков и сечение провода обмотки. Кроме того, одним из наиболее важных факторов, влияющих на погрешность трансформатора, является материал магнитопровода. Зависимость погрешности трансформатора от первичного тока нелинейна, поскольку напрямую зависит от характеристики намагничивания магнитопровода, которая для магнитных электротехнических материалов также нелинейна. Поэтому требования к классам точности представляют собой некий диапазон, в который должны укладываться погрешности трансформатора. Чем выше класс точности, тем уже диапазон. Разница же между класса ми 0,5 и 0.5 S (или 0,2 и 0.2 S) состоит в том, что погрешность обмотки класса 0,5

не нормируется ниже 5% номинального тока. Именно при таких токах происходит недоучет электроэнергии, который можно сократить в несколько раз, применяя трансформаторы классов точности 0.5 S и 0.2 S [5].

Таблица 1

Характеристики измерительных трансформаторов в тока СВЭЛ

Параметр	Значение (описание)
Тип (в типе указывается конструктивное исполнение, вид изоляции) [1]	ТОЛ – трансформатор опорный с литой изоляцией ТПОЛ – трансформатор проходной опорный с литой изоляцией ТПЛ – трансформатор проходной с литой изоляцией ТШЛ – трансформатор шинный с литой изоляцией
Напряжение	от 0,66 кВ (сети потребителей) до 220 кВ (сети энергосистемы)
Число вторичных обмоток	от 1 до 4
Классы точности обмоток для устройств релейной защиты и автоматики	5P, 10P
Классы точности обмоток для измерения тока (измерительные обмотки)	0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 0,2S; 0,5S; 1,0; 3,0; 10,0
Вид установки	Внутренняя установка Наружная установка

Для изготовления магнитопровода измерительных трансформаторов используется высококачественная анизотропная электротехническая сталь с низкими удельными потерями, что позволяет добиться высокой точности трансформатора при малых первичных токах и получать классы точности 0.5 S и 0.2 S .

Магнитопровод производится на намоточном станке, после чего подвергается термообработке для улучшения характеристик и отправляется на резку. Резка магнитопровода осуществляется на ленточнопильном станке, обеспечивая высокую точность реза, которая необходима для сохранения высокого класса точности. После изготовления каждый магнитопровод проходит проверку на специализированной испытательной станции. Каждый магнитопровод трансформатора тока устанавливается в защитный пластиковый кожух, что позволяет исключить вероятность выхода трансформатора из класса точности в процессе изготовления и эксплуатации.

Следующим этапом процесса производства трансформатора тока является намотка катушек трансформатора. Намотка обмоток идет на полностью автоматизированном оборудовании под контролем высококвалифицированного персонала. На данном этапе наматываются обмотки и накладывается изоляция и защитный бандаж. Современные разработки позволяют изготавливать трансформаторы тока с количеством обмоток до четырех. При этом комбинации классов точности обмоток могут быть самыми различными и удовлетворять любые запросам клиентов.

После намотки обмотки измерительных трансформаторов отправляются на метрологические испытания для проверки их коэффициента трансформации и класса точности. Класс точности каждой обмотки выбирается, в первую очередь, исходя из ее назначения. Все обмотки испытываются индивидуально, и для каждой из них предусмотрена своя программа испытаний [1]. Так, обмотки, предназначенные для коммерческого учета электроэнергии классов точности 0,5 S ,0,2 S -проверяются по пяти точкам в диапазоне от 1 % до 120% от номинального тока. Обмотки для измерений классов 0,5, 0,2 и редко используемого класса 1 испытываются на соответствие ГОСТ по четырем точкам - от 5% до 120%. И, наконец, обмотки, предназначенные для защиты (ЮР и 5P) всего по трем точкам - 50%, 100% и 120% номинального тока. Такие обмотки должны соответствовать классу точности «3».

На этапе сборки активной части трансформатора тока, вторичные обмотки стягиваются хомутами, при этом измерительная и защитная обмотки изолируются шайбой из электротехнического картона. Далее происходит сборка вторичных обмоток с первичным витком и припайка к контактам.

Затем трансформаторы отправляются на участок сборки заливочных форм, где устанавливаются в формы для заливки компаундом. Конструкция заливочных форм обеспечивает точное соблюдение изоляционных расстояний внутри трансформатора. После того как формы собраны, они отправляются в проходные печи для прогрева.

Прогретые формы с активными частями трансформатора устанавливаются в заливочную камеру, в которой создается глубокий вакуум. Процесс полностью автоматизирован. Заливочная линия определяет и дозирует необходимое количество компаунда, с точностью до 5 г.

В основе надежной и длительной работы измерительных трансформаторов с литой изоляцией лежат технология их заливки эпоксидными компаундами и сами типы применяемых компаундов. Измерительные трансформаторы СВЭЛ заливаются в открытые формы в среде глубокого вакуума.

Вероятность возникновения скрытых внутренних дефектов изоляции трансформаторов исключена благодаря специальной конструкции формы с открытой верхней частью и индивидуальному подбору режимов заливки для каждого типа трансформатора.

Используемые технологии позволяют выпускать оборудование с различными видами изоляции, например для 110 кВ используется литая изоляция. Данный вид изоляции способен выполнить полную герметичность трансформатора, что ведет к надежности и минимальному объему необходимых работ при обслуживании оборудования, находящегося в работе.

Также следует отметить, что электротехническое оборудование, выпускаемое СВЭЛ, способно работать в

сложных условиях, в том числе и погодных.

Литература

1. ГОСТ 7746-2001 Трансформаторы тока. Общие технические условия. - М.: ИПК Издательство стандартов, 2001. – 29 с.
2. Измерительные трансформаторы [Электронный ресурс] // ГруппаСвердловскЭлектро «СВЭЛ»: офиц. сайт. – Режим доступа: <http://svel.ru/ru/>, свободный. - Загл. с экрана (дата обращения: 26.12.2016).
3. Мегапроект «Ямал» [Электронный ресурс] // Газпром: офиц. сайт. – Режим доступа: <http://www.gazprom.ru/about/production/projects/mega-yamal/>, свободный. – Загл. с экрана (дата обращения: 26.12.2016).
4. Северный поток [Электронный ресурс] // Газпром: офиц. сайт. – Режим доступа: <http://www.gazprom.ru/about/production/projects/pipelines/active/nord-stream/>, свободный. – Загл. с экрана (дата обращения: 26.12.2016).
5. Электрические аппараты : учебное пособие для вузов / Е. Ф. Щербаков, Д. М. Александров. — Москва: Инфра-М Форум, 2015. — 302 с.

ПРИМЕНЕНИЕ ПРИНЦИПА ТЕПЛОВОГО НАСОСА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ГАЗОФРАКЦИОНИРУЮЩЕЙ УСТАНОВКИ ГФУ-2

А.А. Губских

Научный руководитель старший преподаватель О.А. Реутова

Российский государственный университет нефти и газа (НИУ) имени И. М. Губкина, г. Москва, Россия

В «Основных положениях энергетической стратегии России», утверждённых правительством РФ, главной целью является определение путей и условий наиболее эффективного использования энергетических ресурсов. Одной из основных задач на сегодня является максимальное использование возможностей нетрадиционной энергетики.

Актуальность данной работы определяется наличием большого количества вторичных источников энергии на производстве, которые необходимо грамотно использовать для получения наибольшей экономической выгоды [3].

Целью данного проекта является снижение энергозатрат на установке ГФУ-2.

Задачи проекта:

1. Рассмотреть варианты внедрения тепловых насосов на компьютерной модели установки
2. Рассчитать оборудование из которого состоят тепловые насосы
3. Дать технико-экономическое обоснование выбранному варианту реконструкции

Тепловые насосы парокомпрессионного и абсорбционного типов в промышленных и экономически развитых странах используются достаточно широко. Они доказали свою экологическую и энергетическую эффективность [2]. В настоящее время в РФ наблюдается повышенный интерес к тепловым насосам [6]. Это связано, в первую очередь, с ростом цен на энергоносители и проблемами экологии.

Установка ГФУ состоит из сырьевого парка, блока подготовки сырья, блока отделения сухого газа, разделения пропан-бутановой, бутановой и изопентановой фракций.

Была построена компьютерная модель всей установки ГФУ-2, которая хорошо согласуется с опытными данными с производства. Относительная погрешность моделирования не превышает 2,0%. На данной модели проведён анализ возможности интеграции теплового насоса. Тепловые насосы в процессах газофракционирования целесообразно использовать при соблюдении следующих эвристических параметров: незначительной разнице температур между низкопотенциальным потоком и подогреваемым контуром [4, 6], низких температурах верха колонны (не более 70 °С) [5, 8], достаточной чистоте греющего потока, больших энергозатратах на разделение [4, 6, 8].

Выяснено, что наиболее эффективно осуществить реконструкцию возможно в бутановом блоке, так как данный блок подходит по всем рекомендуемым эвристическим параметрам.

В бутановом блоке разделения (колонны К-5 и К-5А) происходит отделение н-бутана от изобутана. Для обеспечения нижнего циркуляционного орошения колонны К-5 используется поток н-бутана с подогревом его водяным паром. Для соблюдения технологического режима необходима подача 14,7 т/ч перегретого водяного пара в кипятильник Т-7 колонны К-5. В свою очередь, тепло потока, выходящего с верха колонны К-5А, безвозвратно теряется, рассеиваясь в окружающую среду.

Предлагается использование тепла потока изобутановой фракции, отходящего с верха колонны К-5А, для обогрева нижнего циркуляционного орошения колонны К-5, путём внедрения комплекса теплового насоса.

Рассмотрение вариантов интеграции двух видов тепловых насосов, парокомпрессионного (ПКТН) и абсорбционного бромисто-литиевого (АБТН) [1, 7], было выполнено в моделирующей программе UniSim Design. В результате поэтапно была построена модель установки газофракционирования ГФУ-2, в частности, бутановый блок разделения изобутановой фракции.

Бутановый блок разделения был смоделирован по трём вариантам – одному базовому и двум с интеграцией различных видов тепловых насосов. В результате внедрения ПКТН, расход водяного пара снижается с 14,7 т/ч