

Федеральное агентство по образованию
Государственное общеобразовательное учреждение высшего
профессионального образования
«УФИМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НЕФТЯНОЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ, ЭЛЕКТРОПРИВОД
И ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ**

Сборник научных трудов
II Всероссийской научно-технической конференции

19-20 марта 2009 г.

Том 2

УФА 2009

УДК 621.3: 622
ББК 31.2
Э 45

Редакционная коллегия:
В.А. Шабанов (отв. редактор)
С.Г. Конесев (зам. отв. редактора)
М.И. Хакимьянов
К.М. Фаттахов
С.В. Чигвинцев

Рецензенты:

Начальник научной части УГАТУ, доктор технических наук, профессор
Г.Н. Утляков
Зав. кафедрой ТОЭ БГАУ, доктор технических наук, профессор
В.М. Сапельников

Э45 Электротехнологии, электропривод и электрооборудование
предприятий: сборник научных трудов II Всероссийской научно-
технической конференции: в 2 т. Т. 2 / редкол.: В.А. Шабанов и др.– Уфа:
Изд-во УГНТУ, 2009. – 259 с.

ISBN 978-5-7831-0867-9

Сборник научных трудов содержит научные доклады (статьи) и тезисы докладов, представленных на II Всероссийскую научно-техническую конференцию с международным участием «Электротехнологии, электропривод и электрооборудование предприятий». Научные доклады охватывают широкий круг проблем в области преобразования, потребления и распределения электроэнергии, моделирования электроприводов технологических установок, диагностики электрооборудования, разработки новых средств релейной защиты и автоматики, автоматизации технологических процессов.

УДК 621.31
ББК 31.2

ISBN 978-5-7831-0867-9

© Уфимский государственный нефтяной
технический университет, 2009
© Коллектив авторов, 2009

**РАЗРАБОТКА УСТАНОВКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО НАГРЕВА
ЖИДКОСТИ В ТРЕХФАЗНОМ ИНДУКТОРЕ С ВРАЩАЮЩИМСЯ
МАГНИТНЫМ ПОЛЕМ**

А.И. Данилушкин, Е.А. Никитина, А.В. Кожемякин

(Самарский государственный технический университет, г. Самара)

В работе исследуется индукционная установка для нагрева нефти и вязких нефтепродуктов теплом, выделяющимся в стальном цилиндре под действием вихревых токов, индуцированных обмоткой трехфазного индуктора. Индуктор выполнен в форме статора асинхронной машины. Массивный ротор представляет собой полый толстостенный цилиндр, в стенке которого выполнены сквозные отверстия, расположенные вдоль аксиальной координаты. Поток нагреваемой жидкости проходит через отверстия в стенке неподвижного полого цилиндрического ротора. Предлагаемая конструкция позволяет обеспечить равномерную загрузку трех фаз сети, существенно повысить коэффициент мощности системы и коэффициент полезного действия, уменьшить влияние краевых эффектов. Однако реализация такого метода нагрева требует решения ряда задач, связанных с исследованием электромагнитных и тепловых полей системы, разработкой конструкции индуктора, расчетом и выбором оптимальной схемы трехфазной обмотки.

Моделирование процесса сводится к решению двух взаимосвязанных задач – электромагнитной и тепловой. Для получения аналитического решения электромагнитной задачи используется подход Неймана. Сущность подхода заключается в том, что нелинейная зависимость аппроксимируется отрезком параболы; вводится комплексная магнитная проницаемость, модуль которой зависит от амплитуды первой гармоники напряженности магнитного поля, а аргумент определяет потери на гистерезис. Таким образом, нелинейные уравнения электромагнитного поля приводятся к линейным уравнениям с переменными коэффициентами. Поскольку амплитуды магнитной индукции и

напряженности при любом фиксированном расстоянии от поверхности ферромагнитной среды сохраняют постоянные значения в направлении движения бегущей волны электромагнитного поля, модуль магнитной проницаемости без учета поперечного эффекта является функцией лишь одной координаты. В соответствии с этим принято, что магнитная проницаемость по глубине цилиндра изменяется по квадратичному закону. Тем самым уравнение для магнитного поля сводится к уравнению Эйлера. Исследование проводится с разбиением цилиндра на слои, внутри которых изменение магнитной проницаемости также происходит по квадратичному закону. Задача формулируется как дифференциальное уравнение в частных производных относительно комплексной амплитуды векторного магнитного потенциала. В осесимметричном случае точечный источник соответствует тонкому кольцевому проводнику, перпендикулярному плоскости модели. Плотность тока, заданная на ребре модели, определяется граничным условием Неймана.

Процесс нагрева потока жидкости описывается системой дифференциальных уравнений с частными производными второго порядка. Источники тепла принимаются равномерно распределенными по радиусу на расстоянии, соответствующем глубине проникновения тока в металл ротора. Теплообмен между стенкой ротора и потоком жидкости описывается граничными условиями четвертого рода. Высокая вязкость нагреваемой жидкости предопределяет ламинарный характер течения, причем скорость потока по сечению неравномерна. Это обстоятельство существенно усложняет расчет температурного поля в жидкости. Численное моделирование процесса осуществлялось с помощью среды технологических расчетов ELCUT. Программа позволяет за счет большего числа элементов решить электромагнитную и тепловую задачи для тел сложной формы с высокой точностью. Для расчета энергетических характеристик индукционной системы и выбора геометрических параметров индуктора производился расчет теплового и электромагнитного полей на базе метода конечных элементов.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В ЭЛЕКТРОТЕРМИИ

Л.С. Зимин, Р.В. Карушин, А.М. Щелочкова

(Самарский государственный технический университет, г. Самара)

Предприятия, использующие методы технологического нагрева, вынуждены решать - какой носитель конечной энергии с учетом экономических и технологических критериев обеспечивает по возможности оптимальный процесс нагрева. Экономическая и экологическая эффективность выбранного метода нагрева зависят от соотношения между величиной конечной энергии и количеством затраченной первичной энергии. При этом понятие первичной энергии включает в себя всю технологическую цепочку по обеспечению потребителя энергией, где особенно важно выделение углекислого газа при использовании различных носителей конечной энергии, таких как электричество, природный газ, жидкое топливо или уголь. С указанной выше точки зрения электрическая энергия является наиболее выгодной. Во многих случаях рациональное использование теплоты, выделяющейся в электротермических процессах, приводит к сокращению потребления энергии, сбережению ресурсов и снижению влияющих на климат выбросов углекислого газа. Производство электрической энергии возможно из всех носителей первичной энергии. При этом могут применяться малоценные энергоносители, а также такие, как ядерная энергия, мусор или низкосортный каменный уголь, а также гидроэнергия, ветер и солнечная радиация. Кроме того, особые физические свойства электроэнергии обеспечивают стабильно высокое качество продукции, высокую степень автоматизации, технологическую гибкость и улучшенные условия труда.

Электротермические процессы являются необходимой частью многих промышленных технологий, в том числе при переработке и транспорте нефти (подогрев трубопроводов). Вследствие уменьшения мировых запасов