DOI: 10.17117/na.2016.12.02.178

<http://ucom.ru/doc/na.2016.12.02.178.pdf>

Поступила (Received): 26.12.2016

Хисматуллин А.С., Шарипов И.Г. Применение барботирования для охлаждения силовых масляных трансформаторов

Hismatullin A.S., Sharipov I.G.
Application for cooling bubbling power oil transformers

В данной работе представлен способ охлаждения силовых масляных трансформаторов с использованием барботирования элегазом

Ключевые слова: масляные трансформаторы, барботирование элегазом, высокая инерционность, эффективность охлаждения

This paper presents a method for cooling power oil transformers with insulating gas bubbling

Key words: oil transformers, bubbling sulfur hexafluoride, high inertia, cooling efficiency

Хисматуллин Азат Салаватович

Кандидат физико-математических наук, доцент
Уфимский государственный нефтяной
технический университет
г. Салават, ул. Губкина, 22 Б

Hismatullin Azat Salavatovich

Candidate of Physical and Mathematical Sciences,
Associate Professor
Ufa state oil technical university
Salavat, Gubkin st., 22 B

Шарипов Ильяс Гумарович

Студент
Уфимский государственный нефтяной
технический университет
г. Салават, ул. Губкина, 22 Б

Sharipov Ilyas Gymarovich

Student
Ufa state oil technical university
Salavat, Gubkin st., 22 B

К энергетическому и электротехническому оборудованию нефтегазового комплекса предъявляются высокие требования надежности [1-6]. Например, аварийный выход из строя силового трансформатора может повлечь за собой остановку технологической установки, привести к аварии с большим экологическим и экономическим ущербом.

Существующие системы охлаждения силовых масляных трансформаторов имеют ряд недостатков, одним из основных которых является высокая инерционность, из-за чего при кратковременных перегрузках не обеспечивается достаточно эффективный отвод тепла от обмоток, следствием этого является снижение ресурса и надежности трансформатора. В работах [7-10] представлена теоретическая модель системы охлаждения силового масляного трансформатора с использованием всплывающих пузырьков элегаза (SF_6), позволяющей повысить эффективность охлаждения обмоток при перегрузках.

При наличии всплывающих пузырьков SF_6 возникает сложное поле скоростей, в котором условно можно выделить слои, смещающиеся относительно

друг друга. Максимальное смещение слоя происходит при его нахождении на уровне центра пузырька. Процесс теплообмена между слоями приводит к тому, что возникает перенос тепла вдоль оси Ox за счет трансцилляторной составляющей [3]. При определенных условиях величина трансцилляторного потока может на несколько порядков превышать молекулярный, поэтому исследование механизма трансцилляторного переноса имеет важное значение.

Для вычисления коэффициента трансцилляторного переноса вектор конвективного потока тепла усредняется по периоду колебаний. Несмотря на то, что среднее значение проекции скорости по пространственным координатам при колебательном движении равно нулю среднее значение конвективного потока, не равно нулю, так как температурное поле зависит от скорости. Для определения коэффициента трансцилляторного переноса λ_{tr} необходимо величину усредненного конвективного потока тепла $\langle j_{cv} \rangle$ привести к виду, аналогичному закону теплопроводности Фурье:

$$\langle j_{cv} \rangle = -\lambda_{tr} \langle \nabla T \rangle. \quad (1)$$

Из (1) видно, что для определения коэффициента трансцилляторного переноса следует найти поля скоростей и температуры для периодических движений жидкости, возникающих при всплывании газовых пузырьков в жидкости. В результате проведенных исследований установлено, что коэффициент температуропроводности возрастает в десятки раз [8]. Это означает, что при всплывании газовых пузырьков возникает трансцилляторный перенос, который является преобладающим.

На основе проведенных исследований явлений теплопереноса в жидкости со всплывающими газовыми пузырьками [4] могут быть разработаны промышленные установки с регулируемыми коэффициентами теплопроводности, например, более эффективная система охлаждения масляных трансформаторов с использованием всплывающих пузырьков элегаза. Для проверки предложенного способа повышения эффективности системы охлаждения масляных трансформаторов были проведены экспериментальные исследования. Для экспериментальных исследований использовался трансформаторный бак диаметром 40 см, высотой 35 см.

Уровень трансформаторного масла в баке составлял 10 см.

При проведении первой серии экспериментов масло нагревали до температуры 70 °C, затем осуществляли пассивное охлаждение за счет теплопереноса через стенки бака при комнатной температуре с фиксированием температуры масла через каждые 5 минут с помощью пирометра и тепловизора.

По данным измерений был построен график остывания масла в функции времени (кривая 1). Во второй серии экспериментов для охлаждения масла использовалось барботирование элегазом с помощью специального компрессора. По данным измерений был построен график остывания масла при барботаже в функции времени (кривая 2). Результаты экспериментов убедительно доказывают повышение эффективности охлаждения при барботировании масла элегазом.

Рис. 1. Экспериментальные графики зависимости остывания трансформаторного масла: 1 – без барботажа; 3 – при барботаже; 2 и 4 – соответствующие линии аппроксимации

Результаты экспериментальных исследований подтвердили эффективность предложенного способа охлаждения силовых масляных трансформаторов с использованием барботирования элегазом. Применение предложенного способа повышения эффективности охлаждения силовых масляных трансформаторов позволяет увеличить их эксплуатационный ресурс и надежность.

Список используемых источников:

1. Баширов М.Г., Хисматуллин А.С., Галлямов Р.У. Интегральный критерий оценки технического состояния силовых масляных трансформаторов // Энергетик. 2016. № 7. С. 24-26.
2. Салиева Л.М., Зайнакова И.Ф., Хуснутдинова И.Г., Баширов М.Г., Хисматуллин А.С. Хроматографический метод оценки технического состояния силовых и масляных трансформаторов // Экологические системы и приборы. 2015. № 12. С. 35-41.
3. Хисматуллин А.С., Вахитов А.Х., Феоктистов А.А. Система охлаждения трансформаторного масла на основе трансцилляторного переноса тепла // Энергобезопасность и энергосбережение. 2016. № 4. С. 43-46.
4. Хисматуллин А.С. Теоретическое и экспериментальное исследование теплопереноса в жидкости с газовыми пузырьками: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук. Уфа, 2010.
5. Хисматуллин А.С., Хисматуллин А.Г., Буланкин Е.И., Камалов А.Р. Математическое моделирование систем электроснабжения, обеспечивающих безотказную работу // Современные наукоемкие технологии. 2016. № 1-1. С. 51-54.
6. Хисматуллин А.С., Вахитов А.Х., Феоктистов А.А. Методика технического обслуживания и ремонта промышленных силовых трансформаторов по техническому состоянию // Фундаментальные исследования. 2016. № 2-2. С. 308-313.
7. Хисматуллин А.С., Вахитов А.Х., Феоктистов А.А. Исследование теплопереноса в промышленных силовых трансформаторах с элегазовым охлаждением под воздействием вибрации // Успехи современного естествознания. 2015. № 12-0. С. 173-176.
8. Хисматуллин А.С. Исследование теплопереноса в жидкости с газовыми пузырьками // Saarbrücken, 2011.
9. Хисматуллин А.С., Гареев И.М. Исследование переноса интегрального параметра в жидкости с газовыми пузырьками // Экологические системы и приборы. 2015. № 7. С. 38-42.
10. Хисматуллин А.С., Гареев И.М. Моделирование переходных процессов с учетом конфигурации магнитной системы // Вестник научных конференций. 2015. № 2-6 (2). С. 150-151.