

УДК 621.315.62

## ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ ТРАНСФОРМАТОРНОГО МАСЛА В КАНАЛЕ МОДЕЛИ ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ВВОДА

ХАЛЬЗЕВ И. А., магистрант; рук. ПРУСАКОВ М. В., аспирант. (ИГЭУ)

Проведены экспериментальные наблюдения особенностей формирования движения гидродинамических потоков трансформаторного масла в масляном канале модели высоковольтного ввода. Выявлены закономерности движения масла при различных режимах нагрева ввода и его углах наклона.

Исследование гидродинамических процессов, происходящих в масляном канале ввода, производилось на экспериментальной установке, включающей в себя: модель высоковольтного ввода, катетометр для оптического наблюдения за движением масла, высоковольтный источник питания переменного напряжения, измерительные приборы. Физическая модель ввода состояла из центральной трубы, бумажной изоляции (изоляционный остов), масляного канала, верхней и нижней стеклянных крышек для визуального наблюдения за движением масла, а также металлической соединительной втулки и расширителя. Нижняя часть модели ввода помещалась в нагретое до температуры 85-90 °C масло, находящееся в стеклянном баке.

Исследования проводились при следующих условиях:

- нагрев модели ввода от центральной трубы и масла бака;
- нагрев модели ввода только от масла бака;
- нагрев модели ввода от центральной трубы и масла бака при наклоне ввода на 15°;
- нагрев модели ввода только от масла бака при наклоне ввода на 15°;
- при подаче высокого напряжения на модель ввода при различных температурных режимах.

Проведенные эксперименты показали, что в масляном канале модели ввода при различных режимах её работы существует интенсивное гидродинамическое движение масла.

При нагреве модели ввода от центральной трубы и масла бака в канале ввода существуют два замкнутых гидродинамических потока. В области верхней стеклянной крышки наблюдался восходящий поток около остова и нисходящий рядом со стеклом. В области нижней стеклянной крышки имеется восходящий поток около стекла и нисходящий около остова. При этом отмечается, что в верхней части ввода скорость восходящего и нисходящего потоков уменьшается при приближении к вершине модели, а в нижней части ввода восходящий поток увеличивает свою скорость при приближении к соединительной втулке, нисходящий же поток имеет скорость у втулки меньше, чем у основания модели. Это связано с изменением температуры масла по высоте модели.

При нагреве модели ввода только от масла бака в масляном канале наблюдаются два замкнутых гидродинамических потока масла в верхней и нижней частях ввода. В области верхней стеклянной крышки восходящий поток смещен относительно остова в одну сторону, а нисходящий – в противоположную. В области нижней стеклянной крышки наблюдается восходящий поток около стекла и нисходящий около остова. В верхней части скорость восходящего и нисходящего потоков снижается при увеличении высоты. В нижней части скорость потоков у соединительной втулки больше, чем у основания ввода.

При нагреве модели ввода от центральной трубы и масла бака при наклоне на 15° нисходящие и восходящие конвективные потоки движутся под углом к остову из-за действия силы тяжести. В области верхней стеклянной

крышки восходящий поток смещен относительно остова в одну сторону, а нисходящий – в противоположную. В области нижней стеклянной крышки имеется восходящий поток около стеклянной крышки и нисходящий около остова. При приближении к вершине масляного канала происходит уменьшение скорости восходящего и нисходящего потоков.

При нагреве модели ввода только от масла бака при наклоне на 15° нисходящие и восходящие конвективные потоки движутся под углом к остову из-за действия силы тяжести. В области верхней стеклянной крышки наблюдался восходящий поток около остова и нисходящий рядом со стеклом. В области нижней стеклянной крышки имеется восходящий поток около стеклянной крышки и нисходящий около остова. При приближении к вершине масляного канала происходит уменьшение скорости восходящего и нисходящего потоков.

Подача высокого напряжения на модель ввода при различных температурных режимах не привела к видимому изменению распределения гидродинамических потоков масла, которые остались такими же, как и без подачи напряжения. Предположительно это связано с тем, что энергия частиц при направленном их движении в потоке масла значительно больше энергии взаимодействия неоднородного электрического поля с этими частицами. В то же время в пристеночном слое, около поверхности твердой изоляции остова, крупные частицы при подаче высокого напряжения оседали на поверхности остова. Это обусловлено тем, что скорость потока частиц в этом месте мала. При отсутствии внешнего поля частицы перемещались по поверхности изоляции. Следовательно, в пристеночном слое на движение крупных частиц наибольшее влияние оказывает сила, возникающая в неоднородном электрическом поле.

### Основные результаты

Общий анализ изменения скоростей по высоте масляного канала показывает, что скорость потоков в верхней части модели ввода уменьшается при приближении к вершине масляного канала. В нижней части скорость увеличивается при приближении к соединительной втулке.

Обращает на себя внимание наличие двух замкнутых потоков в верхней и нижней частях ввода, между которыми не происходит заметного массообмена. Поэтому в нижней части ввода масло за время эксплуатации подвергается повышенным температурным воздействиям, что приводит к ускоренным темпам его старения.

Гидродинамическое движение масла в канале высоковольтного ввода оказывает существенное влияние на поведение примесных частиц, содержащихся в масле, в том числе и вблизи твердых стенок канала.