

ЭЛЕКТРОЭНЕРGETИКА

УДК 621.315.61

Конесев С.Г., Мухаметшин А.В., Конев А.А., Шаяхметов И.И.

РАЗРАБОТКА КОМПЬЮТЕРНОЙ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА ИСПЫТАНИЯ ЖИДКИХ ЭЛЕКТРОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

В статье поставлена задача разработки компьютерной модели в программе Elcut 6.0, которая позволит оценить качество жидких электроизоляционных материалов путем определения величины пробивного напряжения без производства работ по высоковольтным испытаниям.

Ключевые слова: пробивное напряжение, трансформаторное масло, пробой, компьютерная модель.

ВВЕДЕНИЕ

Надежность жидких электроизоляционных материалов определяется величиной пробивного напряжения. Например, значение пробивного напряжения трансформаторного масла является основным показателем надежности его работы по обеспечению требуемой изоляции в электрических аппаратах. Испытание проводят в соответствии с требованиями ГОСТ 6581–75.

На современном рынке испытательных установок жидких диэлектриков сегодня можно встретить различные виды испытательных установок. В **табл. 1** представлены наиболее часто встречаемые фирмы-производители и технические характеристики их продукции.

Таблица 1
Технические характеристики и фирмы-производители аппаратов для испытания жидких диэлектриков

Наименование оборудования	Страна-производитель	$U_{\text{сети}}$, В	$f_{\text{сети}}$, Гц	$U_{\text{исп.}}$, кВ	$P_{\text{ном. max}}$, кВ·А	Масса, кг
УИМ-90м	Россия	220	50±2	90	0,3	19,5
КПН-901	Россия	220	50	10-90	0,1	4
АИМ-90	Россия	220	50	90	0,5	35
АСПМ-90-1	Россия	220	50	90	0,6	80
СКАТ-М100	Россия	220	50	0-110	0,1	45
DPA75 C BAUR	Австрия	84-264	47-63	0-75	0,06	21
DTL C	Австрия	220-230	50-60	0,5-2	0,5	28
АИМ-90Ц	Россия	220	50	10-90	0,5	40
OTS100AF/2	Великобритания	220	50	0-100	—	41
OTS80AF	Великобритания	90-264	48/63	0-80	0,3	30
АСТ-2М	Россия	220±11	50±0,5	0-2	0,14	9,7
АИМ-92	Россия	220±11	50	0-92	0,5	35
АИМ-90А	Россия	220±22	50	0-90	0,5	44
ВА100	Швейцария	85-264	47-63	0-100	0,075	32

Для определения пробивного напряжения жидких электроизоляционных материалов используют установки, принципиальная схема которых согласно ГОСТ 6581–75 представлена на **рис. 1** [1].

Для проведения высоковольтных испытаний также могут использоваться установки с иными схемотехническими решениями [2, 3].

Для испытания трансформаторного масла, с целью измерения пробивного напряжения, применяем отечественный аппарат АИМ–90М, в котором используют измерительную ячейку со сферическими электродами. Зазор между электродами должен составлять $2,5 \pm 0,5$ мм. Контроль зазора между электродами про-

веряется щупом, который входит в комплект поставки прибора.

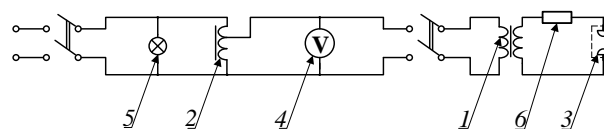


Рис. 1. Принципиальная схема установки для определения пробивного напряжения жидких электроизоляционных материалов:

- 1 - высоковольтный испытательный трансформатор;
- 2 - регулировочный трансформатор;
- 3 - измерительная ячейка; 4 – вольтметр; 5 – сигнальная лампа; 6 – защитное сопротивление

Электротехнической лабораторией ООО НИЦ «Энергодиагностика» (г. Уфа) для проведения исследования было предоставлено два образца, показанные на **рис. 2**.

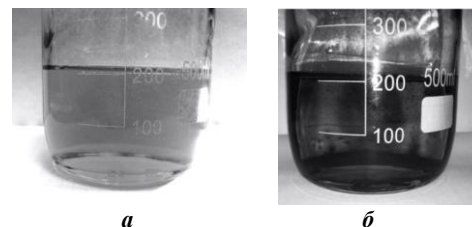


Рис. 2. Образцы для испытания: образец №1 – трансформаторное масло после года эксплуатации (а); образец №2 – трансформаторное масло после пяти лет эксплуатации (б)

На **рис. 3** представлен момент пробоя трансформаторного масла.

На **рис. 4** представлены показания киловольтметров, при испытании образцов №1 и 2.

По результатам моделирования процесса испытания трансформаторного масла образцов №1 и 2 в программе Elcut 6.0 получены значения напряжения пробоя моделируемых образцов и построены картины силовых линий напряженности электрического поля в процессе испытания (**рис. 5**). Результаты экспериментальных данных и компьютерного моделирования представлены в **табл. 2**.

Как видно из **рис. 5, а и б**, по картине силовых линий напряженности электрического поля можно сделать вывод о плохом качестве масла образца №2.

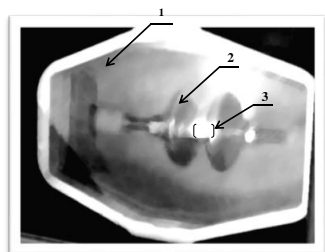


Рис. 3. Пробой испытуемого объекта:
1 – колба для налива масла; 2 – электрод; 3 – процесс пробоя масла, искровой промежуток

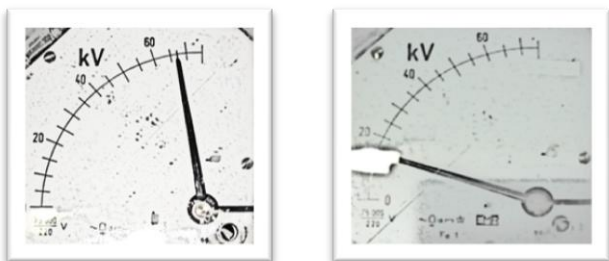


Рис. 4. Результаты испытаний:
а – результаты пробивного напряжения образца №1;
б – результаты пробивного напряжения образца №2

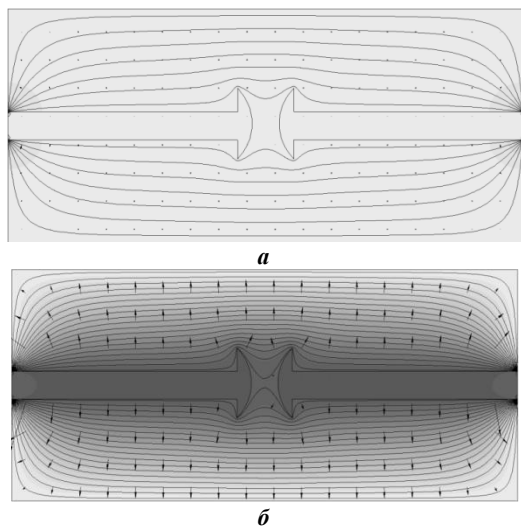


Рис. 5. Картина поля напряженности:
а – образец №1; б – образец №2

Таблица 2
Результаты компьютерного моделирования
и экспериментальных данных

Параметр	Экспериментальные данные		Компьютерное моделирование (Elcut 6.0)	
	Образец №1	Образец №2	Образец №1	Образец №2
Напряжение пробоя масла, кВ	67	14	65,2	14,4
Электропроводность масла, См/м	—	—	$1 \cdot 10^{-10}$	$1 \cdot 10^{-7}$

Различие результатов компьютерного моделирования и результатов испытаний находится в пределах 2,7%, что полностью подтверждает адекватность разработанной модели. Полученная компьютерная модель в программе Elcut 6.0 позволяет при отсутствии высоковольтного испытательного оборудования произвести оценку качества жидкого диэлектрика с высокой достоверностью. Достаточно определить диэлектрическую проницаемость трансформаторного масла (например, автоматизированной установкой измерения диэлектрических потерь трансформаторного масла «Тангенс-3М») и измерить его электропроводность (приборами ИМП-1, ЭЛ-4М, СТИ-750 и др), а затем, в программе Elcut 6.0, заложив эти параметры смоделировать испытание масла на пробой, и выдать заключение.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- ГОСТ 6581-75. Материалы электроизоляционные жидкие. Методы электрических испытаний.
- Новые схемотехнические решения резонансной высоковольтной испытательной установки / Конесев С.Г., Мухаметшин А.В., Хазиева Р.Т., Стрижев Д.А. // Инновационные направления развития электропривода, электротехнологий и электрооборудования: межвуз. сб. науч. трудов. Уфа: УГНТУ, 2012. С. 178-183.
- Конесев С.Г., Мухаметшин А.В., Кириллов Р.В. Выбор схемы ВИУ для работы в резонансном режиме // Сборник научных трудов конференции «I Международная (IV Всероссийская) научно-техническая конференция». Уфа: УГНТУ, 2013. С.209-215.

INFORMATION IN ENGLISH

COMPUTER MODEL DEVELOPMENT FOR LIQUID ELECTRICAL INSULATING MATERIALS TESTING

Konesev S.G., Muhametshin A.V., Konev A.A., Shayahmetov I.I.

The article is concerned with a computer model development using Elcut 6.0 application, which will assess the quality of liquid insulating materials by determining the value of the breakdown voltage without carrying out any high-voltage tests.

Keywords: breakdown voltage, transformer oil, breakdown, computer model.

REFERENCES

- GOST 6581-75. Liquid electrically insulating materials. Methods of electrical testing.
- Konesev S.G., Muhametshin A.V., Khazieva R.T.,

Strizhev D.A. *Novye shemotekhnicheskie resheniya rezonansnoi vysokovoltnoi ispytatelnoi ustanovki* [New circuit design solutions for a resonance high voltage testing unit]. Interuniversity collection of scientific papers «Innovative trends in development of electric drive, electrical engineering and electrical facilities». Ufa, UGNTU, 2012, pp.178-183.

3. Konesev S.G., Muhametshin A.V., Kirillov R.V. *Vybor shemy VIU dlya raboty v rezonansnom rezhime* [The choice of high voltage testing unit circuit for resonance mode operation]. Collection of scientific papers of «I International (IV All-Russian) scientific and technical conference». Ufa, UGNTU, 2013, pp.209-215.