

Наиболее распространенными программными комплексами такого типа являются PSpice, DesignLab, MicroCap и WorkBench. В последнее время для моделирования трансформаторно-тиристорных устройств силовой электроники применяют систему MATLAB 7 и один из ее основных пакетов Simulink 6.1, образующих совместно среду визуального имитационного и событийно управляемого моделирования с обширными инструментальными возможностями и богатейшими библиотеками блоков, в том числе по электроэнергетике и силовой электронике. Данный программный продукт обладает наиболее широкими возможностями для моделирования даже очень сложных электрических цепей, позволяет рассчитывать переходные процессы, протекающие в схемах с нелинейными элементами. Даже при отсутствии элемента в библиотеке пакета исследователь имеет возможность самостоятельно разработать его модель, для чего ему предварительно необходимо составить математическую модель, отразив в ней зависимость между током и напряжением на зажимах элемента. Такой подход позволяет использовать при моделировании различные уровни сложности модели, т.е. учитывать или игнорировать, в зависимости от конкретных условий и задач, любые внутренние факторы, влияющие на работу устройства.

Тем самым MATLAB позволяет наиболее эффективно решать задачи компьютерного моделирования сложных электротехнических устройств, обеспечивая тем самым высокую скорость и точность расчетов. Результаты исследований, проведенных на компьютерных моделях могут в дальнейшем успешно использоваться при разработке и внедрении новых типов устройств силовой электроники.

Работа представлена на заочную электронную конференцию «Компьютерное моделирование», 15-20 мая 2006 г. Поступила в редакцию 22.12.2006 г.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЦЕНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ИЗОЛЯЦИИ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Сизганова Е.Ю., Чупак Т.М., Южанников А.Ю.
*Красноярский государственный технический университет
Красноярск, Россия*

Своевременная диагностика технического состояния силовых трансформаторов позволяет предупредить возникновение аварийных ситуаций в электрической системе. При этом значительно снижаются затраты на ремонты, появляется возможность оценки действительного состояния электрооборудования с определением запаса его работоспособности (что особенно актуально для оборудования, отработавшего 15 лет и более).

Для решения вопросов дальнейшей эксплуатации трансформаторов возникает необходимость анализа их действительного технического состояния, которое определяется целым рядом диагностируемых параметров, характеризующих состояние активной части, изоляции, устройства переключения ответвлений, вводов высокого напряжения, системы охлаждения и т.п.

Используемая традиционная диагностика заключается в проведении обследования трансформатора и оценке его технического состояния по результатам испытаний, измерений и анализов масла и сравнения полученных результатов с нормированными величинами. Комплексная диагностика начинается с данных хроматографического анализа (ХАРГ), т.к. это испытание проводится наиболее регулярно и наиболее "чутко" позволяет следить за процессами, происходящими в масленополненном оборудовании [1]. На сегодняшний день этот метод является одним из основных и эффективных методов оценки состояния силовых трансформаторов, одной из главных задач которого является поддержание трансформаторов в состоянии, обеспечивающем длительную эксплуатацию. Переход от планово-предупредительных ремонтов к ремонтам по техническому состоянию предопределяет внедрение новых методов диагностики.

Законы развития техники, включающей отдельные элементы, и живой природы, состоящей из отдельных особей, имеют много общего. Поэтому представляется возможным описывать объекты электрической системы на основе ценологических понятий. Подобные системы рассматриваются в других направлениях науки как ценозы (биогеоценозы, техноценозы и т. д.).

Известно, что в 1877 г. при исследовании свойств отдельных особей и совокупностей живых организмов Клаус Фердинанд Мебиус ввел понятие «биоценоз». Биоценоз – совокупность живых организмов, обитающих на определенном участке, где условия внешней среды определяют его видовой состав.

Термины «техноценоз» и ценологический подход предложены в 1974 г. Б. И. Кудриным, где техноценоз определяется как сообщество всех изделий, включающее все популяции; ограниченное в пространстве и времени; имеющее слабые связи и слабые взаимодействия элементов (изделий), образующих систему искусственного происхождения, которая характеризуется несопоставимостью времени жизни ценоза и особи. Эта особенность является проявлением свойств систем ценологического типа, для которых методом исследования является ранговый анализ, имеющий целью статистическое описание, и в качестве основного критерия определяющий форму видовых и ранговых распределений, получивших в последнее время широкое применение [2].

Устойчивость системы обусловлена действием законов энергетического и информационного отборов по аналогии с живыми системами, где действует закон естественного отбора. Б. И. Кудрин предложил использовать модель Н-распределения для математического описания видового и рангового распределения техноценозов [3].

Методика прогнозирования ресурсов техноценоза основывается на теории структурно-топологической динамики ранговых параметрических распределений. Суть прогнозирования сводится фактически к прогнозированию параметров объектов, относящихся к новым, пойнттер и саранчовым кастам Н-распределения [4].

Рассмотрим электрическое хозяйство одного из предприятий электрических сетей ОАО «Красноярскэнерго» как ограниченное в пространстве и времени, содержащее семейства электрических машин, трансформаторов, выключателей и других электротехнических изделий, каждое из которых является элементом (особью) исследуемого объекта. Выделим семейство силовых трёхобмоточных трансформаторов и составим список всех изделий исследуемого семейства. Определим перечень технологических параметров:

- семь газов: этилен, метан, двуокись уг-

лерода, окисел углерода, ацетилен, этан, водород;

- срок эксплуатации трансформаторов;
- температура масла;
- загрузка трансформаторов.

Статистические данные содержат информацию по 19 трёхобмоточным трансформаторам напряжением 110 кВ, номинальной мощности от 10000 до 40500 кВА, со сроком эксплуатации более 10 лет (от 13 до 43), со свободным дыханием, за период 5 лет.

На начальном этапе рассмотрено моделирование содержания растворенных газов с применением линейного множественного регрессионного анализа для определения фактического содержания газов на основании технологических характеристик X_1, X_2, \dots, X_m по эмпирической линейной зависимости в алгебраической и матричной формах:

$$Y = A_0 + \sum_{i=1}^m A_i X_i, \quad (1)$$

где A_0 – постоянная составляющая, A_i – коэффициенты регрессии, X_i – технологические параметры (срок эксплуатации трансформатора, его загрузка, температура масла, газы: $\text{CH}_4, \text{C}_2\text{H}_2, \text{C}_2\text{H}_6, \text{CO}_2, \text{CO}, \text{H}_2, \text{C}_2\text{H}_4$), m – число коэффициентов регрессии.

Таблица 1

	R	Значимость F	Уравнение регрессионной модели
CH_4	0,7237	0,000	$238,9 - 0,6582X_1 + 0,2352X_5 + 0,00196X_6 + 0,08018X_8$
C_2H_2	0,3912	0,000	$194,9 - 0,3979X_1 + 0,000121X_6$
C_2H_6	0,7155	0,000	$187,4 - 1,6052X_1 + 8,588X_3 + 1,418X_4 + 0,001739X_6$
CO_2	0,6630	0,000	$-97051,1 + 516,47X_1 + 1157,9X_3 + 17,96X_6$
CO	0,2842	0,066	$3763,8 + 15,49X_1 + 1,879X_8$
H_2	0,3710	0,001	$-177,5 + 1,8668X_1 + 0,3065X_4$
C_2H_4	0,940	0,000	$2055 - 9,303X_1 + 13,40X_2 + 4,67X_4 + 2,88X_6 + 1,87X_8$

Результаты расчётов (табл. 1) позволяют сделать следующие выводы:

- примерно 50 % моделей удовлетворительно описывают содержание соответствующего газа;

- переменная X_1 – срок эксплуатации трансформаторов, является единственной значимой величиной для всех рассмотренных моделей;

- остальные параметры статистически незначимы, что говорит о невозможности применения линейного множественного регрессионного анализа к описанию содержания газов всех трансформаторов через их технологические характеристики по одной зависимости.

Несмотря на то, что число экспериментов

существенно превышает количество коэффициентов модели ($180 \gg 8$) регрессию нельзя назвать достоверной.

На следующем этапе сравнивалась аппроксимация данных, полученных в результате замеров (динамики) и проранжированная в порядке убывания аппроксимация. Например, коэффициенты детерминации регрессионных моделей динамики содержания углекислого газа и рангового распределения (0,7103 и 0,9885 соответственно для полинома четвёртой степени) показывают, что более точным является моделирование с использованием ранжирования.

Для определения принадлежности исследуемой совокупности данных по результатам

анализов к статистике техноценологического типа, на первом этапе сформированы матрицы табулированного рангового параметрического распределения. На рис. 1 и рис. 2 представлено

ранговое параметрическое распределение углекислого газа в виде двумерного и трёхмерного графиков.

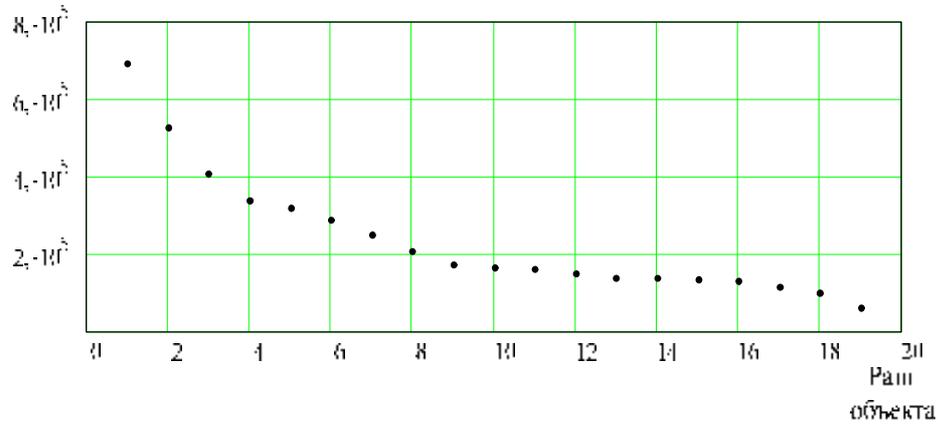


Рис.1. Ранговое параметрическое распределение техноценоза первого замера CO₂: абсцисса - ранг объекта; ордината – содержание газа (увеличенное в 10⁵)

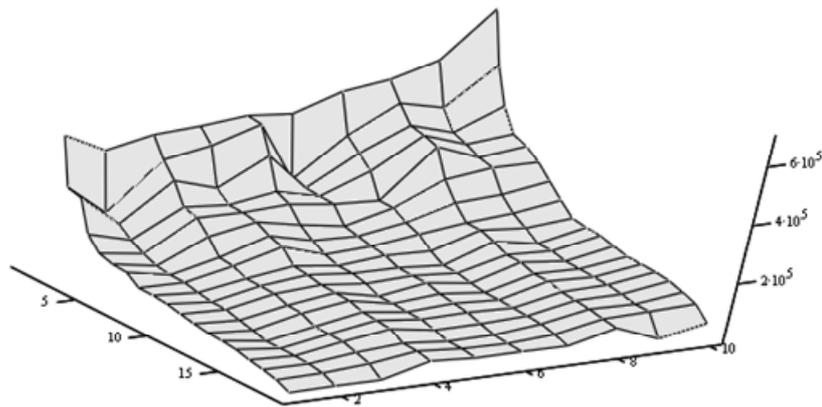


Рис.2. Трёхмерная ранговая поверхность техноценоза

В результате расчётов выяснено, что данные для четырёх газов из семи (этилен, метан, двуокись углерода, окисел углерода) не принадлежат нормальному закону распределения, все коэффициенты статистически значимы, а это говорит о том, что исследуемый объект является ярко выраженным техноценозом. Данный вывод позволяет при обработке статистических данных по данным газам использовать методологию рангового анализа [5].

Для аппроксимации эмпирических ранговых распределений в качестве стандартной задаём двухпараметрическую гиперболическую форму, которая наилучшим образом описывает совокупность точек

$$y = f(\mathbf{r}) = \frac{A}{r^\beta}, \quad (2)$$

где A – значение параметра соответствующего первому рангу; β – коэффициент, характеризующий степень крутизны кривой Н-распределения, r

– ранг объекта.

Аппроксимация осуществлялась методами наименьших модулей и методом наименьших квадратов. В результате получили двухпараметрическую зависимость для каждого из распределений. В данном случае есть основания признать более корректным метод наименьших модулей, т.к. истинная ошибка переменной МНМ (2,2) существенно меньше ошибки МНК (198,0).

Результирующая аппроксимационная кривая строится средствами Mathcad и для зависимости (2) получаем наилучшие параметры:

$$f(\mathbf{r}) = \frac{A}{r^\beta} = \frac{8,407 \times 10^3}{r^{0,678}}, \text{ где } r = 1, 2, \dots, 19.$$

Совокупность ранговых распределений трансформаторов за 10 замеров задает ранговую поверхность Н-распределения – динамику первого рода

$$f(r, n) = \frac{A_1(n)}{r^{\beta(n)}}, \quad (3)$$

позволяющую подойти к проблемам прогнозирования и нормирования.

По результатам проведённых исследований можно предположить, что у объектов под номерами 1, 17, 10, 3 начальной базы данных может развиваться дефект и их нужно ставить под контроль с целью дальнейшего более детального обследования. Для объектов данной электрической сети значения концентраций CO_2 на 15 – 30 % меньше значений граничных концентраций газов, определённых в РД 153-34.0-46.302-00 для трансформаторов со сроком службы до 10 лет и более 10 лет. Это говорит о том, что граничные значения концентрации газов для каждой энергосистемы могут быть индивидуальными в зависимости от региона с определёнными климатическими условиями и срока службы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Диагностика силовых масляных трансформаторов. Версия 4.0. Иваново, ИГЭУ. 2000. 88 с.
2. Кудрин Б.И. Введение в технетику. - Томск: Издание ТГУ, 1993. - 552 с.
3. Кудрин Б.И., Жилин Б.В., Лагуткин О.Е., Ошурков М.Г. Ценологическое определение параметров электропотребления многономенклатурных производств. - Тула: Приок. кн. изд-во, 1994. - 122 с.
4. Гнатюк В.И., Лагуткин О.Е. Ранговый анализ техноценозов. - Калининград: БНЦ РАЕН - КВИ ФПС РФ, 2000. - 86 с.
5. Степанов А.Г., Попов Ю.П., Южанников А.Ю. Диагностика изоляции силовых трансформаторов на основе пропорций золотого сечения. Вестн. Асс. Выпуск КГТУ. Вып. 13 / Под ред. А.А.Михеева. Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2006. С.116-122.

Работа представлена на заочную электронную конференцию «Проектирование, строительство и эксплуатация электрических сетей», 15-20 октября 2006 г. Поступила в редакцию 10.01.07 г.

О ПРОБЛЕМЕ ПОЛУЧЕНИЯ КАТИОННЫХ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ

Ширяева Е.А., Ворончихина Л.И.
ГБОУ ВПО Тверской государственный университет
Тверь, Россия

Среди большого многообразия органических соединений четвертичные соли аммония, пиридиния и других гетероциклических аминов занимают довольно скромное место. Но структура соединений резко изменяется при введении в молекулу соли длинноцепочечного радикала. Такие соли имеют дифильный характер, т.е. состоят из двух частей, резко отличающихся по молекулярной природе и свойствам. Такие четвертичные соли всегда поверхностно активны на границе раздела фаз; при диссоциации в воде образуют положительно заряженные поверхностно-активные катионы и принадлежат к классу катионных поверхностно-активных веществ (ПАВ).

В общей структуре производства ПАВ такие вещества занимают довольно скромное место. Их производится примерно 5% от общего объема производства ПАВ. Однако, спектр областей применения катионных ПАВ довольно широк: это ценные бактерицидные препараты, антистатики и смягчители тканей, эмульгаторы в дорожном строительстве, флотреагенты и антислеживатели в производстве минеральных удобрений, ингибиторы коррозии в нефтяной, газовой и металлообрабатывающей промышленности.

Проведение исследований по взаимосвязи структуры катионных ПАВ с их коллоидно-химическими свойствами позволяет проводить направленный синтез этих соединений, повысить эффективность их действия при использовании в различных технологических процессах. За последние годы наметилась тенденция к уменьшению производства всех видов ПАВ, в том числе и катионных, хотя в целом сфера применения катионных ПАВ непрерывно расширяется, выявляются все новые области эффективного их использования. Проблема производства катионных ПАВ состоит в поиске, как новых источников исходного сырья, так и в разработке каталитических процессов производства этих соединений.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант 06-03-96335).

Работа представлена на II международную научную конференцию «Современные материалы и технические решения», ОАЭ (Дубай) 15-22 октября 2006 г. Поступила в редакцию 18.12.2006 г.

Подробная информация об авторах размещена на сайте «Учёные России» - <http://www.famous-scientists.ru>