

ЧИСЛА ФИБОНАЧЧИ И ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ИЗОЛЯЦИИ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Южанников А.Ю., Степанов А.Г.

Красноярский государственный технический университет

В статье представлена роль золотой пропорции и чисел Фибоначчи в формировании сложных электротехнических систем по аналогии с живыми биологическими системами – биоценозами. На основе ценологического подхода предложено оценивать состояние силовых трансформаторов

Известно [1], что ранняя диагностика состояния трансформаторов снижает расходы на ремонт на 75%, потери от недоотпуска электроэнергии на 63% от стоимости нового трансформатора. Опыт эксплуатации силовых трансформаторов показывает, что сейчас наблюдается тенденция роста количества оборудования, отработавшего нормативный срок службы.

Так, более 30 % силовых трансформаторов, эксплуатируемых на предприятиях электрических сетей, имеют наработку более 25 лет. В ближайшие 5 лет еще примерно около 20 % трансформаторов в электрических сетях отработают 25-летний срок службы. Надо заметить, что эта проблема существует не только в России, но и во многих развитых странах Европы и в Америке. По данным Института электроэнергетики США EPRI, в 1997г. около 65% силовых трансформаторов США отработали более 25 лет [1].

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 такой сложности рассматриваются в других направлениях науки как ценозы (биоценозы, техноценозы и т.д.).

Известно[2], 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.

Термин «техноценоз» и ценологический подход предложены в 1974 г. замечательным ученым Б. И. Кудриным, где техноценоз определяется как сообщество всех изделий, включающее все популяции, ограниченное в пространстве и времени. Устойчивость системы обусловлена действием законов энергетического и информационного отборов по аналогии с живыми системами, где действует закон естественного отбора. Данная теория предполагает существование некоторого идеального распределения элементов ценоза.

Объясним существование идеальной технической системы с точки зрения гармонии и золотого сечения. Предположим, что гармония и идеальное распределение видов ценоза как системы, выполняющей свое функциональное назначение, подчиняются золотому сечению, а понятие «золотое сечение» неразрывно связано с числами Фибоначчи.

В 1202 г. вышло в свет сочинение "Liber abacci" итальянского купца и математика Леонардо Пизанского (1180-1240 г.г.), известного как Фибоначчи. Решая эту задачу, Фибоначчи получил последовательность чисел, где последующее число равно сумме двух предыдущих чисел: 1; 1; 2; 3; 5; 8; 13; 21; 34; 55, и т.д., эта последовательность получила название ряда Фибоначчи. Очевидно, последовательность чисел Фибоначчи можно представить формулой $f_{n+2} = f_n + f_{n+1}$, где n - порядковый номер числа Фибоначчи. Позднее было установлено, что отношение соседних членов ряда по мере удаления от

начала стремится к величине золотого сечения $\Phi = 1,618$ [3].

В нашу задачу входит показать значение золотого сечения и чисел Фибоначчи в сфере организации электротехнических систем по аналогии с живой природой. Если взять числовой ряд 1,0;

$$\Phi_r = \frac{\Phi_1}{r^\beta}$$

где $\beta = 1,63$ – ранговый коэффициент.

Этим числовым рядом можно описывать при ранжировании в ценозе соотношение количества видов и численности каждого вида. На основании техноценологического подхода предлагается новый метод диагностики силовых трансформаторов электрических сетей.

Поскольку повреждения обмоток являются наиболее часто проявляющимися, и срок службы трансформаторов нормирован на основе возможного износа изоляции обмоток (25 лет), то в качестве исследуемого параметра выбрано сопротивление главной изоляции обмоток, которое на практике может быть определено в любом энергетическом предприятии из-за своей простой методики измерения.

Предлагаемый метод диагностирования включает следующие этапы

1. Ценоз выделяется в пространстве и времени как некоторая система.

Этап по определению ценоза представляет собой процедуру выделения системы, состоящей из отдельных технических изделий, изготовленных по разной технической документации, не связанных друг с другом сильными связями.

2. Из ценоза выделяется семейство (особь) элементарных объектов далее не делимых.

$$\Delta / [\sigma(\Delta\theta)] = \Phi^{-1}(p_d / 2) \quad (1)$$

где Δ – ширина доверительного интервала в одну сторону от кривой;

$\sigma(\Delta\theta)$ – среднеквадратичное отклонение экспериментальных точек от теоретической кривой;

0,62; 0,38; 0,24; 0,15; 0,09 и т.д. (что напоминает шкалу мощностей трансформаторов), состоящий из чисел с коэффициентом 1,618 («Золотое сечение») и аппроксимировать этот ряд чисел, то получим гиперболическую кривую, которая описывается следующей формулой [4]:

3. Строятся математические модели структуры ценозов по мере убывания исследуемого параметра - ранговое распределение.

4. Проводится обработка результатов известными методами.

Для построения рангового распределения особи-элементы ранжируют, т.е. присваивают им ранги i - целые числа в порядке убывания исследуемого параметра (R_{60}). Максимальное значение - $R_{60} \max$ получает ранг $i=1$ и т.д. Соответственно сопротивление изоляции, имеющее минимальное значение, будет иметь ранг, равный количеству особей-элементов $i=p$ (рис.1.) [5].

(вставка рис.1.)

Далее осуществляется интервальное оценивание полученного рангового распределения; при этом распределение разбивают на ряд интервалов так, чтобы отклонения значений экспериментальных параметров от соответствующих теоретических значений, определяемых аппроксимационной кривой, были распределены внутри интервала по нормальному закону. При этом для каждого интервала записаны уравнения вида:

$\Phi(t) = \frac{1}{2\pi} \int_0^t e^{-t^2/2} dt$ – функция Лапласа ($\Phi^{-1}(t)$ – обратная функция);

P_d – априорно принимаемая доверительная вероятность.

Решение уравнения (1) позволяет определить ширину доверительного интервала на каждом из участков разбиения и определить три области состояния изоляции:

– область «нормальное состояние изоляции» (интервал от верхней границы доверительного интервала и выше);

– область «риска» (интервал от нижней до верхней границы доверительного интервала), когда по результатам замеров состояния параметров изоляции делается заключение об отсутствии дефектов;

– область «дефекта» (интервал от нижней границы доверительного интервала и ниже), когда состояние параметров изоляции указывает на наличие дефектов или общего старения.

После проведения оценки состояния главной изоляционной системы осуществляется процедура прогнозирования

ее величины на следующем временном интервале. Методика прогнозирования состояния главной изоляции силового трансформатора основана на теории структурно-топологической динамики ранговых распределений. При этом отдельно рассматриваются процедуры прогнозирования объектов, относящихся к новому, пойнтер и саранчовым кастам [6].

Предыстория изменения сопротивления главной изоляции разбита на ряд этапов с определением наиболее подходящей аппроксимационной формы и соответствующих параметров многочлена (2). При этом используется база данных по параметру главной изоляции, а полученные аппроксимационные многочлены сами становятся элементами аналитических модулей базы данных.

Для прогнозирования параметров изоляции (рис.2) объектов новой касты используются многочлены вида:

$$R_j(t) = b_{j0} + \sum_i (b_{ji} t^i), \quad (2)$$

где $R_j(t)$ – сопротивление изоляции на j -ом этапе предыстории;

t – время (годы);

b_{ji} – i -й коэффициент многочлена на j -ом этапе предыстории.

Прогнозная оценка сопротивления главной изоляции объекта в $(t + 1)$ -ом году выглядит следующим образом:

$$R_{t+1} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n R_j(t + 1), \quad (3)$$

где n – количество этапов предыстории.

При прогнозировании сопротивления главной изоляции должны учитываться техноэнологические свойства, сводящиеся в конечном итоге к понятию устойчиво-

сти гиперболических распределений. При этом прогнозируемое состояние k -го объекта определяется следующим образом:

$$R_k = \int_0^{\infty} \frac{R_0}{r^\beta} dr - \int_0^{\infty} \frac{R_{0k}}{r^{\beta_k}} dr, \quad (4)$$

где R_0 и R_{0k} – значения сопротивления для первой точки распределения соответственно с учетом и без учета k -го объекта в инфраструктуре;

β и β_k – соответствующие ранговые коэффициенты.

В качестве апробации данной методики был проведен анализ оценки состояния главной изоляции силовых автотрансформаторов -500 кВ (далее силовых трансформаторов) магистральных электрических сетей. Результаты прогноза сопротивления главной изоляции обмоток ВН и фактические результаты испытаний за 2004 год лежат в пределах 10%. Этот факт следует рассматривать как допустимость использования предложенной методики для определения параметров главной изоляции обмоток трансформаторного оборудования на последующем временном интервале.

По результатам исследований установлено, что ранговое параметрическое распределение характеристики главной изоляции позволяет более гибко оценить ее состояние и спрогнозировать поведение на последующем интервале времени. Из полученных данных видно, что главная

изоляционная система силовых трансформаторов АОДЦТГ будет ухудшаться. Выявленные отклонения параметров изоляции с помощью рангового анализа, свидетельствующие об ослаблении изоляционной системы в трансформаторе АОДЦТГ, подтверждаются результатами ХАРГ и физико-химическими анализами.

Предлагаемый метод может быть использован на практике при комплексной оценке состояния трансформаторов, что позволяет применять оценку изоляции по фактическому состоянию и рассматривать отдельно не каждый автотрансформатор, а сообщество всех автотрансформаторов, выделенных в пространстве и времени, проводить планирование работ по ремонту и диагностике по фактическому состоянию, осуществлять прогноз изменения сопротивления изоляции на последующий временной интервал.

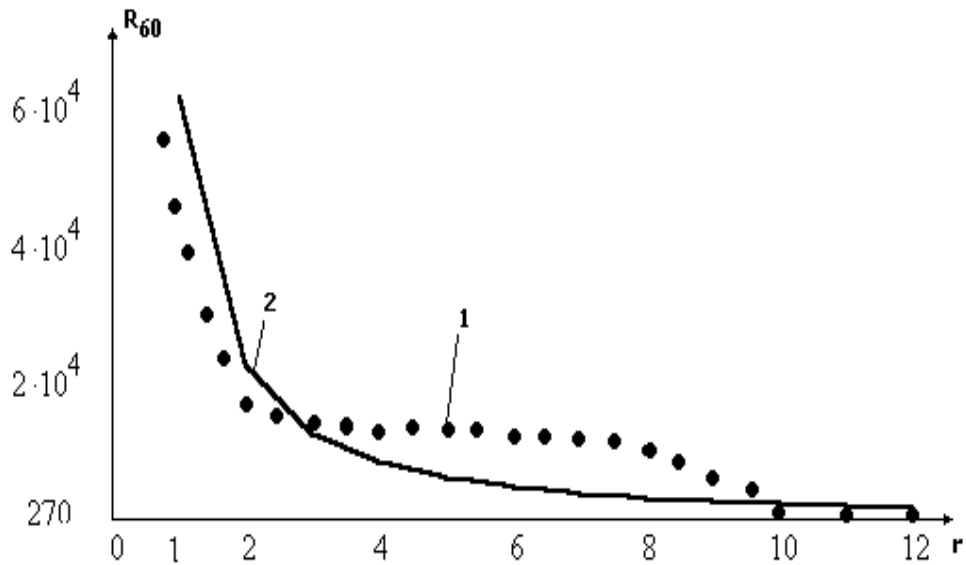


Рис. 1 – Ранговое параметрическое распределение: 1 - эмпирические данные; 2 - аппроксимационная кривая

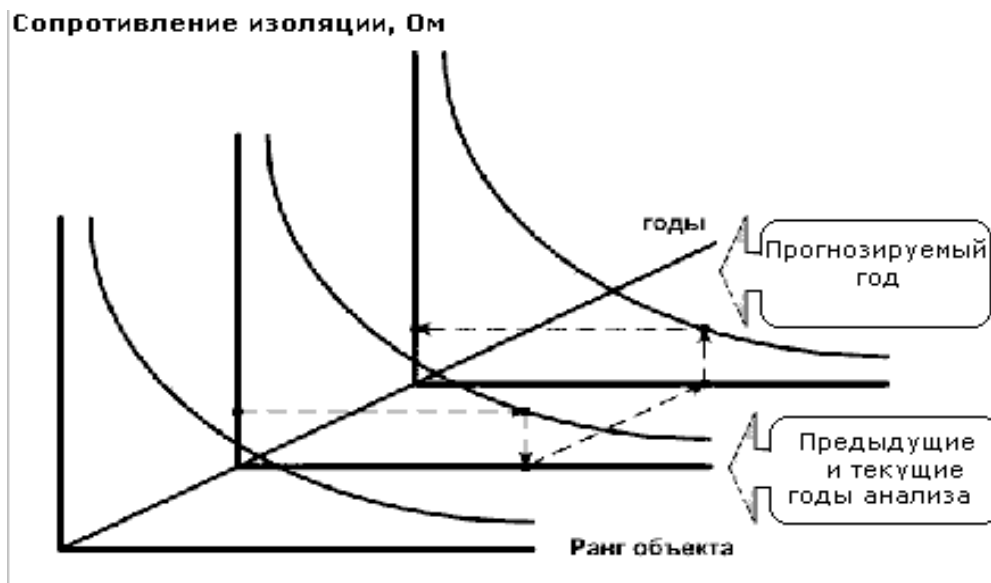


Рис. 2 – Прогнозирование параметров изоляции

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Алексеев Б.А. Контроль состояния (диагностика) крупных силовых трансформаторов / Б.А. Алексеев. - М.: НЦ ЭНАС, 2002.-216с.
 2. Кудрин Б.И. Введение в технику. 2-е изд., переработ. и доп / Б.И.

Кудрин -Томск: Изд-во Томск.гос.унта, 1993.-552 с.

3. Коробко В.И., Коробко Г.Н. Золотая пропорция и человек. М. Изд – во междунар. ассоциации строит. вузов: 2002.-394 с.

4. Южанников А.Ю. Золотое сечение, числа Фибоначчи и ценологические

параметры электропотребления промышленного предприятия. Вестн. Асоц. Выпуск КГТУ. Вып. 12 / Под ред. А.А.Михеева. Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2005. С.165-169.

5. Ю.П.Попов, А.Г.Степанов, А.Ю.Южанников Использование рангового Н-распределения в качестве эффективного способа обработки результатов изме-

рения и контроля изоляции силовых автотрансформаторов// Современные средства и системы автоматизации - гарантия высокой эффективности производства. - Томск. Изд-во Том. Ун-та. 2003.С.173-178.

6.Степанов А.Г. Об использовании техноценологического подхода в диагностике трансформаторов / А.Г.Степанов// Электрика.- 2005.-№1.

In clause the role of a gold proportion and numbers Fibonacci_in formation of complex electrotechnical systems by analogy to alive biological systems – bioceonoses is presented. On the basis of ceonological approach it is offered to estimate a condition of power transformers.