

Таблица 1. Расчет норм для благоустроенных квартир с электроплитами

| Прописано, человек | Весовой коэффициент k | Удельное потребление, кВт·ч/ на чел в месяц | | |
|--|-----------------------|---|---------|---------|
| | | 2002 г. | 2003 г. | 2004 г. |
| 1 | 0,204 | 158,333 | 153,917 | 161,833 |
| 2 | 0,230 | 109,208 | 103,958 | 110,458 |
| 3 | 0,236 | 88,861 | 86,111 | 88,333 |
| 4 | 0,179 | 72,969 | 76,021 | 75,000 |
| 5 | 0,146 | 61,667 | 62,933 | 64,817 |
| 6 | 0,005 | 43,545 | 45,351 | 45,076 |
| Средневзвешенное электропотребление, кВт·ч/ на чел в месяц | | 100,683 | 98,664 | 102,391 |
| Среднее арифметическое за 3 года, кВт·ч/ на чел в месяц | | 100,579 | | |

Список литературы:

1. Кудрин Б.И. Введение в технетику. 2-е изд. переработ. и доп. Томск: Изд-во Томск. гос. ун-та, 1993. 552 с.
2. Коробко В.И., Коробко Г.Н. Золотая пропорция и человек. М. Изд – во междунар. ассоциации строит. вузов: 2002.-394 с.
3. Южанников А.Ю. Золотое сечение, числа Фибоначчи и ценологические параметры электропотребления промышленного предприятия. Вестн. Асс. Выпуск КГТУ. Вып 12 / Под ред. А.А.Михеева. Красноярск : ИПЦ КГТУ, 2005. С.165-169.

Контроль состояния изоляции силовых трансформаторов и золотое сечение

Степанов А.Г., Южанников А.Ю.

Красноярский государственный технический университет

Опыт эксплуатации силовых трансформаторов энергетическими предприятиями показывает, что на сегодняшний день наблюдается тенденция роста количества оборудования, отработавшего установленный нормативный срок службы. Известно, что ранняя диагностика трансформаторов и автотрансформаторов снижает расходы на ремонт на 75%, потери от недоотпуска электроэнергии на 63%, а ежегодная экономия составляет 2% от стоимости нового трансформатора [1].

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.

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 организ-

мов 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. 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. Устойчивость системы обусловлена действием законов энергетического и информационного отборов по аналогии с живыми системами, где действует закон естественного отбора [2].

На основании техноценологического подхода к описанию результатов, полученных при диагностике силовых трансформаторов, предлагается новый метод диагностики силовых трансформаторов электрических сетей.

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 изделий, изготовленных по разной технической документации, не связанных друг с другом сильными связями.

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

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 $i=n$, (рис.1).

Далее осуществляется интервальное оценивание полученного рангового распределения; при этом распределение разбивают на ряд интервалов с таким расчетом, чтобы отклонения значений эксперименталь-

ных параметров от соответствующих теоретических значений, определяемых аппроксимационной кривой, были распределены внутри интервала по нормальному закону. При этом для каждого интервала записаны уравнения вида:

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

где Δ – ширина доверительного интервала в одну сторону от кривой; $\sigma (\Delta \theta)$ – среднеквадратичное отклонение экспериментальных точек от теоретической кривой;

$$\Phi (t) = \frac{1}{2 \pi} \int_0^t e^{-t^2 / 2} dt$$

– функция Лапласа

($\Phi^{-1}(t)$ – обратная функция); p_d – априорно принимаемая доверительная вероятность.

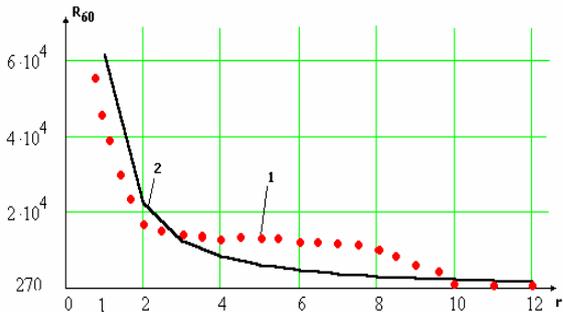


Рис. 1. – Ранговое параметрическое распределение: 1 – эмпирические данные; 2 – аппроксимационная кривая

Решение уравнения (1) позволяет определить ширину доверительного интервала на каждом из участков разбиения (рисунок 2) и определить три области состояния изоляции:

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

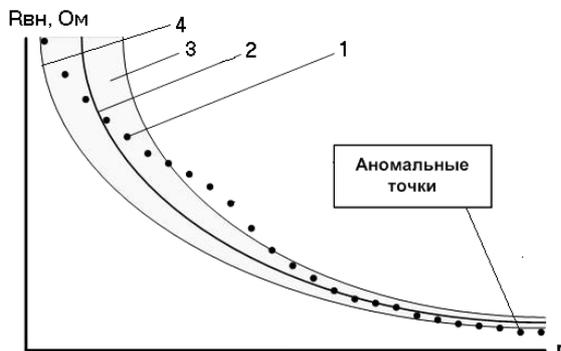


Рис. 2. – Доверительный интервал для рангового параметрического распределения в линейных осях: 1 – эмпирические данные; 2 – аппроксимационная кривая; 3,4 – верхняя и нижняя доверительные границы

После проведения оценки состояния главной изоляционной системы осуществляется процедура прогнозирования ее величины на следующем временном интервале. Методика прогнозирования состояния главной изоляции силового трансформатора (рисунок 3) основана на теории структурно-топологической динамики ранговых распределений. При этом отдельно рассматриваются процедуры прогнозирования объектов, относящихся к ноевым, пойнтер и саранчовым кастам.

Предыстория 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 объектов ноевой 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 -ый коэффициент многочлена на j -ом этапе предыстории

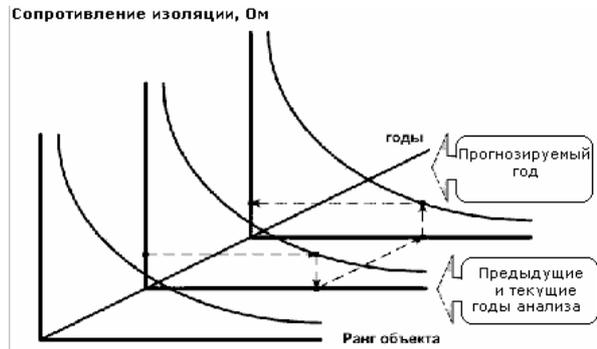


Рис. 3. – Прогнозирование параметров изоляции

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 техноценологические свойства, сводящиеся в конечном итоге к понятию устойчивости 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.

Таким образом, совершенно новым предложением в диагностике является применение рангового анализа в качестве метода диагностирования силовых трансформаторов.

В качестве апробации данной методики был проведен анализ оценки состояния главной изоляции силовых автотрансформаторов -500 кВ (далее силовых трансформаторов) магистральных электрических сетей [3].

Результаты прогноза сопротивления главной изоляции обмоток ВН и фактические результаты испытаний за 2004 год приведены на рисунке 4. Ошибка прогноза в целом лежит в пределах 10%.

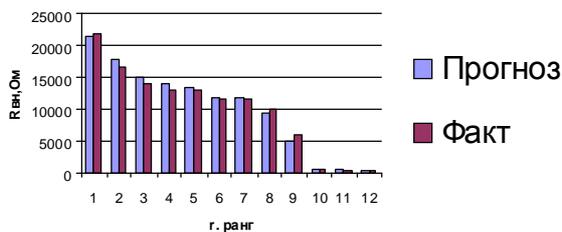


Рис. 4. Сравнение результатов прогноза с экспериментальными данными сопротивления главной изоляции обмоток ВН

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 использовать 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 следующий временной интервал.

Список литературы:

1. Алексеев Б.А. Контроль состояния (диагностика) крупных силовых трансформаторов / Б.А. Алексеев. - М.: НЦ ЭНАС, 2002. - 216 с.
2. Кудрин Б.И. Введение в технетику. 2-е изд., переработ. и доп. / Б.И. Кудрин - Томск: Изд-во Томск. гос. унта, 1993. - 552 с.
3. Ю.П. Попов, А.Г. Степанов, Е.Ю. Сизганова, А.Ю. Южанников Использование рангового Н-распределения в качестве эффективного способа обра-

В общем случае процесс структурно-параметрической оптимизации многокритериальный и базиру-

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

Работа представлена на заочную электронную конференцию «Фундаментальные исследования», 20-25 февраля 2005г. Поступила в редакцию 19.09.2006г.

Формализация процесса структурно-параметрической оптимизации технических систем

Филькин Н.М., Хамидуллин Р.П.
ОАО "Ижевский автомобильный завод"

В процессе проектирования техническую систему S можно представить в виде совокупности некоторых элементов множества G и взаимосвязей между этими элементами из множества Q , т.е.:

G_i – i -ое подмножество взаимозаменяемых элементов множества G ($i = 1, \dots, n$; $g_i \in G_i$), Q_i^j – подмножество взаимозаменяемых связей i -го элемента с другими $j = 1, \dots, n$ ($i \neq j$) элементами множества G ($q_i^j \in Q_i^j$).

$$S = \langle g_1, \dots, g_n; q_1^2, \dots, q_1^n; \dots; q_k^1, \dots, q_k^n; \dots; q_n^1, \dots, q_n^{n-1} \rangle, \quad (1)$$

где $G = \{G_1, \dots, G_n\}$,

$$Q = \{Q_1^2, \dots, Q_1^n; \dots; Q_k^1, \dots, Q_k^n; \dots; Q_n^1, \dots, Q_n^{n-1}\},$$

Отсутствие связей $q_1^1, \dots, q_k^k; \dots; q_n^n$ говорит о невозможности влияния на функционирование любого элемента множества G этого же элемента. Взаимозаменяемость означает, что из подмножества G_i можно применить любой из элементов, а из подмножества Q_i^j любую реализуемую на практике связь при создании системы (1). При этом любой из элементов множества G , как и любая связь из множества Q , может отсутствовать в проектируемой системе S .

Для определенности считаем, что все связи стационарные. Влияние связей на функционирование системы S , как правило, описывается конструктивными параметрами и характеристиками, включаемыми в множество параметров и характеристик элементов множества G . Следовательно, каждому элементу множества g_i соответствует множество конструктивных параметров K_i и характеристик X_i , а связи из множества Q будут определять только структуру технической системы S : $g_i = g_i(K_i, X_i)$.

Математические модели M_i функционирования технической системы S в различных условиях эксплуатации, сложность, инвариантность, полнота и адекватность моделей во многом определяются множествами G и Q , т.е.:

$$M_i = M_i(G_1, \dots, G_n; Q_1^2, \dots, Q_1^n; \dots; Q_k^1, \dots, Q_k^n; \dots; Q_n^1, \dots, Q_n^{n-1}). \quad (2)$$

ется на векторном критерии эксплуатационных показателей и характеристик $\vec{F} = (F_1, \dots, F_r)$ техниче-