

На правах рукописи

Чет

ДИНЬ ТХАНЬ ВЬЕТ

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ И
ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ
ДЛЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ
ТРАНСФОРМАТОРНЫХ ВВОДОВ

Специальность 05.11.16 - Информационно-измерительные системы
(в науке и промышленности)

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук



16.35.851

Диссертация является рукописью.

Работа выполнена в Винницком государственном техническом университете на кафедре "Электрические машины и привод".

Научный руководитель - академик АПНУ,
доктор технических наук, профессор
МОКИН Борис Иванович

Научный консультант - кандидат технических наук, доцент
ГРАБКО Владимир Витальевич

Официальные оппоненты - доктор технических наук, профессор
СИНЕЛЬНИКОВ Владимир Яковлевич
- кандидат технических наук, доцент
РОИК Александр Митрофанович

Ведущая организация - Юго-западный региональный диспетчерский
центр электроэнергетики Украины,
г. Винница

Защита состоится " 5 " 11 1996 г. в 12 часов на
заседании специализированного ученого совета Д 10.01.01 в Винницком
государственном техническом университете по адресу: 286021, г.
Винница, ул. Хмельницкое шоссе, 95.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Винницкого
государственного технического университета.

Автореферат разослан " 3 " 10 1996 г.

Ученый секретарь
специализированного ученого совета

ЮХИМЧУК С.В.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Экономические показатели работы энергосистем во многом зависят от надежности оборудования, в том числе силовых трансформаторов, которые являются основными технологическими агрегатами на подстанциях. Вводы являются важными узлами силовых трансформаторов. От надежности работы вводов существенно зависит надежность работы соответствующего силового трансформатора. По статистике, процент повреждаемости вводов среди узлов силовых трансформаторов самый высокий - 27,7%. Отсюда следует важность контроля и диагностики вводов, особенно для мощных силовых трансформаторов, так как отказ этого оборудования приводит к большой потере электроэнергии, передаваемой к потребителям, и, следовательно, к нанесению большого ущерба народному хозяйству.

При изготовлении вводов используются высококачественные изоляционные материалы и соответствующие технологические процессы. Эти меры имеют первостепенное значение. Однако их недостаточно для обеспечения требуемой надежности. При серийном выпуске и массовом применении трансформаторных вводов имеется некоторая вероятность появления в них дефектов из-за разного рода ошибок в процессе изготовления, транспортировки, монтажа или во время эксплуатации, а также вследствие неучтенных внешних воздействий. В связи с этим, задача технической диагностики трансформаторных вводов приобретает очень актуальный характер.

Сложившаяся система технического обслуживания и ремонтов электрооборудования базируется, как правило, на проведении периодических плановых работ, т.е. в ее основе - обслуживании по истечении заданного период работы. Применительно к устройствам высокого напряжения такая система не всегда является оптимальной, ибо приводит к неоправданным отключениям работоспособного оборудования. Основное направление ее оптимизации - переход на систему ремонтов, сроки проведения и объемы которых определяются состоянием оборудования, в частности, трансформаторных вводов. Это требует создания эффективной системы технической диагностики трансформаторных вводов.

Целью работы является разработка математических моделей и информационно-измерительных систем для диагностики трансформаторных вводов напряжением 110 кВ и выше, используемых в электрических системах, на электростанциях и подстанциях.

ЛНБ ім. В. Стефанишина
Україна

Для достижения этой цели поставлены и решены следующие задачи:

1. Исследованы повреждения и существующие методы и средства контроля за состоянием трансформаторных вводов.
2. Разработаны математические модели, описывающие процессы развития опасных дефектов в трансформаторных вводах.
3. Синтезированы структуры информационно-измерительных систем (ИИС) для диагностики трансформаторных вводов на основе разработанных математических моделей.
4. Произведена оценка точности синтезированных ИИС.
5. В развитие разработанных систем предложена структура ИИС для комплексной диагностики вводов на основе использования микропроцессоров и однокристальных микро-ЭВМ.
6. Предложены алгоритмы совершенствования традиционных методов диагностики вводов путем применения теории нечетких множеств для принятия решений.

Методы исследования основаны на использовании математического анализа, вычислительной математики, алгебры логики, технической диагностики, теории конечных автоматов, теории вероятности, теории нечетких множеств.

Научная новизна. Новыми научными результатами являются:

- методика определения влагосодержания в масле ввода с помощью трех измерений $tg \delta$ при разных температурах масла во вводе, больших 30°C ;
- математическая модель для определения дефектов в маслonaполненных герметичных вводах из-за осадка;
- математическая модель для нахождения средней мощности частичных разрядов и далее концентрации газов в масле вводов;
- структурная схема ИИС для диагностики дефектов вводов из-за осадка;
- структурная схема ИИС для определения срока службы изоляции вводов;
- структурная схема ИИС для комплексной диагностики вводов;
- новая методика диагностики вводов с использованием теории нечетких множеств.

Практическая ценность работы заключается в повышении надежности электроснабжения потребителей за счет внедрения разработанных ИИС, позволяющих своевременно, но не преждевременно отключить силовой трансформатор для ремонта. При этом предот-

вращается внезапное отключение трансформатора, которое приводит к огромному дефициту электроэнергии потребителям и даже возможно к большому ущербу. Кроме того, внедрение разработанных ИИС позволяет сэкономить затраты на лишние ремонты.

Реализация результатов работы. Исследования автора является составной частью госбюджетных тем № 84-Г-84 "Разработка принципов построения программного обеспечения АСУ энергопотребления и технической диагностики состояния схемы энергоснабжения и отдельных видов электрооборудования промышленных предприятий" и № 28-Г-154 "Разработка принципов создания и математических моделей системы технической диагностики основного оборудования электрических подстанций".

Апробация работы. Основные положения и результаты диссертационной работы докладывались, обсуждались и получили положительные оценки на первой Международной научно-технической конференции "Математическое моделирование в электротехнике и электроэнергетике" (Львов, 1995); третьей Международной научно-технической конференции "Контроль и управление в технических системах" (Винница, 1995); второй Украинской конференции по автоматическому управлению "Автоматика-95" (Львов, 1995); Украинской научно-технической конференции "Метрология и измерительная техника" (Метрология - 95) (Харьков, 1995); семинаре "Техническая диагностика, идентификация и автоматическое управление в электроэнергетических системах" (Винница, 1996); третьей Украинской конференции по автоматическому управлению "Автоматика-96" (Севастополь, 1996); пятой Украинской научно-технической конференции "Устройства преобразования информации для контроля и управления в энергетике" (Харьков, 1996).

Публикация. По материалам диссертационной работы опубликовано 7 печатных работ.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, перечня литературы и 3 приложений. Объем диссертации составляет 141 страниц основного текста, 17 таблиц, 18 рисунков, список литературы из 115 наименований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении отмечена актуальность темы диссертационной работы, сформулированы цель и задачи исследований, определены научная новизна и практическая ценность работы, дано изложение основных положений, выносимых на защиту, а также приведены сведения об апробации результатов исследований и структуре диссертации.

Первая глава посвящена анализу дефектов трансформаторных вводов, а также существующих методов и средств их технической диагностики, обоснована необходимость поиска новых решений в этой области. В работе отмечено, что в настоящее время в энергосистемах применяют систему планово-предупредительного ремонта, предусматривающую периодическое проведение технического обслуживания и ремонтов вводов через определенные, заранее установленные сроки. Однако эта система имеет много недостатков, в частности большую трудоемкость технического обслуживания и ремонта из-за отсутствия предварительного точного определения технического состояния вводов.

Анализ дефектов вводов показал, что внутренние повреждения вводов можно обнаружить только техническими средствами контроля и диагностики. К основным опасным факторам относятся влагодержание в негерметических вводах, наличие осадка в герметических вводах, частичные разряды и старение внутренней изоляции вводов.

В настоящее время, контроль за состоянием вводов осуществляется с помощью следующих методов (и соответствующих средств): измерения сопротивления изоляции, измерения тангенса угла диэлектрических потерь ($tg\delta$) и емкости изоляции, проверки качества уплотнений, проверки манометра, испытания трансформаторного масла, хроматографического анализа растворенных в масле газов (ХАРГ), метода постоянного контроля изоляции (устройства КИВ), метода индикации частичных разрядов, устройства КИН-750. Среди этих методов наибольшее распространение на практике получили измерение $tg\delta$ (и емкости) изоляции и метод ХАРГ.

Однако $tg\delta$ и емкость изоляции не всегда характеризует истинный дефект вводов. Ввиду малого объема масла во вводах, метод ХАРГ невозможно часто применять и затруднено определение влаго содержания даже в лабораторных условиях. Методы прямого измерения кажущегося заряда частичных разрядов непомехоустойчивы, особенно к коронным разрядам. Непомехоустойчиво также и устрой-

ство КИВ, которое к тому же позволяет фиксировать лишь изменение диэлектрических характеристик изоляции. Устройство КИН-750 измеряет несколько параметров, однако устройство очень громоздко, дорогостоящее и также не может определить дефекты из-за осадка.

В связи с этим возникает необходимость разработки эффективных устройств или систем для решения поставленной задачи. На основе приведенных положений сформулирована цель и основные задачи исследования.

Во второй главе предложены математические модели для задачи диагностирования трансформаторных вводов.

Разработана математическая модель для определения влагосодержания бумажно-масляной изоляции (БМИ) в негерметичном вводе с учетом заранее известной характеристики изоляции (зависимость $\lg \delta$ от влагосодержания ω и температуры масла T). Для реализации алгоритма определения влагосодержания БМИ с помощью этой модели необходимы три измерения $\lg \delta$ ($\lg \delta_1, \lg \delta_2, \lg \delta_3$) при разных температурах масла во вводе (T_1, T_2, T_3), больших 30°C и конкретизация значений u, v , необходимые для решения системы уравнений

$$\begin{cases} a \cdot T_1^2 + b \cdot T_1 + c = \frac{\lg\left(\frac{\lg \delta_1}{u}\right)}{v}, \\ a \cdot T_2^2 + b \cdot T_2 + c = \frac{\lg\left(\frac{\lg \delta_2}{u}\right)}{v}, \\ a \cdot T_3^2 + b \cdot T_3 + c = \frac{\lg\left(\frac{\lg \delta_3}{u}\right)}{v} \end{cases} \quad (1)$$

относительно a, b, c , из которых a, b подставляются затем в уравнения

$$a(\omega) = 0.0014598579 \omega^4 - 0.0134526688 \omega^3 + 0.040335305 \omega^2 - 0.043054969 \omega + 0.015692665, \quad (2)$$

$$b(\omega) = -0.044661422 \omega^4 + 0.29323298 \omega^3 - 0.32197128 \omega^2 - 0.40308847 \omega - 0.093625776. \quad (3)$$

Влагосодержание ω определяется как среднее арифметическое близких корней уравнений (2) и (3) в соответствующем диапазоне. Следует отметить, что требующиеся для решения системы уравнений (1) значения u, v легко вычисляются из технических характеристик конкретных диагностируемых вводов. Относительная погрешность

определения влагосодержания по этой методике по сравнению с лабораторной проверкой не превышает 1%.

Механизм перекрытия герметичных вводов по поверхности нижней фарфоровой крышки связан со специфическим осадком, количество которого главным образом зависит от температуры масла во вводах и длительности их эксплуатации. Чем больше это количество, тем больше вероятность повреждения вводов. Для определения количества осадка синтезирована математическая модель

$$m = \sum_{T \geq T_0} \left[(a - bT_0) + bkT_{окр, T} + b(1 - k)T_{всн, T} \right] \Delta t_i, \quad (4)$$

в которой коэффициенты a , b зависят от вида масла (Т-750 или ГК) и группового состава масел (для однотипных вводов с однотипным маслом они неизменны); T_0 - некоторая температура, при достижении которой во вводе начинается процесс образования осадка, можно принять $T_0 = 70^\circ\text{C}$; Δt_i - время, в течение которого (в соответствии с индексом i) температура масла во вводе мало изменяется, колеблясь вокруг некоторой средней температуры T_i ($T_i \geq T_0$) около $1-2^\circ\text{C}$ (например, температуры T_i можно принять за значения $71, 73, 75^\circ\text{C}$... и т.д., а Δt_i - время, в течение которого температура T масла находится в интервале $70-72^\circ\text{C}$ или $72-74^\circ\text{C}$ или $74-76^\circ\text{C}$... и т.д.), k - коэффициент, зависящий от соотношения поверхностей и тепловых сопротивлений участков ввода, погруженного в масло и находящегося на воздухе; $T_{окр, T}$ - температура окружающего воздуха, $T_{всн, T}$ - температура верхних слоев масла в баке трансформатора, которая главным образом зависит от тока.

Для реализации процесса диагностирования по этой модели необходимо также выполнение условия

$$bkT_{окр, T} + b(1-k)T_{всн, T} \geq bT_0. \quad (5)$$

Одной из основных причин исчерпания ресурса работы изоляции высоковольтных вводов являются частичные разряды (ЧР), что обуславливает необходимость измерения их средней мощности в функции времени. Для нахождения средней мощности ЧР и далее концентрации газов в масле вводов разработана математическая модель, которая не содержит неопределенных коэффициентов. Концентрация газов $C_i(t)$ в масле ввода в этой модели определяется по выражению

$$C_r(t) = \int_0^t \left(\sum_{i=4}^8 B_i U^i(t) \right) dt \quad (6)$$

где $U(t)$ - приложенное к изоляции напряжение (кВ) в момент времени t ; B_i ($i = 4, 8$) - постоянные коэффициенты, которые зависят от изоляционной конструкции (для однотипных вводов B_i неизменны).

Отслеживая $C_r(t)$ до значения насыщения $C_{rн}$, можно определить срок службы изоляции ввода, а также срок службы ввода (для вводов 330-750 кВ можно принимать приблизительно $C_{rн} = 400 - 450$ мкл/л), поскольку выход изоляции ввода из строя означает выход из строя самого ввода. Предложенная модель удобна для реализации устройства определения срока службы изоляции вводов.

В третьей главе синтезированы структурные схемы ИИС для диагностики вводов на основе разработанных в главе 2 математических моделей оценки количества осадка во вводах, оценки концентрации растворенных в масле газов и определения срока службы изоляции. Осуществлена практическая реализация синтезированных структурных схем ИИС.

При синтезе ИИС для диагностики вводов используется математический аппарат секвенций. В связи с ограничением объема автореферата ниже показан только синтез ИИС для диагностики вводов, исходя из математической модели оценки количества осадка во вводах. Граф, соответствующий этой математической модели, представлен на рис. 1.

Данному графу соответствует секвенциальное описание, которое после минимизации имеет вид

$$\begin{aligned} A_1 \tau_2 \bar{T}_1 \vdash T_1; \tau_1 T_1 \vdash \bar{T}_1; A_2 \tau_4 \bar{T}_2 \vdash T_2; \tau_3 T_2 \vdash \bar{T}_2; \\ A_3 \tau_6 \bar{T}_3 \vdash T_3; \tau_5 T_3 \vdash \bar{T}_3; T_1 \vee T_2 \vee T_3 \vdash T_4; \\ \tau_6 (T_1 \vee T_2 \vee T_3) T_4 \vdash T_5; \tau_6 (T_1 \vee T_2 \vee T_3) T_5 \vdash T_6; \\ \tau_6 (T_1 \vee T_2 \vee T_3) T_6 \vdash T_7; \tau_6 (T_1 \vee T_2 \vee T_3) T_7 \vdash T_8; \\ p \vdash \bar{T}_4 \bar{T}_5 \bar{T}_6 \bar{T}_7 \bar{T}_8; T_4 T_5 T_6 T_7 T_8 \vdash y. \end{aligned} \quad (7)$$

При составлении этого секвенциального описания использовалось следующее кодирование: A_1, A_2, A_3 - соответственно нахождение температуры масла во вводе в различных диапазонах; инверсии $\bar{A}_1, \bar{A}_2, \bar{A}_3$ - температура масла во вводе находится вне соответствующего диапазона; T_1, T_2, T_3 - триггеры фиксирующие первый, второй и третий диапазон температуры масла; T_4, \dots, T_8 - триггеры, с помощью которых моделируем счетчик импульсов учета оставшегося ресурса

ввода; $\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_6$ - элементы временной задержки; числами (от 0 до 17) на рис.1 обозначим состояния (например, цифре 0 соответствует состояние S_0); p , воздействие, приводящее устройство в исходное состояние S_0 ; y - логическая выходная переменная, $y = 0$ соответствует тому, что количество осадка еще не превышает граничное значение, или счетчик импульсов еще не заполнен, в противном случае $y = 1$.

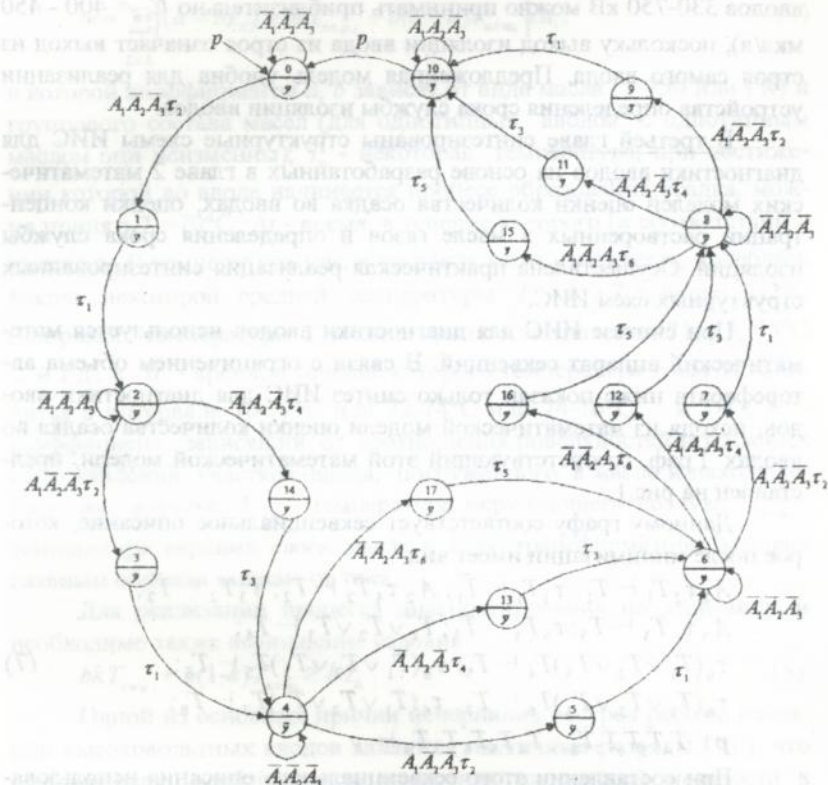


Рис. 1. Граф функционирования ИИС для диагностики вводов при оценке количества осадка

По полученному секвенциальному описанию (7) разработана структурная схема ИИС для диагностики вводов по количеству осадка (рис.2).

На рис.2: 1 - датчик температуры окружающей среды; 2 - первый преобразователь температуры в постоянное напряжение; 3 - первый масштабирующий усилитель; 4 - источник опорного напряжения; 5 - первый сумматор; 6 - первый компаратор; 7,8 - первый и второй диоды; 9 - инвертор; 10 - первый генератор импульсов; 11 - первый счетчик импульсов; 12,13 - первый и второй элементы И; 14 - первый реверсивный счетчик импульсов; 15 - цифровой коммутатор; 16 - третий элемент И; 17 - блок задания ресурса; 18 - второй счетчик импульсов; 19 - цифровой компаратор; 20 - индикатор; 21 - блок установки нуля; 22 - делитель частоты; 23 - датчик температуры верхних слоев масла в баке трансформатора; 24 - второй преобразователь температуры в напряжение; 25 - второй масштабирующий усилитель; 26 - второй сумматор; 27 - второй компаратор; 28 - второй генератор импульсов; 29,30,31 - четвертый, пятый и шестой элементы И; 32 - второй реверсивный счетчик импульсов; 33 - ЦАП.

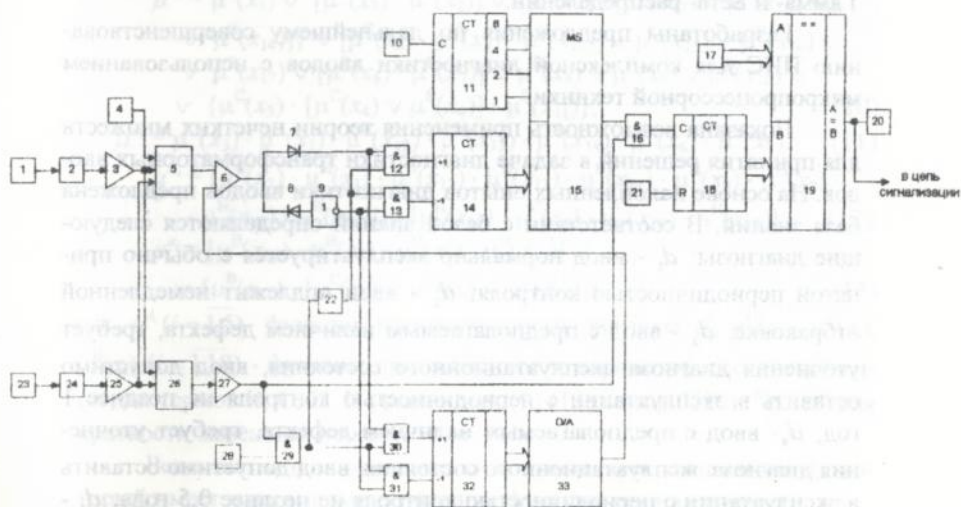


Рис.2. Структурная схема ИИС для диагностики вводов по количеству осадка

В четвертой главе осуществлена оценка точности разработанных ИИС для диагностики вводов, показана их техническая реализация, разработан ряд предложений по дальнейшему совершенствованию системы для комплексной диагностики вводов, показано применение теории нечетких множеств при диагностике вводов.

Точность ИИС для диагностики трансформаторных вводов произведена по ошибкам первого H_1 и второго H_2 рода с учетом цен этих ошибок C_1 и C_2 и характеризуется значением среднего риска

$$R = C_1 P(H_1) + C_2 P(H_2) = C_1 P_1 \int_{x_0}^{\infty} f(x/D_1) dx + C_2 P_2 \int_{-\infty}^{x_0} f(x/D_2) dx, \quad (8)$$

где $P(H_1)$ и $P(H_2)$ - вероятности соответственно ошибки первого и второго рода; x - обобщенный параметр для диагностики вводов; x_0 - граничное значение параметра x ; D_1 - исправное состояние ввода, D_2 - дефектное состояние; $f(x/D_i)$ ($i = 1, 2$) - плотности вероятности диагностического параметра x , обозначенные для состояний D_1 и D_2 ; P_1, P_2 - априорные вероятности диагноза состояния D_1 и D_2 ($P_1 = 0.723$; $P_2 = 0.277$). С помощью метода минимального риска определено оптимальное граничное значение x_0 контролируемых параметров при нормальнораспределенных $f(x/D_i)$ ($i = 1, 2$), а также для случаев их Гамма- и Бета- распределений.

Разработаны предложения по дальнейшему совершенствованию ИИС для комплексной диагностики вводов с использованием микропроцессорной техники.

Показана возможность применения теории нечетких множеств для принятия решений в задаче диагностики трансформаторных вводов. На основе накопленных опытов диагностики вводов предложена база знаний. В соответствии с базой знаний определяются следующие диагнозы: d_1 - ввод нормально эксплуатируется с обычно принятой периодичностью контроля; d_2 - ввод подлежит немедленной отбраковке; d_3 - ввод с предполагаемым наличием дефекта, требует уточнения диагноза эксплуатационного состояния, ввод допустимо оставить в эксплуатации с периодичностью контроля не позднее 1 год; d_4 - ввод с предполагаемым наличием дефекта, требует уточнения диагноза эксплуатационного состояния, ввод допустимо оставить в эксплуатации с периодичностью контроля не позднее 0,5 года; d_5 - ввод с предполагаемым наличием дефекта, требует уточнения диагноза эксплуатационного состояния, ввод допустимо оставить в эксплуатации с расчетной периодичностью контроля.

Для постановки диагнозов использованы 18 входных параметров $x_1 \div x_{18}$ с соответствующими возможными диапазонами изменения. Задача диагностики состоит в том, чтобы каждому сочетанию значений параметров поставить в соответствие одно из решений d_j , ($j = \overline{1,5}$). Параметры $x_1 \div x_{18}$ рассматриваются как лингвистиче-

ские переменные. Кроме того, введена еще одна лингвистическая переменная: d - опасность повреждения ввода, которая измеряется уровнями $d_1 \div d_5$. Для оценки значений лингвистических переменных $x_1, x_2, x_3, x_6, x_7, x_{11}, x_{12}, x_{13}, x_{14}, x_{15}, x_{16}, x_{17}$ используются два термина: Н - низкий, В - высокий. Для оценки значений лингвистических переменных $x_4, x_5, x_8, x_9, x_{10}, x_{18}$ используются три термина: Н - низкий, С - средний, В - высокий. Каждый из этих термов представляет нечеткое множество, заданное с помощью соответствующей функции принадлежности.

Логические уравнения, полученные с использованием выбранных функций принадлежности для решения задачи диагностики вводов, имеют вид:

$$\mu^{d_1} = \mu^H(x_1) \cdot \mu^H(x_2) \cdot \mu^H(x_3) \cdot [\mu^H(x_4) \vee \mu^C(x_4)] \cdot \mu^H(x_5) \cdot \mu^H(x_7) \cdot \mu^H(x_8) \cdot \mu^H(x_9) \cdot \mu^H(x_{10}) \cdot \mu^H(x_{11}) \cdot [\mu^H(x_{18}) \vee \mu^C(x_{18})], \quad (9)$$

$$\mu^{d_2} = \mu^B(x_3) \vee [\mu^C(x_3) \cdot \mu^B(x_2)] \vee \{\mu^C(x_3) \cdot [\mu^B(x_{12}) \vee \mu^B(x_{13}) \vee \mu^B(x_{14})]\} \vee [\mu^C(x_8) \cdot \mu^C(x_9) \cdot \mu^C(x_{10})] \vee \mu^B(x_{15}) \vee \mu^B(x_{16}) \vee \mu^B(x_{17}) \vee [\mu^B(x_6) \cdot \mu^B(x_7)] \vee \mu^B(x_8) \vee \mu^B(x_9) \vee \mu^B(x_{10}) \vee \{\mu^C(x_3) \cdot [\mu^C(x_4) \vee \mu^B(x_4)] \cdot \mu^B(x_{11})\}, \quad (10)$$

$$\mu^{d_3} = \mu^C(x_3) \cdot \mu^H(x_1) \cdot \mu^H(x_{12}) \cdot \mu^H(x_{13}) \cdot \mu^H(x_{14}) \cdot \mu^H(x_6) \cdot \mu^H(x_7), \quad (11)$$

$$\mu^{d_4} = [\mu^C(x_3) \cdot \mu^H(x_1) \cdot \mu^B(x_{12}) \cdot \mu^B(x_{13}) \cdot \mu^B(x_{14}) \cdot \mu^H(x_8) \cdot \mu^H(x_9) \cdot \mu^H(x_{10}) \cdot \mu^H(x_{11})] \vee [\mu^H(x_{18}) \cdot \mu^C(x_8) \cdot \mu^C(x_{10}) \cdot \mu^H(x_{13})], \quad (12)$$

$$\mu^{d_5} = [\mu^B(x_{11}) \cdot \mu^H(x_8) \cdot \mu^H(x_9) \cdot \mu^H(x_{10})] \vee \{\mu^B(x_{11}) \cdot [\mu^C(x_8) \vee \mu^C(x_9) \vee \mu^C(x_{10})]\}. \quad (13)$$

где μ^d ($i = \overline{1,5}$) - функция принадлежности диагноза d_i ; $\mu^H(x_i)$, $\mu^C(x_i)$, $\mu^B(x_i)$ ($i = \overline{1,18}$) - функция принадлежности параметра x_i соответственно для термов В, С, Н. В уравнениях (9)-(13) союзы "И" и "ИЛИ" для краткости заменены знаками " \cdot " и " \vee ".

Решению задачи диагностики соответствует тот диагноз d_j , который имеет максимальное значение функции принадлежности, т.е.

$$\mu^d = \max\{\mu^{d_j}\}, j = \overline{1,5}. \quad (14)$$

В диссертационной работе приведен практический пример, при котором правила традиционной диагностики не позволяют принимать решение, а разработанная методика - позволяет. Результат диагноза по этой методике совпадает с результатом осмотра ввода после его раскрытия.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

Основные результаты, полученные в диссертационной работе заключаются в следующем:

1. Произведен анализ существующих методов и средств диагностики трансформаторных вводов. Обоснована необходимость поиска новых решений в этой области.
2. Разработана математическая модель и новая методика для определения влагосодержания в негерметичных вводах.
3. Разработана математическая модель для определения количества осадка, выпадающего на нижние фарфоровые покрышки герметичных вводов.
4. Разработана математическая модель для определения срока службы изоляции герметичных вводов.
5. Показано преимущество использования математического аппарата секвенций для синтеза структуры ИИС для диагностики герметичных вводов по количеству осадка.
6. Синтезирована структурная схема ИИС для диагностики герметичных вводов по количеству осадка.
7. Синтезирована структурная схема ИИС для определения срока службы изоляции герметичных вводов.
8. Предложен алгоритм оценки точности разработанных ИИС по ошибкам первого и второго рода. Определено оптимальное граничное значение норм контролируемых параметров на основе метода минимального риска.
9. Разработаны предложения по дальнейшему совершенствованию системы диагностики вводов с использованием микропроцессоров и микро-ЭВМ.
10. Разработана методика диагностики вводов с применением теории нечетких множеств.

РАБОТЫ, ОПУБЛИКОВАННЫЕ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Грабко В.В., Динь Тхань В'єт. Математична модель герметичних вводов силових трансформаторів у системі їх діагностування // Математичне моделювання в електротехніці й електроенергетиці: Тез. доп. 1-ї Міжнародної науково-технічної конференції.- Львів, 1995.- С. 202-203.

2. Грабко В.В., Динь Тхань В'єт. Повышение эффективности контроля вводов силовых трансформаторов // Контроль и управление

в технических системах: Тез. докл. 3-й Международной научно-технической конференции.- Винница, 1995. - Ч. 2. - С. 515.

3. Мокін Б.І., Грабко В.В., Дінь Тхань В'єт Вимірювання робочого ресурсу вводів силових трансформаторів // Метрологія та вимірювальна техніка (Метрологія - 95): Тез. доп. Української науково-технічної конференції.- Харків, 1995.- С. 231.

4. Мокін Б.І., Грабко В.В., Дінь Тхань В'єт Математична модель для визначення вологовмісту маслонаповнених негерметичних вводів // Вісник Вінницького політехнічного інституту.- 1995.- № 2.- С. 47-49.

5. Мокін Б.І., Грабко В.В., Дінь Тхань В'єт Математична модель для визначення строку служби герметичних вводів з паперово-олійною ізоляцією силових трансформаторів // Вісник Вінницького політехнічного інституту.- 1995.- № 4.- С. 34-38.

6. Мокін Б.І., Грабко В.В., Дінь Тхань В'єт Математична модель для діагностики герметичних вводів з паперово-олійною ізоляцією конденсаторного типу // Вісник Вінницького політехнічного інституту.- 1995.- № 3.- С. 36-38.

7. Мокін Б.І., Грабко В.В., Дінь Тхань В'єт Применение моделирования для определения повреждений в герметичных трансформаторных вводах // Автоматика-95: Тез. доп. 2-ї Української конференції з автоматичного керування.- Львів, 1995.- Т. 5.- С. 68-69.

Личный вклад. Все основные результаты диссертационной работы получены автором самостоятельно. В публикациях, лично соискателю принадлежит: в [1, 2, 3, 7] - структурные схемы и алгоритмы работы микропроцессорных систем диагностики вводов по разным параметрам; в [4] - вывод формул для диагностики вводов по влажностному содержанию; в [5] - вывод формул для определения срока службы изоляции вводов; в [6] - вывод формул для диагностики вводов по количеству осадка.

Автор выражает признательность и искреннюю благодарность доценту Пауткиной Л.Р. за многочисленные замечания и начальнику цеха диагностики и наладки высоковольтного оборудования предприятия "Винницяенергоналадка" Кучеренко В.Г. за практические технические консультации.

Дінь Тхань В'єт. Разработка математических моделей и информационно-измерительных систем для технической диагностики трансформаторных вводов.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.16 Информационно-измерительные системы (в науке и промышленности), Винницкий государственный технический университет, Винница, 1996.

Защищается семь научных работ, которые содержат теоретические и экспериментальные исследования методов и средств технической диагностики трансформаторных вводов. Предложена новая методика определения влагосодержания во вводах. Разработаны математические модели для оценки количества осадка во вводах и срока службы их изоляции. Синтезированы структурные схемы ИИС для диагностики вводов и их практическая реализация. Предложена новая методика диагностики вводов с применением теории нечетких множеств. Проведенные исследования позволили создать методику синтеза ИИС для диагностики трансформаторных вводов, внедрение которых существенно повышает надежность электроснабжения потребителей электрической энергии.

Dinh Thanh Viet. Design of mathematical models and measurement information systems for technical diagnosis of highvoltage transformer terminal bushings.

The Ph. D. thesis on speciality 05.11.16 Measurement Information Systems (MIS) (in science and technology), Vinnitsa State Technical University, Vinnitsa, 1996.

Seven scientific works are defended, which consist of theoretical and experimental research of the methods and means of technical diagnosis of highvoltage transformer terminal bushings. A new method of determining the moisture content in the terminal bushings has been suggested. The mathematical models for estimating the amount of sediments in the terminal bushings and the life expectancy of their insulation are worked out. The block diagrams of MIS for terminal bushings diagnosis have been synthesised, and their practical realization is worked out. A new method of terminal bushings diagnosis has been suggested, applying the theory of fuzzy sets. The performed research enabled to create a method of synthesis of MIS for diagnosis of transformer terminal bushings, application of which elevates the reliability of power supply.

Ключевые слова: Трансформаторный ввод, бумажно-масляная изоляция, влагосодержание, осадок, срок службы, секвенция, функция принадлежности, информационно-измерительная система, диагностика.

... в процесі роботи на трансформаторній станції, особливо в умовах
... змін навантаження, що призводить до ...
... внаслідок ...

... в процесі роботи на трансформаторній станції, особливо в умовах
... змін навантаження, що призводить до ...
... внаслідок ...

... в процесі роботи на трансформаторній станції, особливо в умовах
... змін навантаження, що призводить до ...
... внаслідок ...

... в процесі роботи на трансформаторній станції, особливо в умовах
... змін навантаження, що призводить до ...
... внаслідок ...

... в процесі роботи на трансформаторній станції, особливо в умовах
... змін навантаження, що призводить до ...
... внаслідок ...

Підписано до друку 01.10.1996 р.
Формат 60x84/16. Ум. друк. арк. 0,6.
Тираж 100 прим. Замовлення № 96-2440.
Надруковано фірмою "КОНТИНЕНТ"
м. Вінниця, вул. Козицького, 13, т. 35-35-20.

441524

AB. 35.851
AB 35.851