

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ УКРАИНЫ

“Киевский политехнический институт”

На правах рукописи

Али Мусбах Эштиба

(Ливия)

УДК 621.316.1

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА КОНТРОЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО
СОСТОЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ ИЗОЛЯЦИИ В
РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ

Специальность 05.14.02 — “Электрические станции
(электрическая часть), сети, электроэнергетические
системы и управление ими”

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

321.31

Диссертация является рукописью



00343878 (X)

Работа выполнена на кафедре "Электроника" государственного технического университета

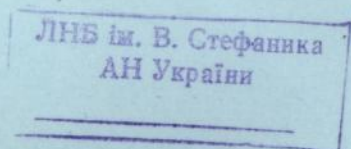
Научный руководитель — кандидат технических наук,
доцент Кутин В.М.

Официальные оппоненты — доктор технических наук, профессор
Синельников Владимир Яковлевич
— кандидат технических наук, старший
научный сотрудник Кошман Всеволод
Иванович

Ведущая организация — Украинское государственное
производственное объединение "Энергопрогресс"

Защита диссертации состоится "18" декабря 1995 г.
в 16 часов на заседании Специализированного Совета К 01.02.19
Национального технического университета Украины
"Киевский политехнический институт"
(252056, Киев-56, просп. Победы 37).

Автореферат разослан "10" ноября 1995 г.



Ученый секретарь
Специализированного Совета
кандидат технических наук,
профессор

Б. Н. Кондра

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы

Распределительные сети (РС) напряжением 0,4—35 кВ являются самым ненадежным элементом системы электроснабжения. Установлено, что подавляющее число отказов (60—80 %) связано с возникновением однофазных и двойных замыканий на землю. Однофазные замыкания на землю (ОЗЗ) — это сложный вид повреждения, однако основная причина их возникновения — изменение свойств параметров изоляции в процессе эксплуатации РС. Поддерживая изоляцию РС в работоспособном состоянии, путем профилактических воздействий, можно значительно сократить количество ОЗЗ и повысить надежность эксплуатации РС. Для решения этой задачи необходимо определить условия работоспособности изоляции в процессе эксплуатации РС и разработать средства непрерывного контроля технического состояния изоляции.

В настоящее время отсутствуют нормативы для оценки технического состояния параметров изоляции и методика оценки запаса работоспособности изоляции в процессе эксплуатации РС. Существуют, рекомендуемые ПУЭ, лишь ограничения на величину тока металлического замыкания на землю, позволяющие установить предельное значение емкости фазы сети относительно земли, а также ограничения на величину тока утечки через тело человека и напряжение прикосновения, рекомендуемые ГОСТ 12.1038-82 "Предельные допустимые уровни напряжения прикосновения и токов".

Как показали результаты исследований ряда авторов, ухудшение свойств изоляции РС в процессе ее эксплуатации происходит в результате изменения активного сопротивления изоляции фаз сети относительно земли. Наиболее распространенные методы непрерывного контроля изоляции в РС 6—35 кВ, основанные на измерении напряжения фаз сети относительно земли или напряжения нулевой последовательности, не позволяют получить количественное представление о параметрах изоляции и не чувствительны к возникновению замыканий через большое переходное сопротивление. Методы, основанные на наложении тестовых сигналов, например постоянного тока, реагируют лишь на плавное изменение активного сопротивления изоляции.

Таким образом, существует задача совершенствования методов и средств оценки работоспособности изоляции в распределительных сетях.

Цель диссертационной работы — развитие методов и средств оценки работоспособности изоляции РС.

Поставленная цель потребовала решения следующих задач:

1. Исследование РС как объекта диагностирования и анализ существующих методов контроля изоляции.

2. Теоретическое обоснование и разработка математической модели для оценки работоспособности изоляции фаз сети относительно земли в процессе ее эксплуатации.

3. Выбор методики оценки запаса работоспособности и определение нормы параметров изоляции РС.

4. Разработка структуры измерительной системы и методов контроля параметров изоляции в процессе эксплуатации РС.

5. Разработка принципиальной схемы измерительной системы, изготовление макетов, их лабораторные и промышленные испытания. Оценка свойств измерительной системы.

Автор защищает:

1. Математическую модель для определения условий работоспособности изоляции фаз сети относительно земли в процессе эксплуатации РС.

2. Алгоритмы определения технического состояния изоляции фаз сети относительно земли.

3. Метод и средство непрерывного контроля изоляции активного сопротивления изоляции фаз сети относительно земли.

4. Метод и средство периодического контроля активного и реактивного сопротивления изоляции каждой фазы сети относительно земли.

5. Результаты лабораторных и промышленных испытаний разработанных устройств в лабораторных условиях и распределительных сетях ПЭО "Винницаэнерго".

Методы исследования.

Для решения поставленных задач в работе используется комплексная методика исследований, включающая теоретический анализ на основе теории электрических цепей, теории вероятностей и математической статистики, а также сопоставление результатов теоретического анализа с результатами экспериментальных исследований на опытных образцах и моделях. Численные результаты получены на ПЭВМ с использованием разработанных автором программ. Экспериментальные исследования проводились на лабораторной установке, которая обеспечивала исследование погрешностей разработанных методов и снятие осциллограм переходного процесса, а также в производственных условиях.

Научная новизна.

1. Теоретически обоснована необходимость нормирования

активного сопротивления изоляции фаз сети относительно земли при определении технического состояния изоляции РС в процессе ее эксплуатации.

2. Разработана математическая модель для определения условий работоспособности изоляции РС в процессе ее эксплуатации. Условия работоспособности обоснованы в виде зависимости допустимого значения активного сопротивления изоляции фаз сети от емкости фаз сети относительно земли при ограничении величины тока через утечку, рекомендуемых ГОСТ 12.1038—82.

3. Предложен способ непрерывного контроля активного сопротивления изоляции фаз сети относительно земли, основанный на принципе деформирования характера изменения тока переходного процесса от источника постоянного тока, накладываемого на контролируруемую сеть. Достигается это путем подключения между источником постоянного тока и фильтром присоединения к контролируемой сети Т-образного четырехполюсника, состоящего из двух резисторов и конденсатора.

4. Для получения полной информации о техническом состоянии изоляции предложен способ периодического контроля активного и реактивного сопротивления изоляции каждой фазы сети относительно земли, который заключается во введении между двумя другими фазами сети и землей звезды сопротивлений, параметры которых подбираются таким образом, что напряжение на испытываемой фазе возрастает до $\sqrt{3}/2$ линейного, а на двух других понижается до половины линейного и находится в противофазе независимо от параметров изоляции сети.

Практическая ценность.

В результате проведенных исследований разработана измерительная система, позволяющая контролировать изменение свойств параметров изоляции на ранней стадии развития повреждений и таким образом предотвращать возникновение однофазных и двойных замыканий на землю, т. е. повысить надежность и безопасность эксплуатации РС переменного тока напряжением 0,4—35 кВ.

Реализация результатов работы.

Разработанная измерительная система для определения технического состояния изоляции внедрена в РС 10 кВ ПЭО “Винницаэнерго”, а устройство для периодического контроля изоляции в РС 0,4 кВ ПО “Винницанерудпром”.

Апробация работы.

Основные результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на I, II и III-ей международных технических конфе-

ренциях стран СНГ "Контроль и управление в технических системах" (г. Винница, 1992, 1993, 1995 г.), I-ой международной научно-технической конференции "Математическое моделирование в электротехнике и электроэнергетике" (г. Львов, 1995 г.), 28-ой научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава, сотрудников и студентов ВГУ с участием инженерно-технических работников предприятий г. Винницы и области в 1994 г., на научных семинарах в ВГУ в 1991—1995 гг., на технических Советах ПЭО "Винницаэнерго" и ПО "Винницанерудпром".

Структура и объем работы.

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав и заключения, изложенных на 155 страницах компьютерного текста, иллюстрированного 44 рисунками и 8 таблицами, списка литературы из 65 наименований и приложений на 24 страницах.

Во введении обоснована актуальность темы и сформулированы цели исследований, перечислены основные научные результаты работы, приведены основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе проведено исследование РС как объекта диагностирования. Описана их классификация по энергетическим признакам, изучен характер и причины возникновения повреждений, исследованы параметры, характеризующие исправное или неисправное состояние изоляции, приведены соответствующие статистические данные.

Выполнен анализ существующих методов проверки параметров изоляции РС с позиции их использования для разработки оптимальных программ контроля технического состояния РС.

Во второй главе предложена математическая модель для оценки технического состояния РС, выполнен ее анализ, выбрана совокупность контролируемых показателей.

В третьей главе разработана и теоретически обоснована измерительная система для определения работоспособности изоляции. Для непрерывного контроля изоляции фаз сети относительно земли развит метод, основанный на принципе наложения постоянного тока на контролируемую сеть путем деформирования характера изменения переходного процесса при возникновении утечки тока. Для получения полной информации о техническом состоянии изоляции разработан метод определения комплекса сопротивления изоляции каждой фазы сети относительно земли, основанный на принципе искусственного смещения нейтрали сети на середину вектора линейного напряжения.

Четвертая глава посвящена разработке, выполнению и прове-

дению испытаний измерительной системы для определения технического состояния изоляции РС.

В приложениях приведены акты испытаний разработанных устройств, программы расчета на ПЭВМ предельных значений параметров изоляции при определении условий работоспособности РС и погрешностей анализируемых методов измерений.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Исследование динамики изменения параметров изоляции РС и анализ причин возникновения повреждений позволил установить, что ОЗЗ, в процессе эксплуатации РС, предшествует плавное уменьшение активного сопротивления изоляции или кратковременные снижения в виде серии импульсов.

Основной причиной уменьшения активного сопротивления изоляции фаз сети относительно земли является появление шунтирующих связей, которые образуются от загрязнения поверхности изоляторов, механических повреждений элементов РС, некачественного монтажа или ремонта. Анализ существующих методов контроля изоляции показал, что они не чувствительны к изменению активного сопротивления изоляции на ранней стадии развития повреждения. Отсутствует и методика определения условий работоспособности изоляции в процессе эксплуатации РС.

В диссертационной работе для определения условий работоспособности изоляции, РС рассматривалась как преобразователь вида: $\underline{Y} = A \cdot \underline{X}$ входных величин \underline{X} в выходные \underline{Y} , где оператор A выполняет роль математической модели, характеризующей техническое состояние изоляции. Условие работоспособности изоляции РС при этом рассматривалось как соответствие действительного оператора A нормируемому A_0 . В качестве входных величин использовались напряжения источников питания, а в качестве выходной величины — ток через утечку.

Для ограничения количества анализируемых состояний изоляции РС, рассматривались два предельных случая: симметричное состояние изоляции фаз сети, характеризующееся равенством активных сопротивлений $\gamma_A = \gamma_B = \gamma_C = \gamma$, и несимметричное состояние, когда $\gamma_A \rightarrow \infty$; $\gamma_B = \gamma_C = \gamma$. Емкости фаз в обоих случаях остаются симметричными, т. е. $C_A = C_B = C_C = C$.

Для случая симметричного состояния изоляции

$$A_0^2 = (\sqrt{(\gamma_s + \gamma_0 + \omega^2 C^2 \gamma_s \gamma_0^2)^2 + \omega^2 C_0^2 \gamma_0^4}) \cdot \sin(\omega t + \psi - \varphi) /$$

$$\begin{aligned} & /((r_s + r_o)^2 + \omega^2 C_o^2 r_o^2 r_s^2) - (1 + (r_s + r_o) / r_o) \cdot \sin(\psi - \varphi_1) \times \\ & \times \exp(-((r_s + r_o) / r_o C_o) \cdot t / \sqrt{(r_s + r_o)^2 + \omega^2 C_o^2 r_o^2 r_s^2}), \quad (1) \end{aligned}$$

где r_o — общее активное сопротивление изоляции фаз сети относительно земли; C_o — суммарная емкость сети относительно земли;

r_s — переходное сопротивление в цепи тока замыкания на землю;

$$\psi = \arctg \omega C_o r_o^2 / (r_s + r_o + \omega^2 C_o^2 r_o^2 r_s);$$

$$\varphi_1 = \arctg(\omega C_o r_o r_s) / (r_s + r_o).$$

В случае предельной несимметрии

$$A_o^n = \frac{\sqrt{(1,5 + 9 \omega^2 C_o^2 r_o^2)^2 + 2,25 \omega^2 C_o^2 r_o^2}}{1 + \omega^2 C_o^2 r_o^2} \times$$

$$\times \left[\frac{\sqrt{(r_s + r_o + \omega^2 C_o^2 r_o^2 \cdot r_s)^2 + \omega^2 C_o^2 r_o^4}}{(r_s + r_o)^2 + \omega^2 C_o^2 r_o^2 r_s^2} \sin(\omega t + \psi - \varphi_1 - \varphi) \times \right.$$

$$\times \frac{(1 + (r_s + r_o) / r_o)}{\sqrt{(r_s + r_o)^2 + \omega^2 C_o^2 r_o^2 r_s^2}} \sin(\psi - \varphi_1 - \varphi) \times$$

$$\left. \times \exp(-((r_s + r_o) / C_o \cdot r_o \cdot r_s) \cdot t \right], \quad (2)$$

где $\varphi_1 = -\arctg(\omega C_o r_o / (1,5 + 9 \omega^2 \cdot C_o^2 \cdot r_o^2))$.

Для определения допустимого значения A_o учитывались ограничения на величину тока утечки через место повреждения, рекомендуемые ГОСТ 12.1038-82, и ограничения на величину тока однофазного металлического замыкания на землю, рекомендуемые Правилами устройств электроустановок и Правилами технической эксплуатации электрических станций и сетей.

Численным методом с помощью ЭВМ были выполнены расчеты по формулам (1), (2) для различных уровней напряжений распределительной сети 0,4—35 кВ. Результаты расчетов были представлены в виде зависимости $r_{o.min} = f(C_o)$,

где $r_{o.min} = r_o r_{з.д} / (r_o + r_{з.д})$ — граничное значение активного сопротивления изоляции фаз сети относительно земли после возникновения повреждения; $r_{з.д}$ — допустимое значение активного сопротивления изоляции в месте повреждения, при котором величина тока утечки не превышает значений, рекомендуемых ГОСТ 12.1038-82

как в переходном, так и в установившемся режиме.

Норма активного сопротивления изоляции, для заданных значений емкости и напряжения сети, определяется как среднее арифметическое значение $\gamma_{0.\min}$ при симметричном состоянии изоляции и в случае ее предельной несимметрии. Запас работоспособности определяется как отношение разности текущего значения γ_0 и $\gamma_{0.\min}$ к γ_0 .

Анализ зависимости $\gamma_{0.\min} = f(C_0)$ показал, что при прочих равных условиях преобладают требования к ограничению $\gamma_{0.\min}$ в установившемся режиме, т. е. при $t > 1с$. Запас работоспособности активного сопротивления изоляции при $C_0 = \text{const}$ в % предложено определять соотношением

$$Z_{р.д} = (\gamma_0 - \gamma_{0.\min}) 100 / \gamma_0 \quad (3)$$

Теоретически профилактические воздействия на РС осуществляют, когда $Z_{р.д} \rightarrow 0$. Однако в реальных условиях, при построении математической модели допускалась идеализация, а любая измерительная система обладает погрешностью. Поэтому для надежности оценки работоспособности было принято $Z_{р.д \min} = 20 \%$.

С учетом этого ограничения были получены расчетные значения зависимости $\gamma_{0.\min} = f(C_0)$ для напряжений 0,4—35 кВ, позволяющие определить условия работоспособности изоляции.

На рис. 1 приведена зависимость $\gamma_{0.\min} = f(C_0)$ для напряжений 6—35 кВ. Кривая 1 соответствует случаю симметрии изоляции, а 2 — предельной ее несимметрии. Используя эти кривые, для заданной емкости сети можно установить минимально допустимые значения активного сопротивления изоляции фаз сети относительно земли, т. е. норму. Если контролировать только γ_0 , то допустимое его значение можно определять как среднее арифметическое двух значений, определенных по кривым 1 и 2.

Для непрерывного контроля изменения свойств активного сопротивления изоляции развит метод наложения постоянного тока на контролируемую сеть, путем введения между источником питания и фильтром присоединения к сети Т-образного четырехполюсника (рис. 2), состоящего из двух резисторов R_1 , R_2 и конденсатора C_p . Используя переходный процесс разряда конденсатора C_p , можно дополнительно контролировать кратковременное уменьшение активного сопротивления изоляции, которое предшествует возникновению ОЗЗ.

На схеме (рис. 2), реализующей данный метод, вход блока контроля изоляции и сигнализации потери работоспособности 1

подключен между нейтральной точкой первичной обмотки измерительного трансформатора напряжения 2 и землей, параллельно фильтру присоединения 3. Блок содержит источник питания 4, омметр 8, цепь R3 для проверки исправности элементов схемы, конденсатор 5, реле сигнализации 6, реле сигнализации 7. Фильтр 3 содержит емкость и разрядник.

Полагая $R_1 = R_2 = R_g$, напряжения, поступаемые на вход реле 6 и 7 могут быть представлены как: $U_6 = i_1 R_g$; $U_7 = i_2 R_g$.

Токи $i_1(t)$ и $i_2(t)$ определяются выражениями:

$$i_1(t) = \frac{U(r_0 + r_3)}{(r_0 + r_3) \cdot (2 \cdot R_g + R_T) + r_0 r_3} + \sum_{k=1}^5 \frac{\Phi_1(p_k)}{\Phi_0'(p_k)} \cdot \exp p_k t, \quad (4)$$

$$i_2(t) = \frac{U(r_0 + r_3)}{(r_0 + r_3) \cdot (2 \cdot R_g + R_T) + r_0 r_3} + \sum_{k=1}^5 \frac{\Phi_2(p_k)}{\Phi_3'(p_k)} \cdot \exp p_k t, \quad (5)$$

где R_T — активное сопротивление обмоток трансформатора напряжения; $\Phi_0'(p_k)$, $\Phi_3'(p_k)$ — производные функций, зависящих от параметров изоляции сети и схемы.

Показано, что при изменении параметров изоляции, ток переходного процесса в резисторе, подключенном между источником постоянного тока и конденсатором, нарастает плавно и его установившееся значение обратно пропорционально активному сопротивлению изоляции фаз сети относительно земли, а в другом резисторе характер переходного процесса колебательный, причем максимальное значение тока обратно пропорционально переходному сопротивлению в месте возникновения утечки. Контролируя эти токи, можно регистрировать как плавное изменение активного сопротивления изоляции, так и возникновение кратковременных утечек, предшествующих возникновению ОЗЗ.

Численным методом с помощью ПЭВМ производился расчет переходных токов $i_1(t)$ и $i_2(t)$, для заданных параметров схемы при широком диапазоне изменения активного сопротивления и емкости сети. Например, на рис. 3 изображен характер изменения токов $i_1(t)$ и $i_2(t)$ при $r_3 = 1$ кОм (кривые 1) и $r_3 = 50$ кОм (кривые 2) при подключении одного внешнего фильтра с емкостью $C_f = 100$ мкф.

Из кривых видно, что в первый момент возникновения утечки, значение тока $i_1(t)$ обратно пропорционально величине общего

активного сопротивления изоляции сети до момента, предшествовавшего возникновению утечки, а затем плавно нарастает и в установившемся режиме обратно пропорционально величине активного сопротивления с учетом величины сопротивления утечки. Ток $i_2(t)$ после колебания возрастает до максимального значения, величина которого обратно пропорциональна переходному сопротивлению в месте возникновения утечки. После окончания переходного процесса $i_1(t) = i_2(t)$.

При отсутствии Т-образного четырехполюсника, характер изменения переходного тока зависит от величины r_3 . При малых его значениях ($r_3 = 1$ кОм, кривая 3) ток нарастает плавно, при увеличении r_3 — имеет явно выраженный максимум ($r_3 = 50$ кОм, кривая 4), превышающий установившееся значение в 2—4 раза. Это приводит к ложному срабатыванию устройства и исключает возможность использования переходного процесса при наложении постоянного тока на контролируемую сеть.

Достоверность выполненных расчетов подтверждается хорошим совпадением (в пределах 10 %) с результатами экспериментальных исследований, которые выполнялись на модели трехфазной электросети.

Для периодического контроля изоляции предложен метод, основанный на принципе искусственного смещения нейтрали сети на середину вектора линейного напряжения (рис.4). Достигается это, при испытании одной из фаз сети, путем введения между двумя другими фазами сети и землей звезды сопротивлений (z_5, z_6, z_4), параметры которой выбраны таким образом, что независимо от параметров сети напряжение на испытываемой фазе повышается до $1,5 U_{\phi}$, а на двух других понижается до половины линейного и находятся в противофазе.

Такой режим сети позволил выделить ток утечки через изоляцию фазы сети, а следовательно, упростить процесс определения параметров изоляции каждой фазы и повысить точность измерения.

Если принять $z_4 = j\omega L + r$, а $z_5 = z_6 = -j/\omega C$ и параметры комплексов подобрать так, чтобы $\omega L = (1/2)\omega C$; $r \rightarrow 0$, то

$\dot{U}_0 = -U_{\phi}/2$, а комплексы напряжений фаз сети относительно земли

$$\dot{U}_1 = (\sqrt{3}/2) \cdot \dot{U}_n; \dot{U}_2 = -(j/2) \cdot \dot{U}_n; \dot{U}_3 = (j/2) \cdot \dot{U}_n, \quad (6)$$

где \dot{U}_n — линейное напряжение. Комплекс тока к-й фазы в

сопротивления \underline{z}_4

$$\dot{I}_k = \dot{U}_1 \underline{Y}_1 + \dot{U}_2 \underline{Y}_2 + \dot{U}_3 \underline{Y}_3. \quad (7)$$

С учетом того, что емкостные проводимости изоляции фаз сети равны $b_1 = b_2 = b_3 = b$, измеренные проводимости изоляции каждой фазы могут быть представлены :

$$\underline{Y}_1 = \dot{I}_1 / \dot{U}_1 = g_1 + j (b - (1/\sqrt{3}) (g_2 - g_3));$$

$$\underline{Y}_2 = \dot{I}_2 / \dot{U}_2 = g_2 + j (b - (1/\sqrt{3}) (g_3 - g_1));$$

$$\underline{Y}_3 = \dot{I}_3 / \dot{U}_3 = g_3 + j (b - (1/\sqrt{3}) (g_1 - g_2)). \quad (8)$$

Из выражения (8) следует, что характеристики изоляции каждой фазы сети относительно земли могут быть определены по результатам измерения тока I_k , напряжения на испытываемой фазе U_k и угла сдвига между ними φ_k . Для практических расчетов:

$$g = (U_k / I_k) \cos \varphi_k; \quad b = (1/3) \sum_{k=1}^3 I_k / (U_k \sin \varphi_k)$$

В данном методе для определения величины g_1, g_2, g_3 и b можно ограничиться испытанием лишь двух фаз.

Выполненные исследования показали, что среднеквадратичная погрешность определения активной и реактивной проводимости фазы зависит от погрешностей измерения тока, напряжения, угла сдвига между ними и соотношения активной и реактивной проводимостей изоляции фазы, и в реальных условиях не превышает 20 %.

На основании предложенных способов разработаны принципиальные схемы устройства для непрерывного и периодического контроля изоляции.

Макетные образцы устройств прошли успешные испытания в лабораторных и производственных условиях. Результаты экспериментальных исследований, выполненные на физической модели трехфазной сети с изолированной нейтралью, подтвердили достоверность выполненных расчетов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Надежность эксплуатации РС можно повысить за счет умень-

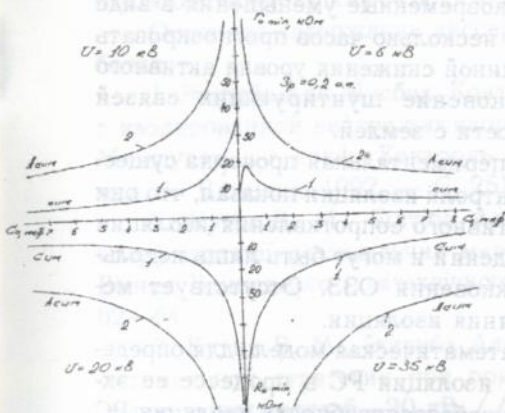


Рис. 1. Зависимость $I_{\min} = f(f)$ при $\Delta f = 20 \%$

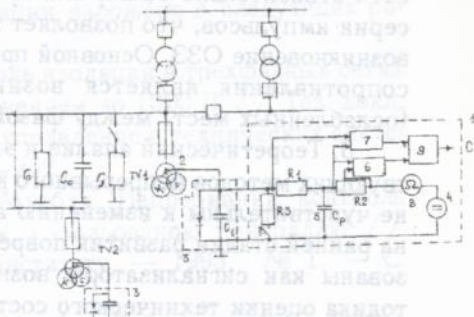


Рис. 2. Принципиальная схема метода измерения остаточного тока и использования энергии предварительно заряженного конденсатора

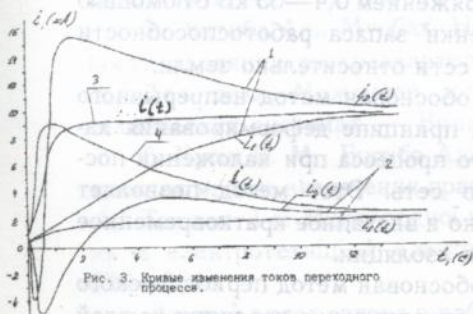


Рис. 3. Кривые изменения токов переходного процесса.

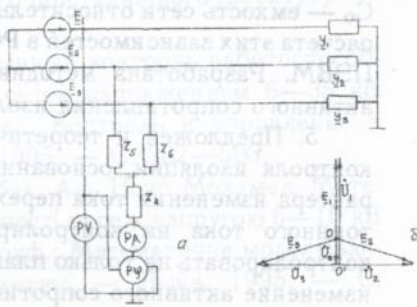


Рис. 4. Расчетная схема метода - а; б - векторная диаграмма напряжения при включении первой фазы

шения количества ОЗЗ путем непрерывного контроля технического состояния изоляции и профилактических воздействий на РС в случае потери работоспособности изоляции.

2. Установлено, что в процессе эксплуатации РС ОЗЗ предшествует плавное изменение активного сопротивления изоляции фаз сети относительно земли или кратковременные уменьшения в виде серии импульсов, что позволяет за несколько часов прогнозировать возникновение ОЗЗ. Основной причиной снижения уровня активного сопротивления является возникновение шунтирующих связей (ослабленных мест) между фазой сети с землей.

3. Теоретический анализ и экспериментальная проверка существующих методов непрерывного контроля изоляции показал, что они не чувствительны к изменению активного сопротивления изоляции на ранней стадии развития повреждений и могут быть лишь использованы как сигнализаторы возникновения ОЗЗ. Отсутствует методика оценки технического состояния изоляции.

4. Теоретически обоснована математическая модель для определения условий работоспособности изоляции РС в процессе ее эксплуатации. Показано, что условие работоспособности изоляции РС можно представить в виде зависимости: $r_{0.\min} = f(C_0)$, где $r_{0.\min}$ — предельное значение активного сопротивления изоляции сети относительно земли, при котором ток утечки через шунтирующую связь не превышает значений, рекомендуемых ГОСТ 12.1038-82 при заданном уровне запаса работоспособности Z_r, g , C_0 — емкость сети относительно земли. Разработана программа для расчета этих зависимостей в РС напряжением 0,4—35 кВ с помощью ПЭВМ. Разработана методика оценки запаса работоспособности активного сопротивления изоляции сети относительно земли.

5. Предложен и теоретически обоснован метод непрерывного контроля изоляции, основанный на принципе деформирования характера изменения тока переходного процесса при наложении постоянного тока на контролируемую сеть. Этот метод позволяет контролировать не только плавное, но и внезапное кратковременное изменение активного сопротивления изоляции.

6. Предложен и теоретически обоснован метод периодического контроля активного и реактивного сопротивления изоляции каждой фазы сети относительно земли, основанный на принципе искусственного смещения нейтрали сети на середину вектора линейного напряжения, упрощающий процесс определения параметров изоляции и обеспечивающий высокую точность измерений.

7. На основании предложенных методов разработаны принципиальные схемы и устройства, которые прошли лабораторные и промышленные испытания в ПЭО "Винницээнерго" и ПО "Винница-

нерудпром". Использование этих устройств позволяет на 30—40 % уменьшить количество ОЗЗ в РС.

8. В результате выполненной работы внедрены опытные образцы устройства для непрерывного контроля изоляции 6—10 кВ в РС ПЭО "Винницаэнерго" и устройства для периодического контроля изоляции каждой фазы сети РС 0,4 кВ — в ПО "Винницанерудпром".

Основное содержание диссертации изложено в следующих работах:

1. Эштиба Али Мусбах. Контроль изоляции в трехфазных сетях с изолированной нейтралью напряжением до 1000 В // Тез. докл. Междунар. н-т. конф.: Контроль и управление в технических системах. — Винница: 1992. — С. 251—252.

2. Кутін В. М., Ештиба Алі Мусбах. Непрерывный контроль опору ізоляції розподільчих мереж з ізолюваною нейтраллю // Вісник Вінницького політехнічного інституту. — 1993, № 1. — С. 62—64.

3. Кутин В. М., Эштиба Али Мусбах, Рубаненко А. Е. Выбор оптимальной стратегии при поиске мест повреждения в распределительных сетях 6—20 кВ // Тез. докл. Междунар. н-т. конф.: Контроль и управление в технических системах. — Винница: 1993. — С. 247.

4. Вибір стратегії керування відновленням електропостачання в розподільчих мережах напругою 6—35 кВ // Кутін В. М., Ткаченко О. М., Рубаненко О. Є., Піскляров П. К., Ештиба Алі Мусбах, Аль Нсур Мохамед // Вісник Вінницького політехнічного інституту. — 1995, № 1. — С. 32—38.

5. Эштиба Али Мусбах. Непрерывный контроль работоспособности изоляции распределительных сетей напряжением 6—35 кВ // Тез. докл. Междунар. н-т. конф.: Контроль и управление в технических системах. — Винница: 1995. — С. 502—503.

6. Кутін В. М., Ештиба Алі Мусбах, Аль Нсур Мохамед. Математична модель визначення працездатності мереж напругою 6—10 кВ // Тез. доп. 1-ої Міжнародної н-т. конф.: Математичне моделювання в електротехніці й електроенергетиці — Львів: 1995. — С. 223—224.

Личный вклад автора в работах, опубликованных в соавторстве состоит в следующем: [2] — разработана математическая модель и схема реализации устройства, приведен расчет токов в измерительной системе с помощью ЭВМ; [3] — разработан алгоритм определения работоспособности изоляции фаз сети относительно земли; [4] — разработан алгоритм поиска замыканий на землю через большое переходное сопротивление; [6] — разработана математическая модель для определения технического состояния пара-

метров изоляции РС.

АННОТАЦІЯ

Али Мусбах Эштиба. Методы и средства контроля технического состояния параметров изоляции в распределительных сетях. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.02 — Электрические станции (электрическая часть), сети, электроэнергетические системы и управление ими, Винницкий государственный технический университет, Винница, 1995.

Защищается обобщающая научная работа, содержащая результаты исследования методов и средств определения работоспособности изоляции распределительной сети в процессе их эксплуатации, а также результаты экспериментальных исследований. Определены условия работоспособности изоляции фаз сети относительно земли. Разработан метод контроля изоляции, позволяющий определить изменение ее свойств на ранней стадии развития повреждений, существенно уменьшить количество однофазных и двойных замыканий на землю, упростить процесс поиска повреждений при замыкании через большое переходное сопротивление. Осуществлено внедрение результатов работы в промышленность.

ANNOTATION

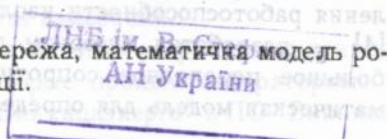
ALI MUSBAH ESHTIBA. METHODS AND MEANS OF TECHNICAL PARAMETERS OF ISOLATION CONTROL IN DISTRIBUTIVE NETWORKS.

The thesis for submitting a Candidate of Technical Science degree on speciality 05.14.02 — "Electrical power stations/electrical part/, networks, power systems and their control", Vinnitsa State Technical University, Vinnitsa, 1995.

Scientific works submitting in the thesis contain the development and the research of methods and means to determine efficiency of isolation of distributive network in a process of their operation.

It is determined conditions of efficiency of isolation of networks relative to an earth. It is developed a method for control of technical condition of isolation permitting to determine the change of isolation properties at the early and to develop stage of damage and to diminish essentially the number of single-phase and double ground faults, to simplify a process for research of damages when a fault thorough the great transitional resistance. It is carried out an inculation of works results in industry.

Ключові слова: розподільча мережа, математична модель роботоздатності, контроль опору ізоляції.



Віддруковано фірмою "КОНТИНЕНТ"
зам. 2341-01 тир. 100 прим.



AB 33.503