

пульса короткой длительности. По данным сравнительного анализа, полученные нами характеристики на основе моделирования и характеристики натурального эксперимента совпадают.

THE MATHEMATICAL MODEL OF TRANSFORMER WHEN ITS DIAGNOSIS BY SHORT DURATION PULSES TAKES PLACE

Isaev Y.N., Kolchanova V.A., Elgina G.A., Lavrynovych A.V.

1National research Tomsk polytechnic university, Tomsk, Russia (634050, Tomsk, Lenin prospect, 30),
e-mail: vasileva.o.v@mail.ru

The synthesis of the model of winding of a three-phase two-winding transformer has been considered. The original input signal in the form of a short duration pulse into components of the Fourier series has been decomposed. In accordance with the superposition principle for each component of decomposition the transient process has been calculated. To determine the transients of currents and voltages the state space method have been used, the distribution of parameters of the equivalent circuit as well as the influence of the skin effect have been taken in account. The examples of the calculation of inductance and resistance of the transformer windings with circular and rectangular cross section with the skin effect by calculating the distribution of the magnetic field potential using the finite element method have been given. To implement the finite element method the COMSOL Multiphysics software has been used. The functions of the state variables with input action as a probe pulse of short duration are given. According to a comparative analysis, the modeling characteristics obtained by us and the characteristics of a natural experiment have been coincided.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРАНСФОРМАТОРНОЙ ОБМОТКИ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ИМПУЛЬСА НАПРЯЖЕНИЯ В СРЕДЕ MATLAB SIMULINK

Исаев Ю.Н., Колчанова В.А., Елгина Г.А.

ФГБОУ ВПО «НИ ТПУ» («Национальный исследовательский Томский политехнический университет»),
Томск, Россия (634050, Томск, пр. Ленина, 30), e-mail: ni105@mail.ru

Приводится синтез алгоритмической модели обмотки трехфазного двухобмоточного трансформатора в среде MATLAB Simulink. Исходный сигнал входного воздействия в виде импульса короткой длительности раскладывался на составляющие ряда Фурье. Расчётный входной импульс представлен в виде суммы десяти компонент ряда Фурье и дополнительного источника напряжения, представляющего разность исходного импульса и десяти компонент ряда Фурье, из-за отсутствия в последнем влияния скин-эффекта. Для каждой составляющей ряда Фурье в соответствии с принципом суперпозиции рассчитывался переходный процесс как для цепи с распределёнными параметрами. Токи и напряжения отдельных витков обмотки трансформатора и всей обмотки в целом представлялись в виде алгебраической суммы отдельных компонент. Приведены функции исследуемых величин при входном воздействии в виде зондирующего импульса короткой длительности. По данным сравнительного анализа, полученные нами характеристики на основе моделирования и характеристики натурального эксперимента совпадают.

THE SIMULATION OF TRANSFORMER WINDING UNDER THE INFLUENCE OF VOLTAGE PULSES BY MATLAB SIMULINK

Isaev Y.N., Kolchanova V.A., Elgina G.A.

1National research Tomsk polytechnic university, Tomsk, Russia (634050, Tomsk, Lenin prospect, 30),
e-mail: vasileva.o.v@mail.ru

The synthesis of the algorithmic model of winding of a three-phase two-winding transformer by MATLAB Simulink has been considered. The original input signal in the form of a short duration pulse into components of the Fourier series has been decomposed. Calculated input voltage pulse has been presented as a sum of ten Fourier components and additional voltage supply. Additional voltage supply does not depend on skin effect and is a subtraction of input voltage pulse and ten Fourier components. In accordance with the superposition principle for each component of decomposition the transient process has been calculated as for the distributed circuit. Currents and voltages of separate turns and transformer winding as a whole have presented as algebraic sum of separate components. The functions of the state variables with input action as a probe pulse of short duration are given. According to a comparative analysis, the modeling characteristics obtained by us and the characteristics of a natural experiment have been coincided.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕФОРМАЦИЙ ПРОВОДОВ ОБМОТКИ ТРАНСФОРМАТОРА, ВЫЗВАННЫХ ТОКОМ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ

Исаев Ю.Н., Васильева О.В., Елгина Г.А.

ФГБОУ ВПО «НИ ТПУ» («Национальный исследовательский Томский политехнический университет»),
Томск, Россия (634050, г. Томск, пр. Ленина, 30), e-mail: vasileva.o.v@mail.ru

Приводится рассмотрение продольных и поперечных деформаций проводника обмотки трансформатора, вызванных током короткого замыкания. Рассматривается вывод основных полезных соотношений, позволя-

ющих оценить удлинения и сдвиг проводников в обмотке при известном токе, а также приведен расчет поля распределения пространственной деформации проводников в уединенной обмотке. В работе приведен пример расчета распределения пондеромоторных сил для проводников обмотки трансформатора круглого и прямоугольного сечения с использованием метода конечных элементов. Для расчета распределения пондеромоторных сил была использована система уравнений Максвелла и тензор натяжения Максвелла. Для реализации метода конечных элементов был использован пакет COMSOL Multiphysics. В приведенной модели рассматривался ток короткого замыкания, превышающий ток нормального режима в 3 раза. Приведено распределение векторного магнитного потенциала A , распределение поверхностных сил F и результирующие силы, действующие на отдельный проводник.

DEFINITION OF DEFORMATIONS OF WIRES OF THE WINDING OF THE TRANSFORMER, CAUSED BY CURRENT OF SHORT CIRCUIT

Isaev Y.N., Vasileva O.V., Elgina G.A.

National research Tomsk polytechnic university, Tomsk, Russia (634050, Tomsk, Lenin prospect, 30),
e-mail: vasileva.o.v@mail.ru

Consideration of longitudinal and cross deformations of the conductor of a winding of the transformer, caused by current of short circuit is given. The conclusion of the main useful ratios, allowing to estimate lengthening and shift of conductors in a winding at known current is considered, and also calculation of a field of distribution of spatial deformation of conductors is given in a lonely winding. In work the example of calculation of distribution of ponderomotive forces for conductors of a winding of the transformer of round and rectangular section of c is given by use of a method of final elements. For calculation of distribution of ponderomotive forces the system of the equations of Maxwell and a tensor of a tension of Maxwell was used. For realization of a method of final elements the COMSOL Multiphysics package was used. In the given model the current of short circuit exceeding current of a normal mode by 3 times was considered. Distribution of vector magnetic potential of A , distribution of superficial forces of F and the resultant forces operating on the separate conductor is given.

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННЫХ СОСТОЯНИЙ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛОК НА ОСНОВЕ ДЕФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ СЕЧЕНИЯ

Исаков И.А.

ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет»,
Санкт-Петербург, Россия (190005, г. Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., 4),
e-mail: isakov8620@gmail.com

В статье представлено теоретическое исследование напряженно-деформированного состояния железобетонных балок, рассчитанных по деформационной модели сечения, описанной в евронормах. Данный метод рассматривает работу железобетона как упругопластического материала, основываясь на нелинейных зависимостях (диаграммах) между напряжениями и деформациями в сечении балки, на всех стадиях, начиная с момента приложения нагрузки и заканчивая полным разрушением элемента, а также позволяет определить момент и порядок потери несущей способности бетона и арматуры. Приводится сравнительный анализ экспериментальных данных по исследованию изгибаемых железобетонных элементов со значениями, полученными в результате расчёта балок с такими же геометрическими и физическими параметрами в рамках деформационной модели сечения и модели пластического шарнира.

THE STUDY OF THE STRESS-STRAIN STATE OF REINFORCED CONCRETE BEAMS BASED ON THE DEFORMAYION MODEL SECTION

Isakov I.A.

Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, Saint-Petersburg, Russia (190005, Saint-Petersburg, 2 Krasnoarmeiskaya street, 4), e-mail: isakov8620@gmail.com

The paper presents a theoretical study of the stress-strain state of reinforced concrete beams, calculated by the cross section deformation model described in euronorms. This method examines the work of reinforced concrete as elastic-plastic material, based on the non-linear dependencies (diagrams) between stress and strain in the section of a beam, at all stages, starting from the date of application of the load and ending with the complete destruction of the element, as well as to determine the time and order of the loss of the bearing capacity of concrete and fittings. The comparative analysis of experimental data for the study of bent reinforced concrete elements with the values obtained from the analysis of beams with the same geometric and physical parameters within the section of the deformation model and the model of plastic hinge.