

carbon nanotubes in polymer-CNT masterbatches by a coagulation precipitation method was shown. An effect of various precipitants on quality of the modifiers and actual nanocarbon content of the nanotubes were researched. Concentration limits of a creation of the modifiers are based on petroleum resin were substantiated. Identified in this work, it is necessary to consider a partial solubility of wax in most precipitants, and mainly in a mix of xylene and a precipitant when predicting an actual concentration of carbon nanotubes in the resulting composite. An influence of a nature of the different modifiers on a road marking materials resistance to abrasion was studied. It is shown that the highest wear resistance can be achieved by a direct introduction of carbon nanotubes in a polymer film-forming of the road marking. The choice of the most technologically and operationally suitable nanocarbon modifier was described.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ЯМЫ ДЛЯ ПРОСТРАНСТВЕННОГО ОГРАНИЧЕНИЯ РАЗЛЕТА ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ ПЛАЗМЫ В ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМ ПОЛЕ

Исаев Ю.Н., Васильева О.В.

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

Работа посвящена разработке модели потенциального барьера, позволяющей учитывать упругое отражение частиц о стенки плазматрона. Рассматривается коаксиальный магнитоплазменный ускоритель, реально используемый на практике. В ускорителе исследовано изменение скорости и массы плазменного сгустка в зависимости от координаты, определяемое как энергетическими характеристиками, так и газодинамическими закономерностями гиперзвуковых струйных течений в цилиндрическом канале. Представлен вид потенциальной функции и силового поля, моделирующих пространственное ограничение разлета частиц плазмы. Установлена динамика распространения заряженных частиц в электромагнитном поле, графически представлен баланс энергии с учетом эрозии стенок канала. Показана адекватность разработанной модели коаксиального магнито-плазменного ускорителя с учетом эрозии, вызванной при распространении частиц по низкочастотной спирали. Низкочастотное спиральное движение представлено как суперпозиция продольного и поперечного движений. Решение дифференциальных уравнений осуществлялось методом Рунге–Кутты с фиксированным шагом.

MODELLING OF THE POTENTIAL HOLE FOR SPATIAL RESTRICTION OF SCATTERING OF THE LOADED PARTICLES OF PLASMA IN THE ELECTROMAGNETIC FIELD

Isaev Y.N., Vasileva O.V.

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

Work is devoted to development of model of the potential barrier, allowing considering elastic reflection of particles about plasmatron walls. The coaxial magneto plasma accelerator which is really used in practice is considered. In the accelerator change of speed and weight of a plasma clot depending on the coordinate, defined both power characteristics, and gas dynamic regularities of hypersonic jet currents in the cylindrical channel is investigated. The type of potential function and the force field, modeling spatial restriction of scattering of particles of plasma is presented. Dynamics of distribution of the loaded particles in an electromagnetic field is established, the balance of energy taking into account an erosion of walls of the channel is graphically presented. Adequacy of the developed model of the coaxial magneto plasma accelerator taking into account an erosion caused at distribution of particles on a low-frequency spiral is shown. Low-frequency spiral movement is presented as superposition of longitudinal and cross movements. The solution of the differential equations was carried out by a method Runge-Kutta with the fixed step.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ТРАНСФОРМАТОРА ПРИ ЕГО ДИАГНОСТИКЕ КОРОТКИМ ИМПУЛЬСОМ

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

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

Приводится оригинальный синтез модели обмоток трехфазного двухобмоточного трансформатора. Исходный сигнал входного воздействия в виде импульса короткой длительности раскладывался на составляющие ряда Фурье. Для каждой составляющей в соответствии с принципом суперпозиции рассчитывался переходный процесс. Для определения функций токов и напряжений использовался метод пространства состояний с учетом распределённости параметров схемы замещения, а также влияния скин-эффекта. В работе приведен пример расчета индуктивности и сопротивления витков обмотки трансформатора круглого и прямоугольного сечения с учетом скин-эффекта на основе расчета поля распределения магнитного потенциала с использованием метода конечных элементов. Для реализации метода конечных элементов был использован пакет COMSOL Multiphysics. Приведены функции переменных состояния при входном воздействии в виде зондирующего им-

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 PULSE 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 PULSE 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-