

памерных ефектаў у наначасцінках нікелю, а таксама аб параўнанні тэхналагічнай і эканамічнай эфектыўнасці выкарыстання срэбра і нікелю.

Літаратура

1. Metal and dielectric nanoparticle scattering for improved optical absorption in photovoltaic devices / P. Matheu, S.H. Lim, D. Derkacs, C. McPheeters, E.T. Yu // Appl. Phys. Lett. 2008. V.93. 113108.
2. Nakayama, K. Plasmonic nanoparticle enhanced light absorption in GaAs solar cells / K. Nakayama, K. Tanabe, H.A. Atwater // Appl. Phys. Lett. 2008. V.93. 121904.
3. Solanki, C.S. Advanced solar cell concepts / C.S. Solanki, G. Beaucharne // Energy Sustain. Developm. 2007. V.11. №3. P.17–23.
4. Борен, К. Поглощение и рассеяние света малыми частицами / Пер. с англ., К. Борен, Д. Хафмен. – М.: Мир, 1986. – 664 с.
5. Дынич, Р.А. Усиление локального поля вблизи сферических наночастиц в поглощающей среде / Р.А. Дынич, А.Н. Понявина, В.В. Филиппов // Журн. Прикл. Спектр. 2009. Т.76. №5. С.746–751.
6. Качан, С.М. Влияние когерентных резонансных взаимодействий на оптические свойства металл-диэлектрических наноструктур: дис. канд. физ.-мат. наук: 01.04.05 / С.М. Качан. – Мн., 2007. – 163 с.
7. Local fields at the surface of noble-metal microspheres / B.J. Messinger, K.U. von Raben, R.K. Chang, P.W. Barber // Phys. Rev. B. 1981. V.24. №2. P.649–657.

ВЛИЯНИЕ ДИФФУЗИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ В ПРОВОДНИК НА ЭФФЕКТИВНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ МАГНИТОКУМУЛЯТИВНОГО ГЕНЕРАТОРА

В. В. Гавриловец, В. В. Тихомиров.

ВВЕДЕНИЕ

Магнитокумулятивные генераторы (МКГ) являются уникальными мощными компактными устройствами, позволяющие получать большие значения тока и напряженности магнитного поля. Особый интерес представляет изучение состояния вещества в экстремальных условиях, осуществляемые в результате работы МКГ, а также использование МКГ в качестве компактного, мощного источника тока. Теоретическое рассмотрение работы МКГ делает необходимым учет омических потерь и потерь магнитного потока в процессе его работы. Большое влияние на потери оказывает перераспределение тока и магнитной энергии по проводящим частям конструкции МКГ, существенно усложняющее расчет потерь в МКГ [1]. Развита модель учитывающая, нагрев, нелинейную магнитную диффузию и внутренние потери магнитного потока.

1. РАЗБИЕНИЕ ПРОВОДЯЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИЙ

МКГ состоит из статора (спиральной обмотки), внутри неё расположена арматура (металлическая труба), внутри арматура заполнена взрывчатым веществом (ВВ). Статор через арматуру замкнут на некоторую индуктивную нагрузку. Перед работой в МКГ создается некоторый начальный магнитный поток и производится подрыв с одного из торцов лайнера. Арматура начнет расширяться и постепенно замкнет все витки статора. Магнитное поле между статором и арматурой «сожмется», что приведет к росту тока в электрической цепи статор-арматура-нагрузка.

Для детального расчета сопротивления МКГ статор разделяется на отдельные эквивалентные круговые контуры витков спирали, связанные гальванически и арматура разделяется на независимые эквивалентные контуры колец. Данное разделение позволит максимально точно рассчитать индуктивность МКГ и правильно учесть сопротивление каждого контура в системе уравнений для контуров витков статора и контуров колец арматуры:

$$\sum_i M_{ij} \frac{dI_j}{dt} + \sum_i \frac{dM_{ij}}{dt} I_j + \Omega_i I_i = U_i ,$$

где $L_i = M_{ii}$ – собственная индуктивность контура, Ω_i – сопротивление контура, M_{ij} – взаимная индуктивность контуров i, j , U_i – напряжение на контуре (гальваническая связь), напряжение на контурах колец арматуры равна нулю, так как они связаны с другими контурами только индуктивно.

2. МОДЕЛИ СОПРОТИВЛЕНИЯ.

Для расчета сопротивления применялись два различных метода: расчет через толщину скин-слоя и с помощью нелинейной магнитной диффузии.

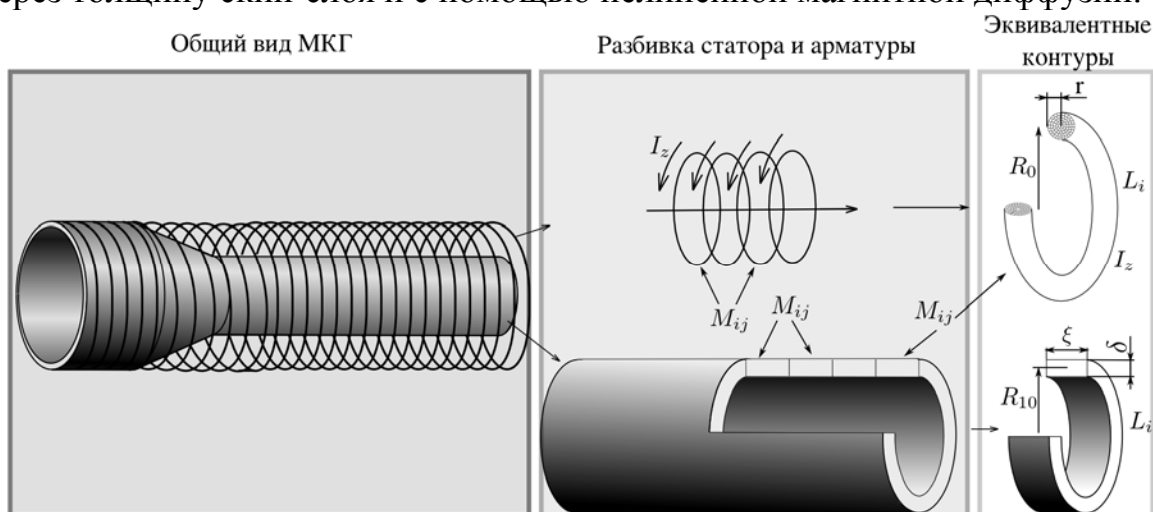


Рис. 1. Общий вид и разделение проводящих конструкций МКГ

2.1 Скин-слой

Толщина классического скин-слоя [2] определяется из формулы:

$$\frac{\rho}{\delta} = k \sqrt{\frac{dI(t)/dt}{I(t)}},$$

где ρ – удельное сопротивление, δ – толщина скин-слоя, $I(t)$ – ток в эквивалентном контуре, k – коэффициент равный.

В этом случае считается, что ток течет в проводнике равномерно и только в слое, толщина которого равна толщине скин-слоя рис. 2.

Данный метод применим, когда не происходит существенного нагрева проводника.

2.2 Нелинейная магнитная диффузия

Для корректного учета нагрева была разработана модель расчета сопротивления с учетом нелинейной магнитной диффузии в проводник.

В [3] предложен метод расчета сопротивления как отношение омических потерь к квадрату тока в эквивалентном контуре. Анализ показал, что для данной модели необходимо также учитывать потери на диффузию энергии магнитного поля в проводник. Тогда формула для эффективного сопротивления (реальная часть комплексного сопротивления в [4]) примет вид:

$$\Omega = \frac{\sum_{k=1}^n (\mathcal{Q}_k^{t+h_t} - \mathcal{Q}_k^t + W_k^{t+h_t} - W_k^t)}{I^2 h_t},$$

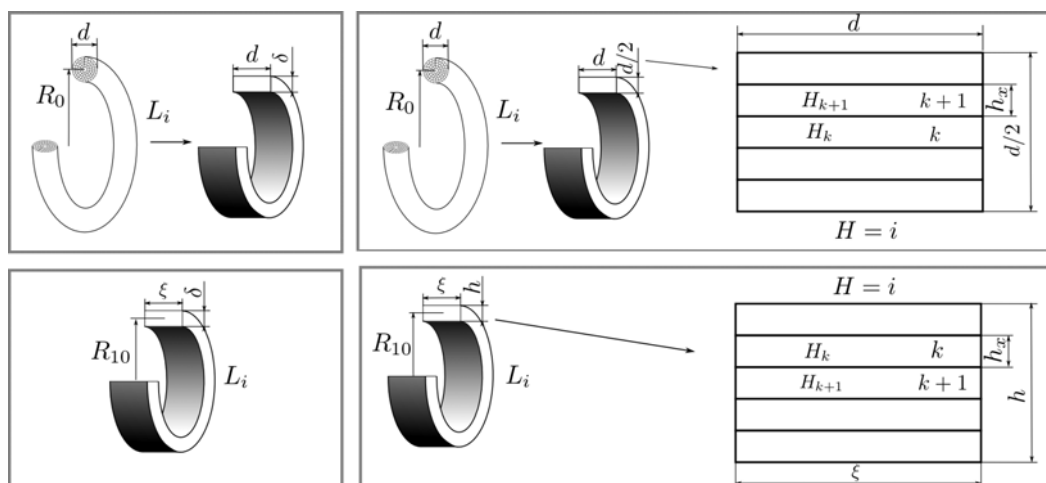


Рис. 2. Представление эквивалентных контуров витков статора и колец арматуры для расчета эффективного сопротивления МКГ для метода расчета через толщину скин-слоя и для метода через нелинейную магнитную диффузию.

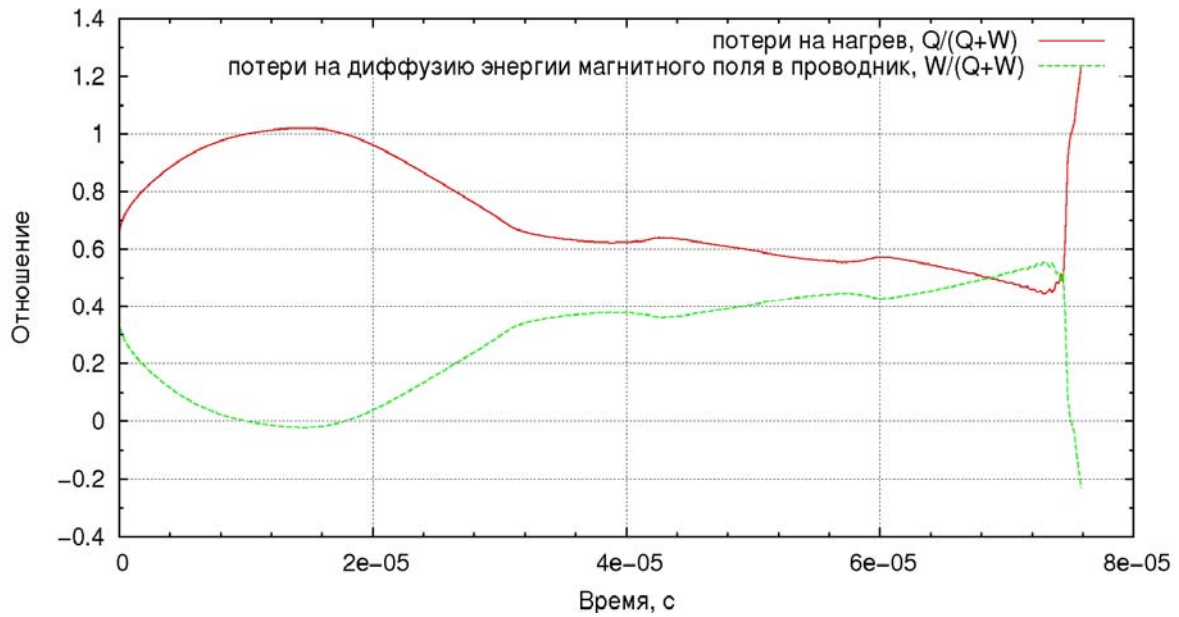


Рис. 3. Соотношение потерь энергии на нагрев и диффузию энергии магнитного поля в проводник к их сумме (потерям энергии на эффективном сопротивлении)

где Q – энергия, теряемая на нагреве проводника, W – диффундировавшая энергия магнитного поля в проводник, h_t – шаг итерации по времени, I – ток в контуре, n – число пластин, на которое разделяется поперечное сечение проводника контура рис. 2.

В модели сделано упрощение, что для контуров витков статора в поперечном сечении ток течет в пластинке длиной, равной диаметру провода витка и толщиной равной радиусу провода витка.

Как показано на рис. 3, соотношение потерь энергии при нагреве и диффузии различно для разных стадий работы МКГ. В случае падения тока в контуре, диффузионные потери становятся отрицательными и уменьшают эффективное сопротивление контура.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С помощью разработанной модели было объяснено увеличение потерь магнитного потока на последней стадии работы МКГ, когда при расчете сопротивления через толщину скин-слоя теоретическая кривая перестала описывать эксперимент. Модель для расчета сопротивления через нелинейную магнитную диффузию для МКГ, с плотной намоткой обмотки статора, показывает совпадение с экспериментальной кривой производной тока в пределах инструментальной погрешности вплоть до областей с сильно проявленной нелинейной магнитной диффузией.

Литература

1. Сытова С. Н., Тихомиров В. В., Черкасс С. Л. «Одномерная и двумерная модели спирального магнитокумулятивного генератора: численный анализ и сравнение с экспериментом»// Фундаментальные и прикладные физические исследования. 2002-2009 гг.: сб. науч. тр./ под редакцией В. Г. Барышевского. Минск: БГУ, 2009. С. 327-335.
2. Кнопфель Г. «Сверхсильные импульсные магнитные поля» / Пер. с англ. – М.: Мир. – 1972. 391 с.
3. Novac B. M., Smith I. R., Enache M. C. «Accurate Modeling of the Proximity Effect in Helical Flux-Compression Generators»// IEEE Transactions on plasma science, vol. 28, no. 5, october 2000 P. 1353-1355.
4. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. «Электродинамика сплошных сред»./ М.: Физматгиз, 1959. 532 с.

ДИНАМИКА ОСЦИЛЛОНА И СТОЛКНОВЕНИЕ КИНКОВ В МОДЕЛИ ПОТЕНЦИАЛА $\lambda\phi^4$

А. А. Голованов

1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Задачей настоящей работы является анализ динамических процессов в пертурбативном и непертурбативном секторах модели с двукратным симметричным потенциалом в пространстве-времени размерности $1+1$ с помощью численных методов. Рассмотрена временная эволюция непертурбативных возмущений тривиального сектора осцилонного типа, проанализирован механизм взаимодействия топологически нетривиальных конфигураций солитонного типа (кинков). Полученные в работе результаты полностью согласуются с имеющимися в литературе данными.

2. ОПИСАНИЕ МОДЕЛИ

С момента осознания в середине 60-х годов прошлого века важности роли непертурбативных классических решений солитонного типа, был достигнут весьма существенный прогресс в их исследовании и практическом применении. На сегодняшний день одно из наиболее важных практических применений солитонов – это передача данных по оптическим каналам связи. Они распространяются по световодам без искажений и позволяют достичь терабитной скорости передачи. Описание вихревых состояний в сверхпроводниках второго рода в рамках абелевой модели Хиггса привлекло интерес исследователей к солитонным решениям в классической теории поля [1]. Солитоны также используются в исследованиях элементарных частиц в моделях фундаментальных взаимодействий, список соответствующих объектов