

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТОКОПРОВОДЯЩИХ ШИН

Шлемин Данил Михайлович

магистрант, Донской государственный технический университет в г. Шахты, РФ, г. Шахты

Кужко Денис Алексеевич

магистрант, Донской государственный технический университет в г. Шахты, РФ, г. Шахты

Соломыкин Павел Владимирович

магистрант, Донской государственный технический университет в г. Шахты, РФ, г. Шахты

Сашко Антон Александрович

магистрант, Донской государственный технический университет в г. Шахты, РФ, г. Шахты

Нагрев электронных компонентов при работе – это одна из основных мультифизических постановок, с которой работают инженеры и исследователи, занимающиеся электродинамическими расчётами. Он может являться как непосредственно целью исследования, так и побочным эффектом, вызванным электромагнитными потерями. Так или иначе, температура почти всегда влияет на работу электронного устройства.

В связи с этим необходимо обсудить, как провести электротермический, в том числе сопряженный анализ для низкочастотных и высокочастотных режимов работы, используя специальные и встроенные в программное обеспечение типы исследований мультифизические интерфейсы, доступные в модулях расширения электротехнической и электродинамической линейки пакета Комсомол мультифизикс.

Определенно при таких расчетах могут быть задействованы самые различные инструменты и настройки, которые относятся к чисто электродинамическим или чисто тепловым расчетам [1].

С одной стороны, все рассчитанные в электродинамическом интерфейсе потери, в том числе на границе, ассоциируются с источником тепла в интерфейсе Heat Transfer in Solids, то есть не нужно добавлять его самостоятельно.

С другой стороны, в задачи добавляется обратная связь, которая будет учитываться в расчете зависимости электромагнитных свойств от температуры.

В версиях до 5.3a сопряжение реализовывалось через три односторонние связи: Electromagnetic Heating Source, Boundary Electromagnetic Heating Source и Temperature Coupling. Теперь же все объединено в одном месте. Это необходимо учитывать при настройке своих моделей, особенно если начинаете использовать новые версии пакета моделирования.

Для задачи с расчетом электрических токов потери обусловлены конечной проводимостью среды. При расчете магнитных полей и вихревых токов вклад также вносит гистерезисные магнитные потери. А если речь идет о волновом расчете, СВЧ или оптическом, то учитываются и диэлектрические потери [2].

Итак, джоулиев нагрев – это зачастую стационарная задача и такой тип исследования

поддерживается для данного интерфейса. Также можно рассчитать задачи и во временной области. Для прочих интерфейсов не рассматриваются стационарными диссайджами работы устройства, поэтому и стационарные исследования для них не актуальны.

В результате проведения анализа состояния проблемы выполнено исследование и моделирование токопроводящих шин с учетом постановки мультифизических задач джоулева и индукционного нагрева шин [3].

Показано, что в качестве источника тепла подставляются усредненные за период электромагнитные потери, а затем используется так называемый сегрегированный подход с поиском самосогласованного решения. По факту предполагается инфляционный переход от электромагнитной задачи к задаче теплопередачи до тех пор, пока не будут выполнены критерии сходимости. При достижении достаточно высокой температуры, при которой возможные значительные изменения свойств материала, электромагнитные потери, то есть целиком электродинамическая часть задачи будут пересчитываться на основе обновленных данных о свойствах материала, а затем будут корректироваться и пересчитываться температурные поля [4].

В случае если обратной связи нет, т.е. когда электромагнитные свойства не зависят от температуры, задачу можно явно разделить на два шага.

Первый – это шаг Frequency Domain с содействием электродинамического интерфейса.

Второй – это шаг Stationary, ну или Transient для интерфейса Heat Transfer and Solids и мультимедической связки Electromagnetic Heating.

Для этой цели можно использовать заготовки, которые называются Fre-quency Stationary One-Way Coupled Electromagnetic Heating или Frequency Transient One-Way Coupled Electromagnetic Heating, которые доступны для выбора, начиная с релиза 5.4 среды моделирования.

В более старых версиях Comsol их можно также настроить, но вручную.

В любом случае, исследование группы Frequency Station или Frequency Transient во много раз эффективнее расчета в лоб во временной области с шагом, характерным для электромагнитной задачи.

Рассмотрены особенности дискретного представления индуктивных структур и процессов, протекающих в них, с обоснованием применения разностных уравнений и рекуррентных процедур для анализа поведения индуктивных структур и модели топологии индуктивности.

Исследования фокусировались на четырех мультифизических интерфейсах: Joule Heating, Induction Heating, Microwave Heating и Laser Heating.

В работе и использовалась и обсуждалась мультифизическая связка Electromagnetic Heating, которая является двусторонней.

Исследования группы Frequency Station или Frequency Transient вообще реализуют логику расчета в которой электромагнитная задача решается в частотной области.

В работе представлена задача индукционного нагрева стальной заготовки с помощью катушки индуктивности в двухмерной осимметричной постановке. Показано, что в качестве основы настройки интерфейса для расчета электромагнитного нагрева, в нашем случае используется Induction Heating.

Расчет основных параметров модели проводился с использованием исследований группы Frequency Stationary или Frequency Transient. Также посмотрим на то, как учитывается обратная связь в такой задаче.

Рассматривалась логика работы и настройки, в том числе при использовании исследований

группы Frequency Stationary или Frequency Transient с учетом примера и в заключении подводился итог, а также коротко отмечался подход для моделирования других вариантов электромагнитного нагрева

Список литературы:

1. Повышение эффективности защит дальнего резервирования в распределительных сетях электроснабжения до 1 кВ / М. Г. Попов, С. Н. Соловьева, А. А. Лapidус [и др.] // Вестник Чувашского университета. — 2020. — № 1. — С. 155-166.
2. Снигирев, А. И. Повышение физико-механических характеристик медносеребряных электротехнических полос / А. И. Снигирев, Л. М. Железняк, О. Г. Фотеева // Производство проката. — 2013. — № 12. — С. 09-14. — EDN PVCCSU.
3. Дзюбенко, А. А. Особенности схемотехники и топологии частотных преобразователей силового электропривода / А. А. Дзюбенко, А. А. Сытников, Р. О. Гринишин // Автомобиль и Электроника. Современные Технологии. — 2013. — № 2(5). — С. 130-134.
4. Патент на полезную модель № 217425 U1 Российская Федерация, МПК H05B 6/02, H05B 6/36. Индукционный нагреватель с промежуточным телом для нагрева образцов из композиционных материалов и керамики : № 2022133851 : заявл. 18.01.2023 : опубл. 31.03.2023 / А. В. Першин, А. Ш. Хамидуллин, М. А. Мезенцев, В. В. Авруцкий ; заявитель Федеральное автономное учреждение "Центральный институт авиационного моторостроения имени П.И. Баранова".