

Проведенный расчет показал, что компоненты напряжений σ_y и σ_z не значительны. Таки образом принимаемую в инженерных методах оценки остаточных напряжений и деформаций гипотезу об одномерном напряженном состоянии можно считать справедливой.

Выводы:

1. В указанных условиях реализуется тепловая схема - плоский слой.
2. В процессе сварки поперечные напряжения в зоне краевого эффекта приобретают как положительные, так и отрицательные значения существенной величины.
3. В целом, подтверждается гипотеза об одномерном напряженном состоянии при сварке пластин.

ОСОБЕННОСТИ СХЕМОТЕХНИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ ДЛЯ СВАРКИ

М.А. Крампит

*Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского
Томского политехнического университета
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, тел. (384-51)-7-77-67
E-mail: savage_jawa@mail.ru*

В среде разработчиков и исследователей в различных направлениях науки и техники широко применяются средства моделирования, способные отражать и логику с ошибками и представлять аналоговые и цифровые устройства, а также участвовать в безошибочном проектировании крупных и сложных систем. Широко внедряются эффективные методы автоматизированного моделирования [1].

Программы-имитаторы стали незаменимым инструментом в работе профессиональных электронщиков. В настоящее время существует целый ряд моделирующих программ, и практически все они созданы на основе SPICE, которая была разработана специалистами университета Беркли [2].

SPICE является программой для схемотехнического моделирования с ориентацией на интегральные схемы, впервые выпущенный из университета Калифорнии в Беркли в начале 1970-х годов. До существования SPICE инженеры разработали схемы вручную, возможно, с помощью логарифмической линейки и калькулятора. Прототип был построен с оригинальным дизайном, а его производительность оценивается целей дизайнера.

Разработка многих из схем сегодня было бы невозможно без помощи SPICE. Часто аналоговые схемы содержат сотни или тысячи устройств. Проектирование и анализ включают поиск решений уравнений. Эти уравнения могут быть простые алгебраические формулы или привлекать нелинейных дифференциальных уравнений. Прототипы еще построены, чтобы измерить производительность, но, учитывая затраты работает в сотни тысяч долларов, исполнение должно быть во многом превосходит через компьютерного моделирования до изготовления прототипа начинается [3].

Схемотехническое моделирование разбивается на этапы, выполнение которых направлено на решение сформулированной задачи.

Рассмотрим содержание этапов подробнее.

1. Разбиение электрической схемы на функциональные узлы. Проектирование схем, как правило, ведется по функционально-узловому принципу, поэтому и схемотехническое моделирование логично построить таким же образом. При этом электрическая схема каждого функционального узла дополняется источниками входных сигналов и сопротивлением нагрузки. Здесь необходимо помнить, что такой подход к моделированию автоматически приводит к принятию допущения об однонаправленности распространения электрических сигналов в схеме.

В практическом смысле это означает, что функциональные узлы схемы не влияют на работу друг друга.

2. Подготовка исходных данных для расчета. Подготовка исходных данных для расчета производится в соответствии с документацией на систему схемотехнического моделирования.

Как правило, исходные данные для расчета делятся на два раздела:

- описательная информация об элементах и их межсоединениях в электрической схеме;
- задание на расчет, включающее вид расчета и описывающее его параметры.

К основным видам расчета относятся:

-расчет в статическом режиме (DC), т.е. определение напряжений, токов, мощностей в момент, когда все переходные процессы в системе установились;

-расчет переходных процессов (Transient), т.е. определение напряжений, токов, мощностей как функций времени в диапазоне от $t=0$ до $t=T_{\text{кон}}$;

-расчет частотных (AC), т.е. определение АЧХ, ФЧХ, ЛАЧХ в диапазоне от $f=\text{нач}$ до $f=\text{кон}$. При этом схема моделируется в режиме малого сигнала.

Большую роль при выполнении этого этапа играет правильная постановка задачи расчета, которая отражает компромисс между желанием разработчика и возможностями системы схемотехнического моделирования.

3. Расчет электрических характеристик функционального узла. Этот этап полностью выполняется ЭВМ, контролируется оператором.

В основе выполнения этого этапа лежит математическая топологическая модель электрической схемы, сформированная на основе моделей элементов и схемы их соединения. На основе топологической модели узла строится его аналитическая модель, которая представляет собой систему уравнений. Существует два основных метода перехода от топологической модели схемы к ее аналитической модели – это метод переменных состояния и метод узловых потенциалов. Основные достоинства и недостатки этих методов подробно рассмотрены в литературе. Мы же лишь констатируем, что в большинстве используемых на сегодняшний день подсистемах схемотехнического моделирования, в том числе в системе Spice, применяется метод узловых потенциалов и его модификации.

В процессе выполнения этого этапа возможно получение сообщений об ошибках, которые делятся на две большие группы: синтаксические ошибки и логические ошибки.

К синтаксическим – относятся ошибки, появившиеся из-за нарушения правил языка описания схемы или задания на расчет. К логическим – относятся ошибки, появившиеся из-за нарушения логики описания электрической схемы, например неправильная нумерация узлов электрической схемы.

В результате выполнения этого этапа пользователь получает расчетные значения характеристик в виде таблиц и графиков.

4. Анализ полученных результатов расчета электрических характеристик.

Анализ полученных результатов расчета проводится по двум позициям:

1. Качественная оценка адекватности математической модели схемы проектируемой схеме.

2. Количественная оценка полученных результатов расчета и соответствие их требованиям технического задания.

В результате анализа по первой позиции разработчик должен выяснить, правильно ли математическая модель схемы отражает его представления о проектируемой схеме. И если неправильно, то разобраться, почему это произошло. Основные причины неправильного поведения математической модели, расположенные по убыванию частоты их появления, следующие:

-наличие логических ошибок в описании моделируемой схемы;

-неправильное применение моделей компонентов электрической схемы;

-математическое обеспечение системы не пригодно для моделирования рассматриваемой схемы.

В результате анализа по второй позиции, необходимо полученные выходные характеристики проверить на соответствие требованиям, регламентированным в техническом задании на проектируемую схему и в технических условиях на применяемую элементную базу. В случае неудовлетворения хотя бы одного из этих требований, необходимо скорректировать электрическую схему (изменить значения параметров ее элементов или сделать структурные изменения схемы) и провести повторное моделирование [4].

Конструирование, изготовление и наладка источников питания имеет свои специфические особенности. Например, авария источника и выход из строя его элементов происходит за тысячные доли секунды, что практически не дает шанса рассмотреть ее причины и последовательность.

В этом случае многих проблем можно избежать, если предварительно смоделировать работу схемы источника. Моделирование позволяет:

-проверять работу элементов источника питания в критических режимах;

-производить замеры, которые обычно проблематичны или даже невозможны на реальном устройстве;

-уточнять и оптимизировать результаты предварительных расчетов, а порой экспериментально подбирать параметры элементов и режимы работы схемы [5].

Но при моделировании схем сварочных источников питания возникает ряд трудностей. Первая трудность – моделирование поведения дуги. Для решения этой проблемы используют схемы замещения дуги.

Сделано предположение, что сварка производится плавящимся электродом, что дуга горит стационарной замыкающей дугового промежутка каплей не происходит. На рис. 1 приведена электрическая схема замещения энергетической системы «источник питания - дуга». Источник питания не имеет корректирующих обратных связей. Дуга замещена нелинейным резистивным сопротивлением R_d [6].

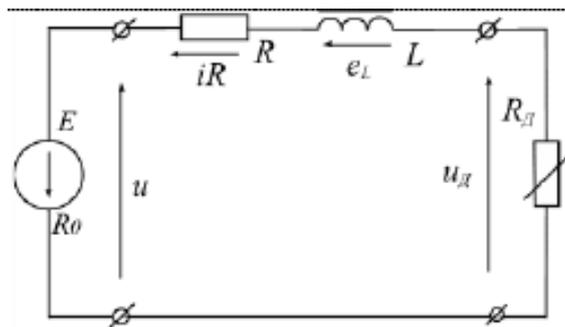


Рис. 1. Схема замещения энергетической системы «источник питания – дуга».

R_0 - внутреннее сопротивление генератора; R - резистивное сопротивление сварочного контура, включающее и сопротивление вылета электрода; L - индуктивность сварочного контура [7]

Усложненная схема, это добавление к сопротивлению катушки индуктивности, которая вносит инерционные свойства (рис. 2).

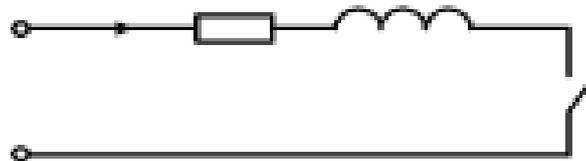


Рис. 2. Схема замещения дуги сопротивлением и катушкой индуктивности

Также, есть схема замещения дуги по способу С.И. Тельного, при котором дуга представляется в виде противоэДС, не оказывающим воздействия на общую цепь (рис.3).

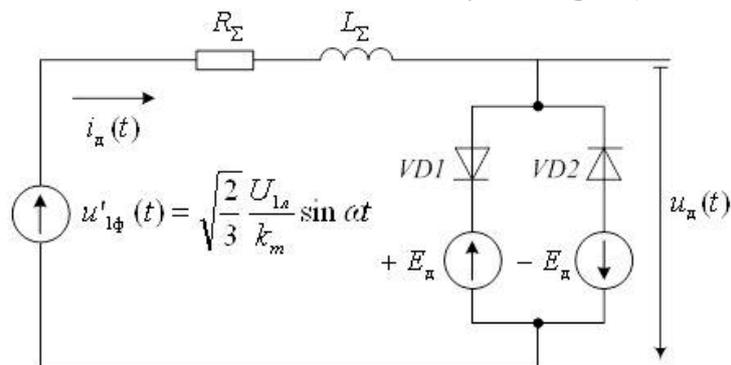


Рис. 3. Схема замещения дуги по способу С.И. Тельного

Вторая трудность – это нелинейность поведения различных компонентов схемы, к примеру нелинейность поведения в работе трансформатора (рис.4 а). Но программа LTSpice позволяет задать нелинейную индуктивность и более реалистично смоделировать поведение источника питания (рис.4 б).

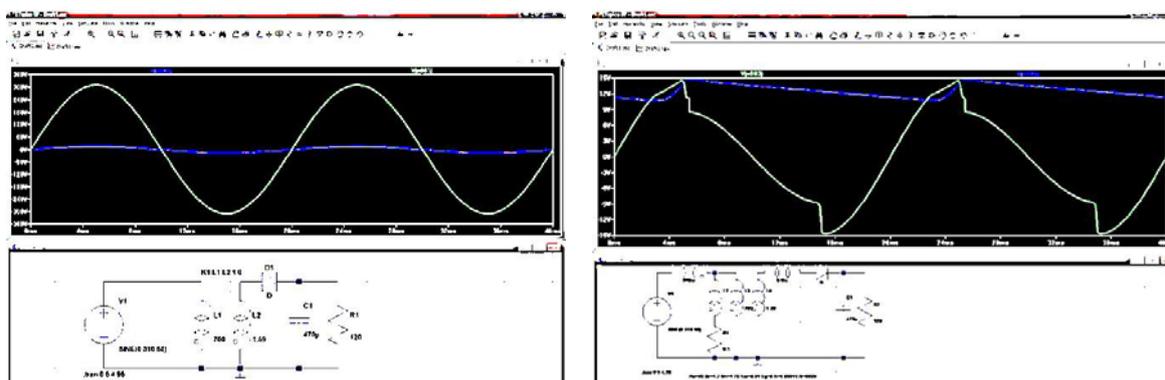


Рис. 4. Моделирование маломощного источника постоянного тока с линейным (а) и нелинейным трансформатором (б)

Также имеется возможность моделирования отдельных участков схемы, которое позволяет на определенных участках схемы получать требуемый выходной сигнал [8].

Более сложным инструментом является библиотека SimElectronics, входящая в состав среды Simulink, имеющая возможности моделирования и симуляции электронных и мехатронных систем. Библиотеки включают модели полупроводников, электродвигателей, устройств управления, сенсоров и приводов. Можно использовать эти компоненты для проектирования электромеханических систем и создания поведенческих моделей для оценки архитектуры аналоговых электрических цепей в Simulink.

Модели SimElectronics могут использоваться для разработки алгоритмов управления в электронных и мехатронных системах, включая кузовную электронику, сервомеханизмы самолетов и аудиоусилители мощности. Полупроводниковые модели учитывают нелинейные и динамические влияния температуры, что позволяет выбирать компоненты в усилителях, АЦП, контурах ФАПЧ и других схемах. Можно параметризовать модели с помощью переменных и выражений MATLAB. Кроме того, в модель могут быть добавлены механические, гидравлические, пневматические и другие компоненты, входящие в состав Simscape, для тестирования системы в одной среде моделирования [9].

Применение программ, симулирующих работу электронных схем, позволяет без больших материальных и временных затрат моделировать источники питания и другие устройства для сварки, обеспечивающие необходимые параметры процесса.

Литература.

1. Никонова Г.В. ОСНОВНЫЕ АСПЕКТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ ИЗУЧЕНИИ БАЗОВЫХ РАЗДЕЛОВ ЭЛЕКТРОНИКИ // Международный журнал экспериментального образования. – 2014. – № 1 – стр. 148-149 URL: www.rae.ru/meo/?section=content&op=show_article&article_id=4577 (дата обращения: 22.09.2014)
2. Хайнеман Р. Визуальное моделирование электронных схем в PSPICE: Пер. с нем. – М.: ДМК Пресс, 2008. – 336 с.
3. <http://pro-spo.ru/system1/3077--spice>
4. Тумковский С.Р. Сервер Spice – первое знакомство: Учебное пособие – М.: Московский государственный институт электроники и математики, 2001. – 42 с.
5. Володин В.Я. Создаем современные сварочные аппараты – М.: ДМК Пресс, 2011 – 352 с.
6. Богатырев, Н.И. Параметры и характеристики электрических машин переменного тока: моногр. / Н.И. Богатырев, В.Н. Ванурин, П.П. Екименко: - Краснодар, 2011 256 с.: ил.]
7. Богатырев Н.И., Креймер А.С., Баракин Н.С. Асинхронные генераторы для питания сварочной дуги // Научный журнал КубГАУ, №73(09), 2011 // с. 1-28
8. Krampit M. A. , Krampit N. Y. Electronic circuit design of power supplies for welding in Itspice Iv program // Applied Mechanics and Materials. - 2015 - Vol. 770. - p. 323-327
9. Моделирование и симуляция электронных и мехатронных систем. URL: http://matlab.ru/products/simelectronics/SimElectronics_rus_web.pdf