

Секция 7. Новые информационные технологии и формирование информационной грамотности в области цифровых технологий

УДК 533, 53.09, 62-9

С.В. Анахов АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ МЕТОДЫ В ТЕХНОЛОГИЯХ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПЛАЗМОТРОНОВ

Анахов Сергей Вадимович

sergej.anahov@rsvpu.ru

ФГАОУ ВПО «Российский государственный профессионально-педагогический университет», Россия, г. Екатеринбург

AUTOMATIC METHODS IN THE TECHNOLOGIES OF PLASMATRONS DESIGNING

Anakhov Sergey Vadimovitch

Russian State Vocational Pedagogical University, Russia, Yekaterinburg

***Аннотация.** Эффективность автоматизированных методов проектирования плазматронов можно повысить за счет интеграции технологий проектирования и производства. Представлены основные принципы и методы автоматизации технологий проектирования плазматронов. Рассмотрены критерии оптимизации результатов процедур автоматизированного проектирования.*

***Abstract.** Efficiency of the automated methods of plasmatrongs designing can be raised due to integration of designing and manufacture technologies. Main principles and methods of automation in designing technologies of plasmatrongs are presented. Optimization criteria for the results of the automated designing procedures are considered.*

***Ключевые слова:** плазматрон, автоматизация, проектирование, эффективность, качество, безопасность.*

***Keywords:** plasmatron, automation, designing, efficiency, quality, safety.*

Образовательная среда, в которой ведется подготовка современных инженеров, должна включать в себя знания о высокоэффективных и перспективных технологиях, средствах и методах их проектирования. Эти знания должны базироваться на накопленном опыте и учитывать последние разработки, позволяющие расширить применение автоматизированных средств. В этой связи следует обратить внимание на плазменные технологии, основанные на применении плазматронов. Изучение таких технологий, средств и методов их проектирования необходимо для большинства студентов, специализирующихся по профилям сварочных и родственных технологий, металлургии и машиностроения.

Плазматроны (плазменные генераторы) – одно из наиболее эффективных устройств теплового, газового и электродинамического воздействия на материалы. Нарботанный в 20-м веке опыт по созданию плазматронов с различными функциональными и потребительскими

свойствами необходимо дополнить современными методами автоматизированного проектирования. Эффективность таких методов можно, в свою очередь, повысить за счет полномасштабной интеграции технологий проектирования и производства. Это подразумевает внедрение в жизненный цикл продукта проектирования систем автоматизированного производства САМ (computer-aided manufacturing), предназначенных для планирования, управления и контроля операциями производства. Интеграция САД, САМ и САЕ систем в новую технологию компьютеризированного интегрированного производства СИМ (computer-integrated manufacturing) может сделать процесс проектирования и производства в электроплазменных технологиях единой автоматизированной высокоэффективной работающей системой (рис.1).

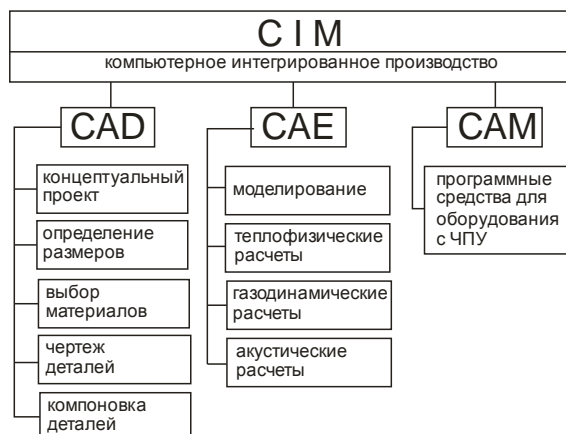


Рис. 1. Блок-схема компьютерно-интегрированного производства (для плазменных технологий)

Очевидно, что в основе применения технологий автоматизированного проектирования и управления лежит системный принцип. На этом же принципе базируется системотехника – теория организации процесса создания, использования и развития технических систем, а также методов и принципов их проектирования и исследования. В структуре системотехники принято выделять следующие основные разделы [1]: построение иерархической системной структуры; организация проектирования системы; моделирование (modeling) и анализ (simulation); синтез (структурный и параметрический) и оптимизация.

Проектные процедуры анализа имеют целью определение выходных параметров системы и исследования функциональной работоспособности прибора. Процедуры синтеза, как правило, направлены на получение описания объекта проектирования. Обычно синтез осуществляется с целью достижения экстремальных значений некоторых функционально значимых параметров, то есть по сути является оптимизационной процедурой. В основе метода **структурной оптимизации** обычно лежит сравнительный анализ различных вариантов структур проектируемой модели на основе ограниченного числа структурных элементов, объединение исследуемых структур в одну, обобщенную. Очевидно, что данный метод тесно связан с вариативными методами проектирования и подразумевает итерационное улучшение выходных параметров проектируемой системы в процессе нахождения новых вариантов сочетания или исключения отдельных элементов структуры. Например, применение плазмотронов в технологиях высокотемпературного обезвреживания отходов возможно на разных стадиях технологической цепочки и позволяет решать разные задачи, в зависимости от применяемого метода и вида обезвреживаемого продукта.

Процедура параметрического синтеза является по сути также задачей поиска оптимального (наилучшего) набора параметров неизменных по структуре элементов проектируемой модели. Такие задачи приходится решать и при проектировании электроплазменных технологий, поскольку, такое проектирование связано с одновременным достижением взаимно конфликтных целей (функциональных, качественных, стоимостных, безопасных, ресурсных и т.д.). В этой ситуации выбор предпочтительных вариантов, полученных в результате применения САПР, должен основываться на правилах предпочтения (критериях оптимизации). При построении таких правил в формализованных методах проектирования обычно прибегают к оптимизации целевой функции $F(x)$, количественно выражающей функциональные свойства объекта. Выбор целевой функции – сложная задача, обусловленная многокритериальностью технологического проектирования и взаимной конфликтностью функционально значимых параметров. Одним из простейших, но не лучших, решений в этом случае является объединение нескольких противоречивых критериев в один (например, к.п.д. плазмотрона). В других же случаях задача решается с учетом специфики проектируемого устройства. Например, при проектировании плазмотронов в качестве целевой функции могут использоваться интегральные энергетические и тепловые характеристики [2]:

$$U = A \cdot \left(\frac{I^2}{Gd}\right)^\alpha \left(\frac{G}{d}\right)^\beta (Pd)^\gamma \text{ (для ВАХ)}$$

и

$$\frac{1-\eta}{\eta} = K \left(\frac{I^2}{Gd}\right)^m \left(\frac{G}{d}\right)^n (Pd)^q \left(\frac{l}{d}\right)^\varphi \text{ (для к.п.д.),}$$

где U – напряжение дуги, I – ток дуги, G – суммарный расход газа, d – диаметр электродуговой камеры, l – длина электродуговой камеры, P – давление в конце камеры, $A, K, \alpha, \beta, \gamma, m, n, q, \varphi$ – постоянные коэффициенты, зависящие от конструктивных особенностей плазмотрона и технологии его применения, ВАХ – вольтамперная характеристика.

В качестве управляемых параметров могут использоваться размерные комплексы функционально значимых для работы плазмотрона величин (силы тока I , напряженности электрического поля в плазменной дуге E , массового расхода G , диаметра выходного электрода d , давления в сопловом узле P). В [2] приводятся функциональные соотношения для оценки длины начального участка плазменной дуги l_n во взаимосвязи с конструктивными (d) и газодинамическими (расхода G , плотности ρ , скорости ПОГ u) управляемыми параметрами. При этом в процедурах энергетического, теплофизического и газодинамического анализа используются и общепринятые методы критериального анализа с применением безразмерных чисел Рейнольдса Re , Стентона St , Эйлера Eu , Кнудсена Kn и т.д. Поскольку данные соотношения получены путем обобщения больших массивов данных точность вычислений по ним, согласно [2] составляет 6-8% при достаточно большой вариации управляемыми параметрами (для однокамерного плазмотрона – $I^2/(Gd)=1 \cdot 10^7 \div 4 \cdot 10^{10} \text{ A}^2 \cdot \text{с}/(\text{кг} \cdot \text{м})$, $G/d = 0,1 \div 2,0 \text{ кг}/(\text{м} \cdot \text{с})$, $Pd = (5 \div 35) \cdot 10^2 \text{ Н/м}$). Фактически это означает малую эффективность их применения для оценки результатов, достигнутых в ходе применения конструктивных методов проектирования, когда улучшение отдельных элементов конструкции дает эффект улучшения выходного функционального параметра в 5-10%. Очевидно также, что для повышения функциональной значимости целевой функции, применительно к процедурам проектирования в электроплазменных технологиях,

необходимо в качестве критериев оптимизации учитывать и параметры производительности, качества и безопасности [3], лишь косвенно связанные с упомянутыми ранее критериями. В свою очередь, учет только критериев качества или безопасности позволяет сформировать свои целевые функции и производить параметрическую оптимизацию проектируемых систем только по данным функциональным аспектам.

Помимо указанных особенностей оптимизационных процедур, следует принимать во внимание и большое функциональное и конструктивное многообразие современных плазмотронов, требующее своих специфических критериев для оптимизации, которые можно получить на основе обобщения накопленных за последние годы экспериментальных данных. К сожалению, коммерческий характер большинства современных разработок в области электроплазменных технологий обуславливает закрытость принципиальных конструктивных решений для широкого экспериментального анализа, что негативно сказывается на перспективах построения таких функциональных моделей. Фактически подобные обобщения в настоящее время возникают только применимо к тем группам плазмотронов, которые разрабатываются и исследуются в конкретном научном подразделении (ИВТ РАН, ИТФ и ИПТМ СО РАН, ИПЭФ РАН) и не охватывают модели зарубежных производителей. В этой связи актуальной представляется задача упрощения процедур расчета критериальных параметров для плазмотронов со сложными системами подачи ПОГ в сопловой узел (газовоздушными трактами – ГВТ), необходимых для применения оптимизационных процедур.

Ввиду невозможности полной автоматизации процедуры поиска оптимального решения в свойственных для проектирования электроплазменных технологий задачах многокритериальной оптимизации, как правило, применением так называемых **компромиссных** методов оптимизации. В процессе принятия такого решения, очевидно, возрастает роль субъективных факторов, поскольку компромисс разрешается путем введением тех или иных дополнительных ограничений или субъективных предположений. Как правило, в этом случае применяют несколько способов: оптимизацию по Парето и использование математического алгоритма выбора нехудших решений. Эффективность данного метода снижается при увеличении числа критериев и целесообразна при одновременном учете от 2-х до 5-ти критериев. Следовательно, актуальной становится задача выбора приоритетных критериев из всего упомянутого выше многообразия характерных для электроплазменных технологий параметров и соотношений. Такими критериями, могли бы стать упомянутые выше - тепловой к.п.д. и вольтамперные характеристики, а также удельная производительность, удельная себестоимость и уровень шума (применительно к технологии плазменной резки).

Упростить оптимизационную процедуру иногда можно за счет сведения задачи к однокритериальной с её последующим решением методами ранжирования и скалярной оптимизации. Например, процедуру оптимизации при проектировании плазмотронов в первом приближении допустимо провести по известным энергетическим критериям, однако более строгое следование системным принципам требует дальнейшей корректировки по параметрам эффективности и безопасности. Разумеется, в процедуре ранжирования существенную роль играет субъективный фактор (опыт и квалификация разработчика), однако, как правило, в основе лежат функциональные требования, закладываемые в техническое задание на

начальном этапе проектирования. В результате значимость отдельных критериев может оказаться разной, применительно к плазмотронам разной функциональной направленности (инструментальные, научно-исследовательские, плазмохимические и т.д.).

Список литературы

1. *Лисовский, С.М.* Системотехническое проектирование электроплазменных технологий и оборудования: Дис... докт. техн. наук. - Саратов: Саратовский ГТУ, 2006. - 405 с.
2. *Жуков, М.Ф.* Электродуговые генераторы термической плазмы (Низкотемпературная плазма. Т.17) / М.Ф. Жуков, И.М. Засыпкин, А.Н. Тимошевский и др. – Новосибирск: Наука, 1999. – 712 с.
3. *Анахов, С.В.* Плазмотроны: проблема акустической безопасности / Анахов С.В., Пыкин Ю.А.. – Екатеринбург: РИО УрО РАН, 2012. – 224 с.

УДК 004.2

УДК 621.3.049

А.А. Баранова, К.О. Хохлов, А.В. Ищенко ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ARM-МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ 1986VE92U

Баранова Анна Александровна

a.a.baranova@urfu.ru

Хохлов Константин Олегович

k.o.khokhlov@urfu.ru

Ищенко Алексей Владимирович

a-v-i@mail.ru

*ФГАОУ ВПО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н.Ельцина»,
Россия, г. Екатеринбург*

LABORATORY COURSE USING 1986VE92U ARM-MICROCONTROLLERS

Baranova Anna Aleksandrovna

Khokhlov Konstantin Olegovich

Ishchenko Aleksey Vladimirovich

*Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin, Russia,
Ekaterinburg*

Аннотация. Представлена отладочная плата на базе микропроцессорного стенда, построенного на современном микроконтроллере 1986VE92U с ядром ARM семейства Cortex M3. Отличительной особенностью платы является наличие встроенного периферийного оборудования, наличие органов управления и индикации и других функций. Вычислительное ядро достаточно высокой производительной способности позволяет использовать данный микропроцессорный стенд для проведения лабораторного практикума по курсам «Микропроцессорная техника» и «Микропроцессорные системы».