

УДК 621.313.333

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ АРВ СИНХРОННЫХ МАШИН УЗЛОВ НАГРУЗКИ

КЯЗИМЗАДЕ Р.З., ВЕЛИЕВА Т.Д.

Азербайджанская Государственная Нефтяная Академия

Дана общая структура и разработана поэтапная структура процесса автоматизированного проектирования оптимальных стохастических автоматических регуляторов возбуждения (АРВ) синхронных машин в виде трех уровней проектирования, анализ которых показывает, что они взаимосвязаны между собой и информация отдельных этапов используется в последующих этапах проектирования. Разработано полное математическое и программное обеспечение системы автоматизированного расчетного проектирования оптимальных АРВ синхронных машин в виде пакета прикладных программ, которое включает в себя банк данных и единую управляющую систему. Все модули библиотеки программных модулей представляют собой законченные программы, и их совокупность обеспечивает синтез оптимального закона регулирования.

В процессе автоматизированного проектирования АРВ по аналогии с другими техническими изделиями можно выделить три основных автономных этапа проектирования: первый – этап структурно-параметрического проектирования, который в существующей практике проектирования АРВ сводится к составлению технического задания; второй – этап функционально-параметрического проектирования, который сводится к рассмотрению активной части АРВ и составлению расчетного формуляра; третий – этап конструкторско-технологического проектирования, который сводится к полному конструктивному оформлению АРВ, выбору технологии производства и составлению полной проектной документации.

Применительно к оптимальным стохастическим АРВ синхронных машин весь процесс автоматизированного расчетного проектирования можно разделить на три укрупненных автономных этапа (уровня) проектирования.

Первый этап является подготовительным. Он включает в себя составление математической модели системы управления – узла нагрузки с синхронной машиной на базе классических дифференциальных уравнений Парка–Горева и экспериментальное определение корреляционной функции и спектральной плотности мощности колебаний тока нагрузки.

При синтезе оптимальных стохастических законов регулирования возбуждения синхронных машин важнейшим материалом является выбор удобной, оптимальной математической модели объекта управления (узла нагрузки с синхронной машиной) и наличие полной информации о статистических характеристиках случайного процесса – изменения тока нагрузки данного узла нагрузки (достаточно знать корреляционную функцию и спектральную плотность мощности нагрузки, которые позволяют определить значение критерия качества напряжения узла нагрузки).

Правильный выбор варианта математической модели особенно важен, так как он оказывает определяющее влияние на весь последующий процесс проектирования и на технико-экономические показатели объекта проектирования. Поэтому на уровне подготовительного этапа проектирования оптимальных стохастических АРВ целесообразно рассмотреть несколько вариантов, чтобы свести к минимуму вероятность выбора неправиль-

ного варианта, так как для них отсутствуют хорошо отработанные аналоги и прототипы.

Второй этап проектирования – этап внутреннего проектирования - включает в себя определение основных качественных характеристик объекта проектирования и выбор приближенной структуры ОАРВ синхронной машины. По предварительно выбранному алгоритму производится непосредственный синтез ОАРВ [1].

Трудности многокритериального анализа вариантов ОАРВ определяются в основном не количеством показателей, а отсутствием информации об их значениях. Большинство показателей и характеристик определяется на последующих этапах проектирования. Поэтому на данном этапе можно воспользоваться приближенными оценками справедливости допущений и упрощений, а также уточнениями параметров, при которых оптимально удовлетворяются требования, предъявляемые к системе.

На третьем этапе производится анализ полученных результатов и корректировка структуры регулятора в том случае, если установлены его недостатки. В рассмотрение включают новые параметры, необходимые для оценки функционирующих свойств объекта проектирования и характеризующие его внутреннее строение. В результате отсеиваются неудовлетворительные структурные варианты и количество их сокращается до одного наиболее рационального варианта.

Таким образом, процесс автоматизированного расчетного проектирования ОАРВ синхронных машин можно разделить на следующие основные этапы:

- составление математической модели узла нагрузки с синхронной машиной; сбор статистических характеристик колебаний тока нагрузки узла нагрузки; определение корреляционной функции и спектральной плотности мощности тока нагрузки;
- синтез оптимального стохастического АРВ синхронной машины по предварительно выбранному алгоритму с учетом основных и дополнительных требований;
- анализ и корректировка полученной структуры регулятора.

Анализ этапов автоматизированного проектирования оптимальных стохастических АРВ синхронных машин показывает, что между ними нет четких разграничений. Это процесс многоэтапного преобразования и накопления информации, в котором выходная информация предыдущих этапов частично или полностью используется в качестве входной информации для последующих этапов.

Автоматизация проектирования ОАРВ синхронных машин должна опираться на прочный фундамент – создание пакета прикладных программ (ППП), необходимых для машинного эксперимента, в ходе которого должно быть проведено имитационное моделирование замкнутой системы управления при различных условиях ее функционирования, обеспечена возможность направленного перебора структур, оценено качество управления, стабильность и точность работы системы [2,3].

Подобный ППП должен включать в себя:

- возможно более полную модель объекта и возмущающих воздействий;
- программу упрощения модели;
- математическую модель устройства измерения с помехами;
- программы синтеза регуляторов, обеспечивающих необходимую степень устойчивости замкнутой системы;
- алгоритмы оценки перемены состояния;
- алгоритмы формирования оптимальных законов управления;
- алгоритмы вычисления функционалов качества;
- алгоритмы текущей идентификации;
- управляющую программу (ее функции – модификация исходных данных, выработка и вывод общих показателей качества каждого варианта системы автоматического управления (САУ), включающих в себя точность управления, быстродействие и т.д.).

Ядром подобного ППП являются алгоритмы построения оптимальных регуляторов, обеспечивающих требуемое качество и точность управления.

В любом случае процесс проектирования оптимального регулятора может быть рассмотрен как многошаговый процесс с обратной связью, включающий в себя подготовку данных (по техническому заданию заказчика), работу с ЭВМ, обработку результатов машинного синтеза, оценку отклонения полученных результатов от желаемых, вновь обращение к ЭВМ и т.д., до получения окончательного варианта и выдачи рекомендаций. Процесс проектирования направлен на устранение отклонений от цели проектирования, поэтому его можно рассматривать как процесс управления по замкнутому циклу.

В программном обеспечении САПР ОАРВ функционально удобно выделить банк САПР и единую управляющую систему, предназначенную для управления процессом проектирования и ППП.

Банк САПР, предназначенный для централизованного обеспечения процесса проектирования и хранения частных реализаций проектируемой системы управления, включает в себя подсистему управления банками данных и совокупность банков данных, предназначенных для решения определенных задач проектирования.

Для успешного применения алгоритмов синтеза оптимальных регуляторов, необходимо опираться на соответствующий банк данных [4,5], который объединяет:

- математические модели управляемой системы, закономерностей и связей, характеризующих проблемную среду (характеристика возмущающих воздействий, показатели погрешностей измерительных приборов, возможность вариации внешних параметров и т.п.);
- библиотеку программных модулей (ПМ), некоторая совокупность которых обеспечивает решение определенной задачи синтеза.

Одной из наиболее трудных задач, требующих быстрого решения на начальном этапе автоматизированного проектирования, является необходимость предусмотреть всю совокупность информации, необходимой для обоснованного проектирования системы управления.

Информационное обеспечение САПР системы управления должно исходить из описания системы в целом и разбиваться на информационное обеспечение проектирования каждой подсистемы с учетом соответствующих требований, то есть должно состоять из следующих этапов:

- разработка структуры проектируемой системы;
- параметрическое описание подсистем всех уровней с выделением показателей функционирования, качества и других естественных параметров;
- описание связи между подсистемами;
- разработка информационной модели системы управления;
- определение показателя эффективности системы управления;
- параметрическое описание внешней среды и ее параметров.

Если процесс автоматизированного проектирования ОАРВ можно рассмотреть как многоэтапный процесс с обратной связью, то он может быть представлен в виде замкнутого цикла.

Библиотека программных модулей для проектирования оптимальных законов регулирования возбуждения синхронных машин имеет 3-х уровневую структуру. Модули I-го, самого низкого уровня, являются вспомогательными программами, создание их облегчает формирование модулей II и III уровней.

В модули второго уровня объединены три программы.

Модуль "SINTE" – программа получения стохастической математической модели объекта управления (синхронная машина узла нагрузки электроэнергетической системы).

Это программа сведения системы линейных дифференциальных уравнений с действительными коэффициентами к виду:

$$x_i = \sum_{j=1}^n a_{ij} x_{j0} + b_i u + c_i \phi \quad (1)$$

где матрица $A = /a_{ij} /$ - квадратная матрица, размерностью $n * n$, с учетом, что $i = 1 \div n$; матрица B размерностью $n * 1$ и матрица C размерностью $n * 1$. Таким образом, число пере-

менных в системе равно $n+2$, а число уравнений равно n . Такая система имеет множество решений, и наша задача из этого множества выбрать те, которые удовлетворяют уравнению связи:

$$A(D)x_k = B_k(D)u + C_k(D)\phi \quad (2)$$

Исходными данными программы расчета “SINTE” являются: N – порядок системы; K - координата системы, относительно которой создается уравнение связи; коэффициенты матрицы A построчно $(a_{11}, a_{12}, \dots, a_{1n}, a_{21}, a_{22}, \dots, a_{2n}, \dots, a_{mn})$, коэффициенты матриц B и C .

В результате расчета получаем коэффициенты уравнения связи (2), которые являются полиномами, и поэтому представляются своими коэффициентами. Особенность работы с программой “SINTE” – это использование стандартного математического обеспечения.

Модуль “COREL”- программа предназначена для объединения уравнения связи (2) с уравнением спектральной плотности, которая выбирается стандартными методами. Как результат объединения в результате расчета выдается два полинома: числитель $C(D)$ и знаменатель $D(D)$.

Исходными данными являются: N – порядок полинома $A(D)$ в уравнении (2); K - порядок полинома $B(D)$ в уравнении (2); P – порядок числителя уравнения спектральной мощности; Q - порядок знаменателя уравнения спектральной мощности; порядок числителя уравнения спектральной мощности; NA – порядок полинома $\alpha=0$; NB - порядок полинома $\beta=0$; A - коэффициенты полинома $A(D)$ в уравнении (2); B - коэффициенты полинома $B(D)$ в уравнении (2); K - коэффициенты числителя уравнения спектральной мощности; L - коэффициенты знаменателя уравнения спектральной мощности; $ALFA=0$; $BETA=1$; $M2=0$ – множитель Лагранжа.

В результате расчета получаем коэффициенты полиномов $C(D)$ и $D(D)$. Программа “COREL” также требует использования стандартного математического обеспечения.

Модуль “DELNPD” – программа записи закона регулирования в виде суммы динамических звеньев. Такая форма записи удобна для последующей технической реализации в виде схемы закона стохастического регулирования возбуждения синхронных машин.

Эта программа производит деление полинома на полином при условии, что степень полинома в знаменателе больше или равна степени полинома в числителе. Исходными данными являются корни и коэффициенты полиномов числителя $A(s)$ и знаменателя $B(s)$ в (3).

$$G(S) = \frac{kA(S)}{B(S)} \quad (3)$$

где $A(S) = a_1 + a_2S + \dots + a_m S^{m-1} + S^m$

$$B(S) = b_1 + b_2S + \dots + b_n S^{n-1} + S^n,$$

причем $m < n$.

Результатами расчетов является матрица коэффициентов числителей дробей разложения. Коэффициенты числителей перечисляются в том же порядке, что и корни знаменателей. Первый коэффициент в любой строке соответствует числителю дроби со знаменателем в первой степени, второй - числителю дроби со знаменателем во второй степени и т.д.

Программа “DELNPD” стандартного математического обеспечения не требует.

Модули третьего уровня представляют собой законченные программы, обеспечивающие синтез оптимального закона регулирования на основе алгоритмов 1÷4, приведенных в [1].

Использование модулей 1-го уровня в организации модулей второго и третьего уровней иллюстрирует таблица.

Таблица

Организация взаимосвязи модулей 1-го, 2-го и 3-го уровней

| Модули 2-го и 3-го уровней | Модули 1-го уровня | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|--------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|----|----|----|
| | PR | GR | KT | DP | KK | KP | FP | PL | SM | KPK | RP | NP | SP |
| SINTE | | | | | | | | | • | | | | |
| COREL | | | | | | | | | | • | • | • | • |
| REGUL1 | • | • | • | • | • | • | | | | | | | |
| REGUL2 | | | | | | • | • | | | | | | |
| REGUL3 | • | • | • | • | • | • | • | | | | | | |
| REGUL4 | • | • | • | • | • | • | • | • | | | | | |
| REGUL5 | • | • | • | • | | • | • | • | | | | | |

Модули всех уровней объединены в единый модуль, осуществляющий синтез оптимального стохастического закона регулирования возбуждения синхронных машин. Исходными данными для машинного синтеза являются параметры и коэффициенты в системе дифференциальных уравнений и экспериментально снятые вероятностные характеристики изменения тока нагрузки.

-
1. Абдуллаев Н.Д., Петров Ю.П. Теория и методы проектирования оптимальных регуляторов. - Л.: Энергоатомиздат, 1985, 240 с.
 2. Марусева И.В. Вычислительная техника в автоматизированных системах контроля и управления. Пенза: Пензенский политехнический институт, 1985.
 3. Велиева Т.Д. О структуре автоматизированного расчетного проектирования оптимальных АРВ синхронных машин. // Известия ВТУЗов Азербайджана.-2004.- №4.-с.61-64.
 4. Касумова Т.К., Велиева Т.Д. Разработка и проектирование оптимального стохастического автоматического регулирования возбуждения синхронного двигателя. Изв. НАН Азерб., Проблемы энергетики, Баку, 2005, №3, с.26-35.
 5. Велиева Т.Д., Abbasov R.M. Программное обеспечение систем автоматизированного проектирования по синтезу оптимальных регуляторов возбуждения синхронных машин. Azərbaycan Milli Aviasiya Akademiyası, Elmi məcmuələr, Bakı, 2006, cild 8 №3, s.7-10.

YÜK QOVŞAQLARI SİNХRON MAŞINLARININ OPTİMAL ATT-İN LAYİHƏLƏNDİRİLMƏSİNİN AVTOMATLAŞDIRILMASI ÜÇÜN PROQRAM TƏCHİZATI

KAZIMZADƏ R.Z., VƏLİYEVƏ T.D.

Sinxron maşınların optimal stoxastik avtomatik təsirlənmə tənzimləyicilərinin (ATT) avtomatlaşdırılmış layihələndirilmə prosesinin ümumi strukturu verilmiş və etaplı strukturu işlənmişdir

(üç mərhələ şəklində). Bu mərhələlərin analizi göstərir ki, onlar bir-biri ilə əlaqədardır və ayrı-ayrı etapların informasiyası sonrakı layihələndirmə etaplarında istifadə olunur. Sinxron maşınların optimal ATT-in avtomatik hesablama layihələndirmə sisteminin tam riyazi və proqram təchizatı işlənmişdir (tətbiqi proqram paketi şəklində). Proqram modulları kitabxanasının modulları tam bitirilmiş proqramlardır və onların birliyi optimal tənzimləmə qanununun sintezini təmin edir.

THE SOFTWARE OF AUTOMATION DESIGNING OPTIMUM ARE OF SYNCHRONOUS MACHINES OF LOADING UNITS

KAZIMZADE R.Z., VELIYEVA T.D.

The general structure is given and the stage-by-stage structure of process of the automated designing of optimum stochastic automatic regulators of excitation (ARE) of synchronous machines as three levels of designing which analysis shows is developed, that they are interconnected among themselves and the information of separate stages is used in the subsequent design stages. It is developed full mathematical and the software of system of the automated settlement designing optimum ARE of synchronous machines as a package of applied programs which includes a databank and uniform managing system. All modules of library of program modules represent the finished programs, and their set provides synthesis of the optimum law of regulation.