

Семинары, совещания

Семинар по методам комплексной оптимизации энергетических установок

Семинары, посвященные этой теме, проводятся регулярно, 2 раза в год начиная с конца 1975 г. На них обсуждаются методика моделирования АЭС; автоматизация построения моделей; методы принятия оптимальных решений при неполной определенности исходной информации; методы оптимизации; методы расчета теплофизических свойств теплоносителя, используемые при разработке математических моделей.

Очередное шестое заседание по теме «Использование методов эквивалентирования, агрегирования и декомпозиции при математическом моделировании и оптимизации ядерных энергетических установок» состоялось 20—24 марта 1978 г. в Обнинске. На нем присутствовали 80 специалистов из 15 организаций, которые обсудили 21 доклад.

На открытии семинара О. Д. Казачковский рассказал о работах по проектированию быстрых натриевых реакторов, проводимых в ФЭИ, а также о некоторых вопросах оптимизации энергетических установок, в частности о проблемах выбора критерия эффективности и неопределенности экономической информации. В докладе руководителя семинара Л. С. Попырина обобщены основные положения методов эквивалентирования, агрегирования и декомпозиции применительно к математическому моделированию и оптимизации ядерных энергетических установок.

Оптимизационные модели ядерных установок, описанию которых была посвящена большая часть докладов, формируются из более точных моделей посредством методов эквивалентирования: планирования экспериментов, аппроксимации и методов теории возмущений.

Суть первого метода заключается в том, что основные технико-экономические характеристики установок представляются в виде уравнений регрессии (полиномов различного порядка), полученных в процессе обработки результатов экспериментов, которые проводились по особому плану на точных моделях. Применение этого метода позволяет не учитывать сложные внутренние связи между элементами установки, представляемой в виде некоторого «черного ящика». К достоинствам метода относится относительная простота моделей, это позволяет ускорить их разработку и отладку. Так, математическая модель АЭС с реакторами на диссоциирующем газе, разработанная методами планирования эксперимента в ИЯЭ АН БССР, представляет набор полиномов второго порядка, связывающих стоимостные, теплогидравлические и нейтронно-физические характеристики различных узлов АЭС (реактора, турбины, теплообменника и т. п.) с изменением пяти оптимизируемых параметров (например, параметров теплосилового цикла). Время расчета одного

варианта занимает на ЭВМ «Минск-32» около 1 с. Точность модели составляет 1,4% по сравнению с экспериментом. Для построения модели потребовалось провести 27 экспериментов (т. е. полных расчетов АЭС) при посредстве проектно-расчетного комплекса программ. Так, нейтронно-физические расчеты требовали на один вариант около 15 мин машинного времени ЭВМ «Минск-32».

В других моделях для построения регрессионных зависимостей используются не специально проводимые расчеты, а уже накопленные при проектировании расчетные варианты. Такова модель быстрого натриевого реактора, разработанная в Горьковском политехническом институте.

Распространенными методами эквивалентирования моделей АЭС являются методы аппроксимации, в соответствии с которыми расчетные формулы отражают основные закономерности физических процессов установки. В них вносятся поправки, получаемые сравнением с экспериментом. Достоинство аппроксимационных моделей (в качестве примера можно привести модель водографитового реактора, созданную в Институте энерготехники) по сравнению с построенными на базе методов планирования эксперимента заключается в более корректном учете внутренних физических процессов установки и в возможности исследовать влияние изменения внутренних характеристик установки. Однако структура аппроксимационных моделей сложнее и требует больших затрат времени на ее разработку и отладку.

Некоторые упрощенные модели быстрых натриевых реакторов (например, расчетный комплекс РОКБАР, разработанный в МИФИ) базируются на методах теории возмущений, широко применяемых в реакторных нейтронно-физических расчетах. В соответствии с этими методами оптимизационные расчеты проводятся в два этапа. Сначала по точной программе определяются многогрупповые интегральные спектры нейтронов в двумерном реакторе. Полученные с их помощью одно- и двухгрупповые сечения элементов используются на втором этапе физического расчета, включенном в итерационный процесс поиска оптимума. На этом этапе для одномерного реактора в двухгрупповом приближении по сравнительно простым формулам теории возмущений определяются потоки и ценности нейтронов. Комплекс РОКБАР применяется в практике расчетов с 1969 г. За это время проведено большое число расчетов, подтвердивших его работоспособность и эффективность. Общее время решения оптимизационной задачи колеблется в пределах 1—2 ч машинного времени М-220.

Опыт показывает, что единая модель АЭС зачастую оказывается слишком громоздкой, поэтому актуальны методы декомпозиции, в которых основными проблемами являются выделение подзадач, их оформление в удобном для взаимодействия виде, процедура координации взаимодействия между ними.

Расчленение АЭС с водографитовыми реакторами на две части (расширенный машинный зал и реактор) было осуществлено в модели, разработанной Институтом энерготехники и СЭИ СО АН СССР. При фиксированных связующих параметрах (в данном случае тепловой мощности реактора, давления и температуре пара перед турбиной и температуре питательной воды) на соответствующих моделях оптимизировалась каждая часть АЭС. Приведенные затраты по отдельным частям суммировались.

Совместная работа институтов позволила в приемлемый срок исследовать рациональность повышения параметров пара на АЭС с водографитовыми реакторами.

В настоящее время развивается другое направление моделирования ядерно-энергетических установок —

модульные системы (иногда их называют пакетами программ).

Их достоинствами являются высокая точность расчетов, универсальность и простота работы, поскольку не требуются затраты времени на подготовку исходных данных и отладку модели. К недостаткам следует отнести громоздкость и большой объем вычислительной работы. В качестве примера модульной системы можно привести систему ФИХАР, разработанную в НИИАРе для расчетов быстрых нагреваемых реакторов.

На семинаре отмечалась перспективность интерактивных режимов оптимизации, применение которых позволяет (при посредстве дисплеев) вмешиваться в случае необходимости в машинный процесс оптимизации и тем самым ускорять его.

Семинар подтвердил тенденцию к быстрому распространению методов математического моделирования для оптимизации АЭС с реакторами различного типа и отдельного оборудования. Доклады будут изданы СЭИ СО АН СССР.

СМИРНОВ В. Г.

Совещание специалистов МАГАТЭ по электромагнитной совместимости КИП и СУЗ на АЭС

Совещание, состоявшееся в Уинфрите (Великобритания) в феврале — марте 1978 г., обсудило достигнутые результаты и новые проблемы, возникшие за время после встречи специалистов в 1972 г. В совещании участвовали представители 13 стран — членов МАГАТЭ и ученый секретарь Рабочей группы МАГАТЭ по КИП и СУЗ. На обсуждение было представлено 19 докладов.

Источники помех и результаты их воздействия. Знание самых распространенных и интенсивных источников помех и характеристик мешающих возмущений позволяет понять механизм их влияния на электронную аппаратуру КИП и СУЗ АЭС. В докладах Е. Фаулера (Великобритания) указаны наиболее мощные источники помех и два наиболее вероятных пути их прохождения: через электромагнитное излучение и заземленные металлоконструкции АЭС. В других докладах источники помех делят на две группы, в первую включены источники, являющиеся оборудованием АЭС, во вторую — все остальные. Так, ко второй группе относят радиостанции всех типов, сварочные аппараты, статическое электричество, молнию. Результаты воздействия помех на электронное оборудование оценены теоретически и экспериментально. В общем виде влияние помех приводит к потере достоверности информации, ложным сигналам и отказам оборудования. Приводятся статистические данные, из которых следует, что на работоспособность КИП и СУЗ существенное влияние оказывают источники обеих групп. Особо отмечается влияние радиостанций. Так, в Италии установлено, что радиостанция мощностью 500 кВт на расстоянии ~1,5 км создает в измерителях сигналов с термодатчиков помехи, превышающие контролируемую разность температуры в 20 °С на уровне 900 °С. В Великобритании изучалась аналогичная проблема, вызванная воздействием портативной радиостанции на работу измерителей сигналов с термодатчиков. Как показали исследования, при мощности передатчика 0,5 Вт и расстоянии между антенной и усилителем около 1 м возникают

ложные сигналы, эквивалентные повышению температуры до 1000 °С (40 мВ).

Проектирование электронного оборудования. Этому вопросу было уделено наибольшее внимание. В докладах приводились конкретные примеры достижения помехоустойчивости и давались рекомендации по проектированию аппаратуры. Электромагнитная совместимость аппаратуры достигается в основном конструированием или активным подавлением помех и селекцией полезного сигнала. Как правило, последнее используют, когда конструированием не обеспечивается достаточная помехозащищенность. Особое внимание надо уделять проектированию устройств измерения сигналов низкого уровня, поскольку такие устройства наиболее чувствительны к действию помех.

Значительное место на совещании отводилось обсуждению экранирования кабелей конструкции соединителей и защитных экранов. Представлены результаты исследований и предложения об оптимальной конструкции радиочастотных кабелей с органической и минеральной изоляцией. Следует отметить доклад Дж. Сутерленда (США), в котором сообщается о положительных результатах в достижении фирмой «Вестингауз» электромагнитной совместимости применением техники обмена данными по оптическим линиям связи длиной до 200 м.

Размещение оборудования на АЭС. Достижение электромагнитной совместимости путем надлежащего расположения оборудования на АЭС является наиболее трудоемким. Представленные в докладах рекомендации выработаны на основе многолетнего опыта эксплуатации комплекса электронного оборудования АЭС. Наиболее важные из них следующие:

три отдельные системы заземления (общестанционная, компьютерная и приборная). Две последние соединяют с очагом заземления экранированными кабелями;

приборные кабели должны быть экранированными и соединены с приборной системой заземления в одной точке;