

МАКРОМОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ЭНЕРГООБМЕНА В СИСТЕМЕ «ЭЛЕКТРОПРИВОД – СЕТЬ» НА ОСНОВЕ ПРИНЦИПОВ ДЕКОМПОЗИЦИИ И РЕДУКЦИИ

Тенденции роста числа использования частотно-регулируемых асинхронных электроприводов, обеспечивающих улучшенные динамические свойства электропривода, а также рекуперацию электрической энергии в питающую сеть, при внедрении энергосберегающих технологических процессов в различных отраслях промышленности, обуславливают необходимость реконструкции существующих сетей электроснабжения. Решение задачи формирования оптимальной структуры сети электроснабжения (определение количества источников питания и распределение между ними приёмников электроэнергии, а также организации промежуточных узлов нагрузки) требует математического моделирования и оптимизации процессов энергообмена в системе «Электропривод – Сеть» с учетом всех электроприемников, а также специфики используемых технологических процессов.

Построение математической модели (ММ) таких систем в некоторых случаях возможно на принципах макромоделирования целью которого является снижение вычислительных затрат путем упрощения ММ при сохранении достаточной для практики точности результатов моделирования. Поставленная цель достигается посредством предварительного расчленения (декомпозиции) ММ с последующим упрощением (редукцией) ее составных частей. Наиболее приемлемым при анализе и оптимизации энергетических процессов в системе «Электропривод - Сеть» является метод подсхем, при этом алгоритмы декомпозиции могут различаться способами принимаемого расчленения, характером представления подсхем и их взаимосвязей, а также методами обоснования. Процесс выделения отдельных частей системы требует определения границ и граничных условий, при этом процесс декомпозиции - неоднозначная процедура [1].

Эффективность использования метода подсхем в первую очередь зависит от того, насколько рационально исходная схема разбита на подсхемы. К факторам, влияющим на процессы декомпозиции, необходимо отнести следующие: выделение отдельных функциональных блоков; учет повторяемости отдельных частей схемы; локализация линейных и нелинейных частей схемы; учет связанности отдельных компонентов схемы и т. д.

Формально процесс декомпозиции полной модели можно представить таким образом:

$$D(M) (M_1 M_2, \dots, M_i, \dots, M_n), i = 1, n \quad (1)$$

Здесь $D(M)$ - оператор декомпозиции, причем по необходимости процесс декомпозиции может использоваться неоднократно - m (декомпозиция по глубине $j = 1, m$), в частности и по отношению к отдельным составным частям (подсхемам) полной модели.

При макромоделировании энергетических процессов в системе «Электропривод - Сеть» наиболее рационально проводить расчленение на подсхемы по функциональному назначению в соответствии с квазинаправленностью потока энергии. Так как процесс передачи энергии в такой системе связан с протеканием довольно сложных электромагнитных процессов, сопровождающихся увеличением потерь за счет влияния работы электропривода как на систему электропотребителей, так и на систему источников питания, работа которых, в свою очередь, определяет режим работы самого электропривода, целесообразно определить генерирующие и потребляющие подсистемы, выделить накопители и диссипаторы энергии [2].

Таким образом, получаем иерархическую систему «вложенных» друг в друга макромоделей, начиная с полной эквивалентной электрической схемы, отражающей все стороны функционирования системы «Электропривод – Сеть», включая динамические и аварийные режимы и кончая упрощенными схемами, отражающими отдельные режимы работы того или иного звена системы. Редукция эквивалентной электрической схемы фактически приводит к редукции системы дифференциальных уравнений, описывающих процессы в схеме, при этом сохраняя четкий физический смысл и наглядность при переходе с одного уровня редукции на другой, что является весьма важным при решении задач оптимизации.

Блок-схема алгоритма оптимизации процессов энергообмена в системе «Электропривод – Сеть» на основе принципов декомпозиции и редукции приведена на рис. 1 и включает следующие этапы:

1. Формирование полной модели системы и ее анализ (M).
2. Декомпозиция исходной модели (Mnm).
3. Формирование ряда редуцированных моделей ($M^{(k)}nm$)
4. Решение задачи анализа для каждой из подсхем.
5. Построение функции цели (F_1, F_2, \dots, F_p)
6. Выбор метода оптимизации ($\Omega_1, \Omega_2, \dots, \Omega_q$).
7. Решение задачи оптимизации - нахождение экстремума.
8. Переход на последующий уровень редукции.
9. Проверка полученных решений на глобальный экстремум на полной модели (M).

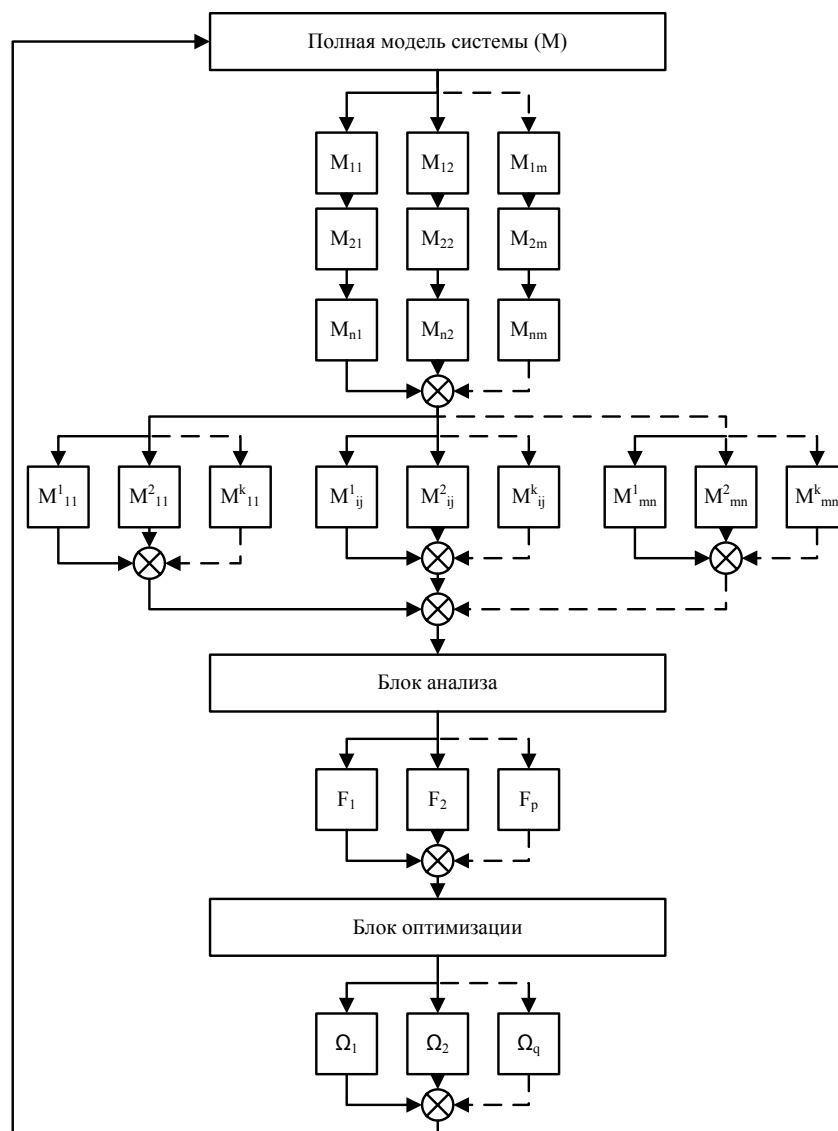


Рис. 1 Блок-схема алгоритма оптимизации процессов энергообмена в системе «Электропривод – Сеть» на основе принципов декомпозиции и редукции

Построенный в зависимости от принятой точности ряд редуцированных моделей в рассматриваемом алгоритме используется непосредственно в организации процесса оптимизации и зависит от выбора способов редукции, а также от условий их применения: однократно или многократно, последовательное или параллельное построение множества редуцированных моделей ($M^{(k)}_{nm}$).

Кроме того, трудности поиска оптимальных параметров связаны не только с большой сложностью вычислительных процедур, но и со сложностью формулировки критериев оптимальности, которые достаточно верно отражали бы физическую сущность электромагнитных процессов, протекающих в системе «Электропривод - Сеть». Это вызывает необходимость построения нескольких целевых функций (F_1, F_2, \dots, F_p) с последующим перебором их в процессе оптимизации. Кроме того, в зависимости от характера поиска оптимальных параметров при многопараметрической оптимизации с целью сокращения машинного времени целесообразно осуществлять переход от одного метода оптимизации к другому и наоборот ($\Omega_1, \Omega_2, \dots, \Omega_q$).

Выводы. Предложенный алгоритм оптимизации при последовательном повышении порядка точности макромоделей за счет использования многоуровневой редукции позволяет получить решение поставленной задачи с заданной точностью при значительном сокращении вычислительных затрат по сравнению с традиционными подходами к оптимизации параметров и режимов работы системы «Электропривод - Сеть».

ЛИТЕРАТУРА

1. Вербовой П.Ф., Заболотный А.П., Сьянов А.М. Асинхронные двигатели для тиристорного электропривода. К: Наукова думка, 1994. - 244с.
2. Андриенко П.Д., Заболотный А.П., Немыкина О.В. Влияние входного LC-фильтров 4 Q-S преобразователя на процессы энергообмена в системе «Электропривод - Сеть», Сборник научных трудов ДГТУ. Тем. вып. «Проблемы автоматизированного электропривода» /Днепродзержинск: ДГТУ, 2007. – с.530 - 531.