

ПРОБЛЕМЫ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ИНДУКЦИОННОГО НАГРЕВА ЦИЛИНДРА ПЛАСТИКАЦИИ

Сорокин А.Г.

Самарский государственный технический университет, филиал в Сызрани.

Сызрань, Россия.

Sorokin A.G.

Samara State Technical University. Branch in Syzran.

Syzran, Russia.

Оптимизация системы индукционного нагрева цилиндра пластикации в общем виде имеет следующую постановку: требуется найти закон распределения удельной мощности нагрева $P_{onm}(r, x, t)$. При синтезе регулятора для систем с распределенными параметрами можно использовать как оптимальные по квадратичному критерию линейные законы регулирования, так и целый ряд процедур синтеза различных субоптимальных законов регулирования для систем с сосредоточенными параметрами.

Простейшим из возможных методов синтеза является исходная дискретизация, т. е. замена исходной модели с распределенными параметрами упрощенной моделью с сосредоточенными параметрами в виде системы обыкновенных дифференциальных уравнений на самых ранних этапах расчета. После этой замены можно непосредственно применять все методы для моделей с сосредоточенными параметрами, никак не учитывая распределенных параметров. Такому подходу присущи значительные недостатки. Во-первых, условия управляемости, стабилизируемости и т.п. в этом случае определяется не только структурой системы и выбором управляющих воздействий, но и методом аппроксимации, расположением точек дискретизации и т.д. Во-вторых, теряется структура исходной постановки задачи, в результате чего полученный регулятор может оказаться «наивным», не использующим всей имеющейся информации.

Альтернативный подход - завершающая дискретизация - полностью использует все преимущества теории управления системами с распределенными параметрами при анализе управляемости, стабилизируемости, выборе оптимальной структуры регуляторов и т. д. Все построения ведутся по уравнениям в частных производных, и лишь на последнем этапе, после того как стратегия управления уже получена, осуществляется аппроксимация с целью численной ее реализации. Этот подход сохраняет структуру исходной проблемы без каких-либо искажений.

Основным приемом при анализе данных систем является приведение к системе с сосредоточенными параметрами с последующим применением методов теории управления для таких систем. Такое приведение может быть выполнено несколькими путями:

1. Преобразование Лапласа по времени позволяет получить передаточную функцию относительно пространственных координат.
2. Для гиперболических и некоторых параболических используется метод характеристик, позволяющий перейти к рассмотрению уравнений меньшего порядка.
3. Для некоторых уравнений в частных производных с дискретным спектром действительных собственных значений возможно применение модального анализа.

Важный класс методов проектирования систем управления для процессов с сосредоточенными параметрами связан с теорией оптимального управления. Для определения оптимальных программных управлений и синтеза оптимальных законов обратной связи разработано множество численных методов. Рассмотрим некоторые из наиболее часто используемых.

1. Градиентная процедура поиска.
2. Метод прямой или косвенной замены или сведение необходимых условий оптимальности к двухточечной граничной задаче при исключении из этой задачи управляющего воздействия.
3. Оптимизация в конечномерном пространстве.

Процедура градиентного поиска или итерации управления не требует сложных алгебраических преобразований, и, поскольку уравнения динамики приходится решать при

каждой итерации, останов на каждом шаге дает, хотя не оптимальное, но все же вполне пригодное решение задачи.

В процедуре прямой замены, напротив, используются трудоемкие преобразования сначала для перехода к двухточечной граничной задаче, а затем для ее решения. Достоинством процедуры итерации граничных условий является возможность получения на каждом шаге оптимального решения, однако при этом решается не исходная задача, а измененная. Это особенно полезно в том случае, когда желательно иметь оптимальное управление для некоторого множества начальных условий.

Процедура параметризации управлений обычно представляется наиболее привлекательной, так как она очень проста и позволяет применить стандартные приемы поиска экстремума в конечном пространстве. Основной ее недостаток - отсутствие гарантии того, что параметризованное управление достаточно близко к оптимальному, если, конечно, базис функций разложения не выбирается каким-либо специальным образом.

Реальные же алгоритмы траекторией оптимизации останавливаются не доходя до точного оптимума, при этом наиболее эффективные алгоритмы обычно подходят достаточно близко к оптимуму. Для того чтобы гарантировать хотя бы локальную оптимальность полученного при этом решения, необходимо, чтобы оно воспроизводилось при нескольких различных начальных условиях. Однако реальные задачи могут быть многоэкстремальными, даже тот факт, что различные начальные условия приводят к одному и тому же управлению, не является достаточным для глобальной оптимальности полученного решения.