

К СИНТЕЗУ МНОГОСВЯЗНЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ РОБОТОТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА УПАКОВКИ ЛЕКАРСТВЕННЫХ ПРЕПАРАТОВ

Хасанова Н.В., Хасанов О.З., Карелина Н.В.

*Россия, Республика Башкортостан, г. Уфа,
Уфимский государственный авиационный технический университет*

Аннотация: Рассмотрены принципы организации оптимального по быстродействию управления многосвязными электроприводами на основе метода динамического программирования, даны рекомендации по выполнению динамичного разгона (торможения) с установившейся скоростью с переменным темпом для многосвязных электроприводов робототехнического комплекса упаковки лекарственных препаратов.

Ключевые слова: многосвязные электропривода, транспортеры робототехнического комплекса, метода динамического программирования.

Задачи оптимизации многосвязных электроприводов (МЭП) транспортеров робототехнического комплекса (РК) упаковки лекарственных препаратов часто сводятся к определению и установке таких параметров регуляторов, при которых критерии качества достигают экстремального значения. Однако поскольку реальные значения параметров элементов систем автоматического управления МЭП отличаются от расчетных, то не учёт их изменения при разработке автоматизированных транспортеров РК может привести к существенным погрешностям. Поэтому весьма важной на стадии проектирования многосвязных систем автоматического управления (МСАУ) является разработка алгоритмического (программного) обеспечения [1].

Расчет оптимальных по быстродействию управлений многосвязными электроприводами должен осуществляться с учетом ограничений на фазовые координаты МСАУ, предельные динамические возможности многосвязных электроприводов транспортеров РК и технологические требования. Для всех многосвязных электроприводов накладываются ограничения на максимальную скорость движения исполнительного органа, ускорение, рывок и торможение. Кроме того, алгоритмы управления должны учитывать возможное отклонение многосвязных электроприводов от оптимальных траекторий движения и обеспечивать рывок (торможение) с установившейся скоростью за

минимальное время с учетом принятых ограничений без перерегулирования по скорости и пути.

Определение оптимальных по быстродействию алгоритмов управления многосвязными электроприводами транспортеров с учетом перечисленных требований и ограничений вызывает значительные трудности при использовании математического аппарата вариационного исчисления, поэтому рационально пользоваться численными динамическими методами пакета *Matlab* [2].

Синтез законов управления на основе метода динамического программирования предполагает использование численного решения многосвязных дифференциальных уравнений. В этом случае первые и вторые производные скоростей многосвязных приводов, соответственно ускорение и рывок, могут быть представлены в виде приращений скорости за интервал интегрирования. При расчетах управления интервал интегрирования постоянен, поэтому о величине рывка (торможения) судим по приращениям скорости.

Решение динамической задачи управления многосвязными электроприводами (в отличие от решения кинематической задачи) возможно при условии формирования в технологическом процессе упаковки лекарственных препаратов управляющих воздействий, минимизирующих динамические ошибки управления во время рывка и торможения. При моделировании динамических процессов рассмотрели несколько типовых режимов работы многосвязных электроприводов, требующих специальных условий исследования.

Режим пуска (включения). При этом режиме электрические начальные условия, как правило, нулевые. Цель исследования – определить работоспособность всех функциональных блоков МЭП с оценкой пусковых характеристик электродвигателей. Изменения во всех электромагнитных цепях значительные, а изменения механических переменных может быть как значительным (пуск на заданную скорость), так и незначительным (пуск в режиме стояния).

Режим разгона и торможения с управлением скоростью или углом поворота. Для этого режима все электрические начальные условия ненулевые. Механические начальные условия (угол поворота, скорость) могут быть как нулевыми, так и ненулевыми. Цели исследования могут быть различными: исследование изменений токов в обмотках двигателя; исследование отклонений угла поворота или скорости, исследование отдельных сигналов в соответствующих элементах системы управления и др. В этом случае возможны как невысокие, так и высокие требования к воспроизведению физических процессов в электрических цепях, то есть требуется различный масштаб исследования.

Режим работы «установившийся». При этом режиме целью исследований могут быть: повторяющиеся процессы в преобразователях частоты и тока (переключения транзисторов и соответствующие сигналы в системе управления), активные потери мощности, форма токов в обмотках, колебания скорости, момента, угла поворота (при удержании двигателя в заданном положении). Очевидно, что во всех случаях требуются сравнительно сложные и обобщённые модели процессов (например, для анализа потерь), а в других – более детализированные (при исследовании сигналов в системе управления). Именно в этом режиме обеспечивается заданная точность МЭП.

Режим работы «аварийный». В данном режиме необходимо исследовать все обобщённые переходные процессы в электромагнитных цепях электроприводов с очень высокой точностью расчётов.

Из анализа режимов можно сделать вывод, что в разных режимах работы МЭП для одних и тех же функциональных блоков требуются разные точности исследования. Очень сложная проблема возникает при моделировании смены режимов и необходимости просмотра различных физических процессов в зависимости от режима и, возможно, даже в рамках одного режима. Например, исследование формы токов в обмотках в зависимости от сигналов системы управления. Одновременно просматривать эти переменные невозможно, так как слишком разный масштаб времени (частоты порядка десятков герц для токов и

порядка мегагерц для импульсов системы управления). Кроме того, параметры сигналов в системе управления могут слабо влиять на формы токов и напряжений в силовых электрических цепях и поэтому, их нужно исследовать отдельно. То же самое происходит при использовании алгоритмов цифрового управления, когда один импульс, пришедший в определённый момент времени, меняет все процессы в некотором направлении и далее они протекают уже без учёта изменений импульсов в системе управления. Но сам момент прихода такого импульса должен быть зафиксирован точно.

Таким образом, для создания многорежимных многофункциональных и быстродействующих электроприводов транспортеров робототехнического комплекса упаковки лекарственных препаратов необходимо разработать новые методы синтеза и моделирования таких МЭП, способных оперативно менять программные модели отдельных функциональных блоков МЭП в процессах синтеза и моделирования.

Кроме моделей, в системах моделирования и синтеза могут быть использованы конкретные численные методы, которые приспособлены к моделям с определёнными характеристиками. Поэтому изменение модели логично сопровождать оценкой используемого метода. В настоящее время большинство моделирующих программ позволяет выбрать методы из достаточного числа возможных вариантов, но только перед началом расчёта.

При смене моделей может оказаться необходимым переформировать модель всей системы или отдельных элементов, например, вместо некоторых динамических моделей (в форме дифференциальных уравнений) могут появиться статические (в форме алгебраических или даже логических выражений). Модели, записанные в алгоритмической форме, могут трансформироваться, что потребует увязки нового состава переменных состояния с прежним составом. То есть адаптивность выбора моделей предполагает определённую степень адаптивности к смене модели всей системы.

Процесс смены моделей элементов, методов и моделей МЭП не может происходить без соответствующего обоснования. Необходимо обеспечить при

такой смене преемственность, когда конечные значения переменных прежних моделей становятся начальными для новых моделей. Необходимо обеспечить корректную передачу информации в части внутренних переменных моделей (некоторые из них могут исчезать при упрощении модели и появляться при её усложнении). Необходимо гарантировать сходимость процесса при смене моделей.

Таким образом, необходимо разработать новые методы синтеза функциональных блоков для многорежимных, многофункциональных электроприводов с оценкой всех физических процессов с учётом заданного режима и исследуемых переменных. При этом возможны рациональные и оптимальные алгоритмы управления системами МЭП. Рациональные алгоритмы обеспечивают работоспособность систем МЭП, а оптимальные – эффективность работы.

В научно-учебных лабораториях УГАТУ в настоящее время имеется некоторый опыт использования сменных моделей функциональных блоков многосвязных электроприводов для различной степени детализации силового электронного и электромеханического преобразователей. При использовании на различных этапах процесса различных моделей, в зависимости от их влияния на этот этап (пуск, разгон, отработка малых перемещений и др.) удаётся сделать время моделирования минимальным.

Представленные системы моделирования МЭП, построены с использованием следующих общих принципов: вводится математическая модель объекта, выбирается метод численного интегрирования (например, Рунге-Кутты), задаются внешние воздействия, и осуществляется численное интегрирование с промежуточными алгебраическими вычислениями. В результате получают переходные характеристики для переменных состояния параметров МЭП. При этом существует обратная связь между точностью и временем расчётов: чем точнее должны быть расчёты, тем детальнее должна быть модель и меньше шаг интегрирования, т. е. больше его общее время. Даже современные быстродействующие компьютеры затрачивают десятки секунд, а

в некоторых случаях и минуты, на расчёт динамического состояния многосвязных электроприводов. Это допустимо, если технический объект и соответствующая ему модель отлажены и требуется однократный расчёт процесса. Но в ходе отладки модели или изменения объекта (при проектировании) могут потребоваться десятки и сотни расчётов. В этом случае общее время моделирования может достигать нескольких минут. В частности, это может иметь место при разработке прецизионных электроприводов, у которых допустимая погрешность позиционирования (нестабильность скорости) может достигать долей процента и чтобы её выявить, необходимо учитывать многие динамические параметры электроприводов, процессы в транзисторных ключах, погрешности в датчиках, узкие импульсы в цифровых блоках управления и многое другое. Это делает модель жёсткой и требует очень малого шага интегрирования (иногда даже нельзя использовать автоматический выбор шага и приходится задавать его фиксированным и весьма малым). В результате расчёт всех переходных процессов в многосвязных электроприводах может продолжаться несколько минут. Если использовать упрощённые методы оценки динамики расчета функциональных блоков многосвязных электроприводов, расчёты ускорятся на 2...3 порядка, а погрешность оценки увеличится до 5...15%. Оба эти варианта – длительные расчёты при высокой точности и малая точность при быстрых расчётах – не приемлемы. Работу многосвязных электроприводов можно условно разбить на несколько этапов: разгон, установившийся режим, торможение, переход на следующий режим. Для всех многосвязных электроприводов начало процесса имеет большое значение, так как в этом случае динамическая ошибка велика и необходимы точные расчёты. На всех этапах разгона, позиционирования и торможения требования к точности расчётов существенно повышаются, так как ошибка начинает быстро уменьшаться и собственно в данном случае проявляются прецизионные свойства электропривода. Напрашивается решение: на тех этапах, где не нужна высокая точность (и отработки, и расчётов), следует использовать наиболее простые модели и «быстрые» методы численного

интегрирования, а на заключительном этапе следует использовать точные модели и методы. Это означает, что система моделирования и сама модель должны быть с изменяющимися структурой и параметрами. Воздействовать на систему моделирования можно в режиме ручного компьютерного управления, наблюдая за переходным процессом и вмешиваясь в его ход на соответствующих этапах, а можно поручить эту задачу самой системе моделирования, введя соответствующий блок настройки. Тогда система моделирования становится самонастраивающейся с элементами адаптации.

Список литературы

1. Филаретов В.Ф., Юхимец Д.А., Мурсалимов Э.Ш. Информационно-управляющая система для мобильных роботов // Автометрия. 2015, Т. 51. № 5. – С. 92 -100.
2. Филаретов В.Ф., Юхимец Д.А., Мурсалимов Э.Ш. Особенности использования программной среды *Matlab* для визуального моделирования движений многозвенных манипуляторов // Мехатроника, Автоматизация, Управление. 2010, № 9. – С. 66 -71.

TO THE SYNTHESIS OF MULTIPLY CONNECTED ELECTRIC DRIVES OF THE ROBOTECNICAL COMPLEX OF PACKAGING OF MEDICINAL PREPARATIONS

N.V. Khasanova, O.Z. Khazanov, N.V. Karelina

Russia, Ufa State Aviation Technical University

Abstract: The principles of organization of optimal in terms of the speed of control of multiply connected electric drives on the basis of the dynamic programming method are given, recommendations for performing dynamic acceleration (braking) with steady speed with variable rate for multiply connected electric drives of the robotic complex of drug packaging are given.

Keywords: multiply connected electric drives, conveyors of the robotic complex, dynamic programming method.

References

1. Filaretov V., Yukhimets D., Mursalimov E. Information-control system for mobile robots // Autometry. 2015, Vol. 51.No. 5.- p. 92 -100.
2. Filaretov V., Yukhimets D., Mursalimov E.Features of the use of the Matlab software environment for visual modeling of movements of multi-link manipulators // Mechatronics, Automation, Control. 2010, No. 9.- p. 66 -71.