

## ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

УДК 62.83.52

**В. А. Селиванов, канд. техн. наук, доц.**

### **К ВОПРОСУ ПОСТРОЕНИЯ БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩИХ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОПРИВОДА**

Рассмотрены системы автоматического управления малофазными тиристорными электроприводами. Их основной задачей является улучшение динамических характеристик, что достигается применением адаптивных регуляторов тока и скорости, а при наличии нестационарных узлов применением адаптивных устройств на уровне самонастраивающихся систем. Анализ различных методов описания систем управления электроприводами показывает перспективность методов идентификации, в которых процесс определения математического описания основан на обработке контролируемых входных и выходных сигналов.

Современные электрические приводы являются самыми сложными нелинейными системами автоматического управления. Поведение таких систем в переходных и установившихся режимах описывается эквивалентными математическими моделями в виде нелинейных дифференциальных, интегральных, разностных и алгебраических уравнений. Теоретические методы получения математического описания (модели) сложной системы электропривода встречаются зачастую непреодолимые трудности.

В действительности многие электромеханические объекты характеризуются существенной нестационарностью коэффициентов и параметров в описании движения. К таким системам относятся намагничивающие и перемгничивающие устройства, момент инерции, и, соответственно, электромеханическая постоянная времени может измениться в 3...5 раз.

Параметры некоторых объектов управления с упругой механической связью (подъемники, антенны и др.) и транспортируемым упругим материалом (бумага, пленка, корд, резина и т. д.) в различных режимах могут изме-

няться в десятки раз.

Кроме вышеизложенных, имеются и другие факторы, обуславливающие изменение параметров по довольно сложным и, чаще всего, неопределенным законам. Сюда относится скачкообразное изменение параметров в токовом контуре при переходе из непрерывного режима в прерывистый и, наоборот, в контуре скорости после замены какого-либо узла или испытаний на объекте различных образцов механизмов и т. п. Такие системы описываются уравнениями движения с неопределенно-изменяющимися коэффициентами. Здесь можно установить или предположить определенными лишь пределы изменения нестационарных коэффициентов.

В таких условиях возникает проблема стабилизации динамических свойств или приведение к оптимальному состоянию инерционностей системы. Введением дополнительных корректирующих связей можно отчасти решить эту проблему, но в большинстве случаев такой подход связан с заметным усложнением, трудностями реализации и снижением надежности системы в целом. В связи с этим по мере повышения требований к динамическим свойствам

регулируемых систем электропривода это становится нецелесообразным.

Необходимо отметить трудности, а иногда и недоступность измерения некоторых координат движения и наличие перекрестных связей в упруговязких системах с времяпеременными параметрами, которые дополнительно усложняют задачу оптимизации динамических систем электропривода.

Рассматривая подобные системы как системы с неполным объемом априорной информации, целесообразно дополнять тиристорные схемы электропривода с подчиненными контурами не только адаптивными регуляторами, но и введением дополнительных (желательно унифицированных) контуров или устройств адаптации. Следовательно, адаптивные контуры будут наиболее целесообразны для существенно нестационарных электрических приводов, особенно при частых изменениях входных сигналов и строгих ограничениях на переходные процессы (форму, длительность).

Реализация задачи адаптивного управления при неизменной исходной структуре системы электропривода позволит создать дополнительную автоматическую систему допустимой сложности в виде контуров адаптации на уровне самонастраивающихся систем, которые обеспечат требуемое качество управления.

Разработка методики синтеза системы управления электроприводом и сравнительный анализ возможных алгоритмов управления велись применительно к унифицированному контуру системы любого класса. Считалось, что число переменных параметров не ограничено в пределах реальной сложности системы, а время перестройки их должно быть не более времени реального переходного процесса в эталонной модели на скачкообразное управление.

Анализируя различные методы описания систем управления электро-

приводами, наиболее перспективными следует признать методы идентификации, в которых процесс определения математического описания основан на обработке контролируемых входных и выходных сигналов.

Вопрос построения точных математических моделей наиболее остро встал в последнее время в связи с интенсификацией технологических процессов и необходимостью повышения точности регулирования. Разработка методов идентификации систем электропривода позволяет повысить точность результатов как математического моделирования, так и других методов расчета и распространить их на исследование динамики промышленных установок на стадии проектирования, наладки и эксплуатации, что позволит сократить эксперимент, увеличить точность и объективность результатов, полнее использовать экспериментальную информацию и повысить темпы исследований [1–3].

Широкое использование теории идентификации применительно к системам электропривода является достаточным условием, характеризующим целесообразность и актуальность дальнейших исследований. Достижение высоких качественных показателей работы САУ электроприводами возможно при совершенствовании методов их проектирования и максимальном учете реальных технологических условий.

Одним из наиболее перспективных направлений развития инженерных методов настройки промышленных систем управления электроприводами является разработка алгоритмических поисковых методов. Применение методов идентификации позволит полнее использовать информацию о действительных характеристиках объекта за счет экспериментального получения текущей информации, свойствах всей системы в целом на каждом шаге итеративного процесса оптимизации.

Опыт эксплуатации сложных нелинейных систем электропривода показывает, что в процессе работы их необходимо подналадивать как в зависимости от условий эксплуатации, так и во времени. Анализ ряда систем электропривода показывает, что отсутствие методов оперативной подналадки уменьшает надежность электрооборудования и, соответственно, предприятия несут значительный экономический урон за счет ремонта и простоев электроприводов.

На основании вышеизложенного возникает необходимость разработки экспериментальных методов определения динамических параметров системы электропривода в режиме нормальной эксплуатации и на основе этих методов – аппаратуры для определения параметров системы электропривода в режиме наладки и эксплуатации. Это позволит составить классификацию типовых звеньев и ускорить проектирование и разработку электроприводов. Кроме этого, методы идентификации позволяют осуществить косвенный замер физических величин, недоступных непосредственному измерению, – контроль температуры обмоток машин, работающих в ПВ – режимах, нестационарные моменты сопротивления на валу машины, косвенное определение различных возмущающих воздействий с количественными характеристиками, измерение различных параметров обрабатываемых деталей непосредственно в технологическом процессе и т. п.

Особенно затрудняют построение системы управления изменения характеристик управляемых объектов в процессе функционирования. Например, преобразователи без уравнивающих токов находят ограниченное применение вследствие разной величины эквивалентной постоянной времени контура регулирования тока в режимах прерывистого и непрерывного токов. Коэффициент усиления тиристорного преоб-

разователя в зоне прерывистых токов уменьшается по нелинейному закону. В этих условиях преобразователь представляет собой существенно нелинейную систему с переменными параметрами. Особенно это важно в системах управления тиристорным электроприводом с точным регулированием скорости вращения машины.

Современное развитие техники характеризуется широким использованием самонастраивающихся систем с изменяющимися в процессе функционирования законом управления и характеристиками элементов. Основным свойством таких систем является адаптация к внешним проявлениям среды и внутренним изменениям, которые вызывают отклонение системы от ее оптимального состояния. В устройствах управления автоматически анализируется информация, получаемая от управляемого процесса, и автоматически синтезируется закон управления. Для самонастраивающихся систем управления задача определения динамических характеристик объекта имеет большее значение, чем для обычных. Эти характеристики в процессе работы должны измеряться непрерывно или через малые промежутки времени в режиме нормальной эксплуатации. Чем выше скорость самонастройки, тем выше производственные показатели системы и механизма.

Однако применение линейных корректирующих устройств имеет ограниченные возможности в получении качественных динамических характеристик и точности процессов управления в автоматических системах. Хуже обстоит дело в системах, основная структура которых содержит сопутствующие нелинейности. В связи с этим стали применяться нелинейные корректирующие устройства (НКУ), обеспечивающие более высокую точность и быстродействие систем, высокую помехозащищенность и надежность.

Однако принципиально ограниченные динамические показатели тиристорных преобразователей (ТП) исключают возможность коррекции средствами управления их частотных характеристик с целью повышения быстродействия при сохранении основных принципов импульсно-фазового управления. Некоторое улучшение частотных свойств ТП вблизи граничной частоты может быть достигнуто коррекцией системы управления. Это не расширяет полосы пропускания ТП, а лишь улучшает форму АФЧХ и ослабляет влияние некоторых нежелательных особенностей ТП [4].

Такая коррекция позволяет полнее использовать предельное быстродействие ТП.

На основании вышеизложенного в процессе создания высокоточных и быстродействующих систем управления электроприводами постоянного тока, основная структура которых содержит инерционные и нелинейные звенья, сталкиваются со следующими задачами:

а) с необходимостью компенсировать инерционности звеньев основной структуры, которые определяют быстродействие системы в целом;

б) с необходимостью исключить влияние нелинейностей звеньев основной структуры, которые зачастую приводят к появлению автоколебаний в замкнутых системах, искажению основной информации, передаваемой системой, а также существенно влияют на качество переходных процессов в системе управления;

в) с задачей компенсации возмущений, действующих на систему управления.

Анализ существующих способов компенсации инерционностей в линейных системах и инерционностей и нелинейностей в нелинейных системах управления показал, что во многих слу-

чаях компенсирующие устройства физически трудно реализуемы, отсутствует достаточно простая методика их выбора и определения параметров элементов этих устройств, а линейные устройства компенсации основной структуры вообще неприемлемы для нелинейных систем управления. Особенно остро проблема стоит при проектировании сложных систем управления, содержащих в своей структуре несколько нелинейных инерционных звеньев. Эти трудности требуют нового подхода к созданию высокоточных и быстродействующих систем управления электроприводами постоянного тока.

Следовательно, для создания высокоточных и быстродействующих электроприводов необходимо: построение точных математических моделей системы электропривода совместно с объектом управления в связи с интенсификацией технологических процессов и необходимостью повышения точности регулирования; разработка методов идентификации систем электропривода с целью повышения точности как математического моделирования, так и других методов расчета и распределение их на исследование динамики промышленных механизмов на стадии проектирования, наладки и эксплуатации; определение оптимальных законов управления системой управления электроприводом, на их основе построение корректирующих устройств, применение которых в нелинейных, нестационарных системах позволит обеспечить независимость динамических свойств системы от параметрических возмущений, присущих исполнительному устройству и объекту управления; разработка методики синтеза подобных устройств, которые с минимальными погрешностями будут воспроизводить входной сигнал на выходе системы управления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Бесекерский, В. А.** Теория систем автоматического управления / В. А. Бесекерский, Е. Н. Попов. – СПб. : Профессия, 2003. – 752 с. : ил.

2. **Александров, А. Г.** Оптимальные и адаптивные системы / А. Г. Александров. – М. : Высш. шк., 1989. – 263 с. : ил.

3. **Куропаткин, П. В.** Оптимальные и адаптивные системы / П. В. Куропаткин. – М. : Высш. шк., 1980. – 287 с.

4. **Перельмутер, В. М.** Системы управления тиристорными электроприводами постоянного тока / В. М. Перельмутер, В. А. Сидоренко. – М. : Энергоатомиздат, 1988. – 304 с. : ил.

Белорусско-Российский университет  
Материал поступил 25.03.2011

**V. A. Selivanov**

**On the question of constructing  
high-speed electric drive systems**

Consider a system of automatic control of small-phase SCR electric drives. Their main task is to improve the dynamic performance that is achieved by using adaptive regulators of current and speed, and in the presence of transient nodes using adaptive devices at the level of autonomic systems. Analysis of various methods for describing control systems of electric shows promising methods of identification, in which the process of determining the mathematical description is based on the controlled processing of input and output signals