

НОВЫЕ КЛЕММНЫЕ МОДУЛИ УПРАВЛЕНИЯ ДВИГАТЕЛЯМИ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Компания Beckhoff

Модули управления позиционированием, входящие в линейку системы ввода/вывода Beckhoff, являются экономичной альтернативой приводам. Через соответствующие модули можно управлять двигателями постоянного тока, шаговыми двигателями и гидравлическими клапанами. ПО TwinCAT позволяет легко интегрировать двигатели и клапаны в систему управления. Представлен обзор новых модулей по управлению позиционированием двигателей, рассматриваются принципы действия двигателей, области применения, а также преимущества и недостатки различных типов электродвигателей.

Процессы управления и позиционирования при работе с промышленным оборудованием становятся все более сложными и трудно обозрваемыми с точки зрения пользователя. При всех преимуществах децентрализованного подхода к управлению промышленными системами в данном случае оптимальным является использование централизованной системы, во главе которой установлен мощный промышленный компьютер, где все процессы работают параллельно. С помощью Ethernet и шины PB EtherCat в такой системе достигаются необходимые скорости передачи данных. Новые приводные решения фирмы Beckhoff от компактных шинных электронных модулей ввода/вывода до сервоусилителей (рис. 1) позволяют управлять различными моторами в упрощенной форме. Благодаря специализированному ПО TwinCAT System Manager разработка системы сокращается до минимума, кроме того, имеется возможность устанавливать в одном приложении мотор постоянного тока, шаговый двигатель и сервомотор. ПО TwinCAT предоставляет возможности однотипного управления и параметрирования всех устройств, присутствующих в системе. Например, воздействие на клавишу мыши синхронизирует шаговый двигатель с двигателем постоянного тока, предусмотрена возможность ввода понижающего или повышающего коэффициента угловой скорости.

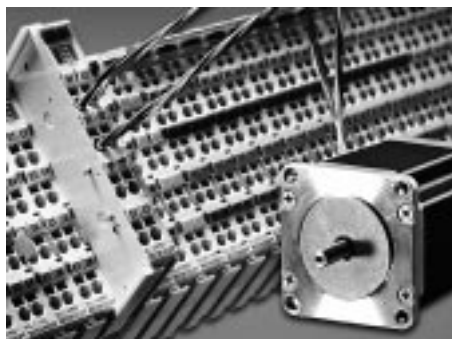


Рис. 1

Двигатели постоянного тока, присоединяемые к системе ввода/вывода

Два новых модуля ввода/вывода фирмы Beckhoff KL2532 и KL2542 шириной в 12 мм могут непосредственно подавать напряжение на двигатели постоянного тока. Модуль KL2542 может управлять двумя двигателями постоянного тока по 175 Вт (24 В) каждый. Малое сопротивление при включении и минимизированные потери мощности при переключении современных транзисторов позволяют достигать КПД до 99%.

Двигатели постоянного тока с постоянными магнитами имеют малые габариты и, обладая высокой удельной мощностью и динамикой, используются для малых приводных систем. Новые модули для управления двигателями постоянного тока могут выполнять как функции приводов, так и решать серво-

задачи. Двигатель постоянного тока подключается к модулю ввода/вывода только двумя проводами. Модулю известно значение номинального тока двигателя. В зависимости от задач можно через модуль ввода/вывода устанавливать различные параметры двигателя, например, максимальное пиковое значение тока, скорость вращения, внутреннее сопротивление двигателя, ускорение. Модуль KL2542, рассчитанный на подключение двух двигателей постоянного тока до 175 Вт каждый, рассчитан для рабочего напряжения 50 В и может выдавать ток на каждый двигатель по 3,5А. Краткие пиковые значения тока также допускаются и позволяют добиваться быстрого ускорения двигателей. В модуле KL2542 предусмотрена возможность подключения относительного энкодера для каждого из двигателей. Таким образом, в модуле управления двигателем имеются все интерфейсы для взаимодействия с ПО управления позиционированием и механикой TwinCAT.

Модули позиционирования с широтно-импульсным выходом тока

В промышленном оборудовании часто используется магнитное воздействие, когда электромагниты преобразуют ток в магнитную силу. Магнитные клапаны управляют, например, подачей воды, нефти или воздуха. В идеальном случае зависимость между силой тока и желаемым магнитным воздействием носит линейный характер. Но в реальных условиях это не всегда так. Отрицательное воздействие на систему может оказывать напряжение питания; кроме того, колебания нагрузки других потребителей в одном сегменте сети ощущаются в полной мере на управляемой нагрузке. Нежелательные изменения происходят в системе также в результате нагрева обмотки тока, что приводит к возрастанию сопротивления и, как следствие, падению силы тока. Единственным выходом из этой ситуации является непосредственное управление током. В этом случае быстрые колебания напряжения питания также, как и медленный дрейф сопротивления обмотки не оказывают влияния на силу тока.

Оба новых модуля KL2535 и KL2545 выдают управляемое значение силы тока в ответ на заданное че-

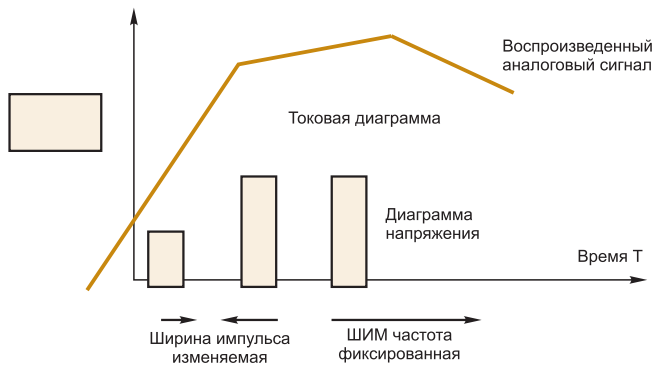


Рис. 2. Воспроизведение аналогового сигнала с помощью широтно-импульсной модуляции (ШИМ) Показано воспроизведение хода аналогового сигнала через относительную длительность прямоугольного импульса внутри заданного такта (периода), который должен быть тем короче, чем динамичнее процесс. ШИМ применяется в электротехнике, например для дискретного управления пропорциональными клапанами и электромагнитами. При прохождении каждого импульса в катушке возникает средний ток, который подается только во временной интервал, равный длине импульса/паузы. Преимущества метода заключается в значительном уменьшении рассеиваемой мощности дискретного шим-модуля (почти не нагревается) по сравнению с аналоговым модулем (нагревается)

рез промышленную шину значение уставки. Широтно-импульсные сигналы тока на выходе модулей (рис. 2) позиционирования позволяют осуществлять управление гидравлическими клапанами (простыми и двухобмоточными), электромагнитами или диммерами для управления освещением. Модуль KL2535 может подавать ток длительной нагрузки до 2x1 А двум независимым потребителям. Более мощный модуль KL2545 выдает ток длительной нагрузки до 2x3,5 А двум независимым потребителям. Оба модуля позволяют краткосрочно выдавать ток перегрузки в 40%. Напряжение питания модуля (24 В) подводится к KL2535 через силовые контакты, также модуль KL2545 можно питать дополнительным напряжением в интервале 8...50 В. Высокая тактовая частота ШИМ в 35 кГц гарантирует быструю реакцию и хороший уровень регулирования системы. Высокая частота ШИМ сигнала позволяет использовать обмотки с малой индуктивностью в исполнительном устройстве. Это позволяет достигать быстрой реакции клапана при малых габаритах его магнитной катушки.

Электромагниты и особенно гидравлические клапаны часто обладают выраженной скачкообразной зависимостью силы тока от ее воздействия на процесс, т.е. силой трогания. Это связано с присутствием в системе ощутимого трения поршня. Сила, которая приводит в движение поршень, должна преодолеть силу трения, что отрицательно сказывается на характеристиках регулирования всего приложения в целом. При невыгодных граничных условиях выходной сигнал контура регулирования может опережать реальное смещение исполнительного механизма в момент начала движения, что может привести к автоколебательному процессу. Этот эффект выражается в

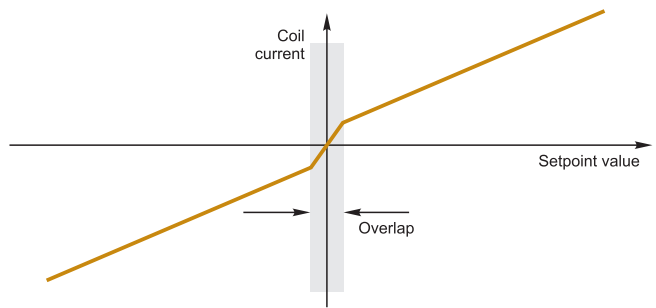


Рис. 3. Характеристическая кривая тока обмотки в клапане Эффект перекрытия предотвращает линейный ход вблизи нулевой точки, при этом малое изменение уставки не влияет на изменение расхода жидкости. Путем подачи в систему тока постоянного смещения удается добиться более линейного регулирования изменения расхода вблизи нулевой точки. Величина зоны перекрытия является свойством клапана и зависит от его типа

виде прерывистого движения особенно при малых скоростях. Широтно-импульсные выходные сигналы могут противопоставить этому эффекту наложение сигнала с избирательной частотой и амплитудой, заставляющего клапан слегка колебаться. Если частота выше резонансной частоты системы, что нужно контролировать, это наложение позволяет достичь требуемой управляемости контура регулирования. Гистерезисная кривая клапана в достаточной степени компенсируется. Для клапана нулевая точка является с позиции регулирования самой критичной. Чтобы клапан надежно плотно закрывался, у него часто есть некоторое перекрытие (рис. 3). То есть первый сигнал еще не вызывает ответного действия со стороны клапана, и только после последующего сигнала клапан начинает открываться и пропускать поток. Модули KL2535 и KL2545 поддерживают компенсацию такого поведения клапана. Задание уставки из вышестоящего контура регулирования, таким образом, может воздействовать линейно на объемы потока. Загружаемые через управляющую шину уставки (максимальное пиковое значение тока и номинальный ток) позволяют настраивать модули позиционирования под приложение. Эти параметры совместно с программой управления можно сохранять, что позволяет безошибочно воспроизводить работу приложения. В сервисном случае потребуются только замена аппаратного обеспечения. Все параметры восстанавливаются автоматически из программы, т.е. не требуется устанавливать DIP-выключатели или оптимизировать потенциометры. Централизованное сохранение данных является более простым, чем сохранение установок множества различных приборов и их документирование. Для оптимизации приложения новые модули можно конфигурировать с помощью программы KS2000. ОС Windows работает на каждом ПК и с помощью SoftPLC TwinCAT можно связываться через промышленную шину с соответствующим узлом сети, который является шлюзом между модулями ввода/вывода и промышленной шиной. При работе с KS2000 узел сети информационно соединяет модуль

Таблица. Сравнительные характеристики двигателей

Параметры сравнения	Шаговый двигатель	Двигатель постоянного тока	Серводвигатель
Управляющая электроника и ПО	Простая – прямое микропроцессорное управление в открытом контуре регулирования	Сложная – обратная связь через энкодер/тахометр, необходима для точного регулирования	Сложная – нужен энкодер, нелинейная статическая характеристика
Коммутация	Сложная – требуется электронная коммутация	Простая – обмотки коммутируют самостоятельно	Сложная – требуется электронная коммутация
Техобслуживание	Не требуется менять щетки	Износ щеток требует постоянного обслуживания при длительной эксплуатации	Отсутствие щеток, малая нагрузка на подшипник
Нагрев двигателя	Высок вследствие непрерывного тока в обмотке	Мал, вследствие отсутствия тока в целевой позиции	Мал, зависит от тока
Крутящий момент и количество оборотов	Полный крутящий момент при малых оборотах, с увеличением оборотов момент быстро падает	Большой крутящий момент при высоких оборотах	Почти линейная зависимость силы и хода скорости
Динамика (скорость и ускорение)	Меньше	Больше	Хорошее ускорение, высокие скорости
Резонанс	Вибрация при определенных частотах может создавать проблемы при ускорении. Мини-ход шага уменьшает проблему	Легкоходное спокойное движение во всей динамичной области	В дальнем диапазоне динамики спокойный ход
Серво-согласование	Не требуется	При сложной системной динамике может потребоваться ПИД-согласование	Необходим ПИД регулятор
Целевая позиция	Достижение целевой позиции без отклонений, стабильное позиционирование по причине естественного торможения, при высоких оборотах целевая позиция в открытом контуре регулирования может быть не достигнута	Достижение целевой позиции с коррекцией ошибок в закрытом контуре регулирования. оррекция ошибок позиционирования при неправильном ПИД-согласовании, возможны отклонения	Высокая скорость, малые длины шага, нет мертвого хода, хорошая точность повторения также и при большой нагрузке

ввода/вывода с ПК. Установленные параметры сохраняются в модулях ввода/вывода и не изменяются при пропадании напряжения. С помощью KS2000 можно также восстановить исходные заводские параметры. Электроприводы на сегодняшний день уже нельзя рассматривать отдельно от приложений, а только в аспекте их привязки к общей систему автоматизации. С помощью TwinCAT System Manager объем установки сокращается до минимума. Интерфейсы почти идентичны и не требуют большого числа параметрирования. Приводы с изменяемой скоростью вращения вала используются почти во всех областях промышленности, так как такие системы обладают выгодным КПД, характеризуются хорошими статическими и динамическими свойствами регулирования и коммуникации с вышестоящим уровнем управления, а цена решения удовлетворяет ожидания пользователей. Новые сервоприводы позволяют создавать компактные и энергосберегающие решения, обладающие динамичным регулированием, стабильным крутящим моментом и возможностью управления вплоть до останова. Для позиционирования лучше всего подходят сервомоторы, объединяющие двигатель и систему измерения числа и угла оборотов. В более экономичных и менее динамичных приложениях альтернативой может выступать шаговый двигатель. Двигатель постоянного тока позволяет достигать в нижнем мощностном диапазоне хорошее регулирование при низких затратах. Пригодность привода оценивается по создаваемому крутящему моменту и динамике. Крутящий момент должен ускорять и тормозить связку из двигателя и передаточного механизма и, кроме того, он должен двигать нагрузку с постоянной скоростью. Максимальный момент M_{max} и удерживающий момент или расчетная величина

момента характеризуют способность мотора выполнить этих требований. Числовой показатель динамики серводвигателя можно получить из теоретической пропорциональности инерционного момента J_M к моменту разгона. Максимально возможная динамика D_{max} рассчитывается по формуле: $D_{max} = M_{max} / J_M$.

Двигатели постоянного тока, шаговые и серводвигатели: принцип действия

Основным различием между двигателями постоянного тока и шаговыми двигателями является различный принцип действия (таблица). У двигателя постоянного тока при подаче напряжения возникает крутящийся момент и ротационное движение, у шагового двигателя – только крутящийся момент. Предпосылкой для ротационного движения мотора является коммутация тока, т.е. преобразование направления тока электромагнитной обмотки в процессе вращения. Двигатели постоянного тока с щетками являются самокоммутирующими, шаговый двигатель не может самостоятельно коммутировать. Существуют три вида шаговых двигателей: с постоянным магнитом, с изменяемым магнитным сопротивлением и двигатели-гибриды. Серводвигатель – это синхронный двигатель с ротором в виде постоянного магнита. Таким образом, серводвигатель можно было бы отнести к трехфазным шаговым двигателям с очень малым числом шагов.

Шаговые двигатели работают по принципу магнитного притяжения и отталкивания, то есть электрические импульсы преобразуются в механическое вращение вала. Угол поворота пропорционален числу входных импульсов и скорость вращения зависит от частоты импульсов. Обычно у шаговых двигателей есть постоянный магнит и/или железный ротор и статор. Крутящийся момент, необходимый для враще-

ния вала шагового двигателя, создается коммутацией токов двух секций обмотки.

Основные преимущества от использования шаговых двигателей: естественный удерживающий момент; не требуется система обратной связи. К недостаткам можно отнести слегка прерывистое вращение двигателя.

Двигатели постоянного тока со щетками в основном состоят из цилиндрического ротора с обмотками, расположенными перпендикулярно оси цилиндра. Взаимодействие между катушками и магнитным полем статора, возникающее при подаче напряжения, приводят ротор в движение. Для получения легкоходного непрерывного движения с постоянным крутящим моментом нужно держать постоянным направление полей ротора и статора. По этой причине в роторе расположено несколько обмоток, электрическая коммутация которых происходит через две щетки. Отличительным признаком двигателей постоянного тока является их спокойный ход (без биений) при высоких оборотах. Двигатель постоянного тока вращается, пока ток проходит через его обмотки. Для точного и надежного позиционирования требуется обратная связь через энкодер.

Преимущества двигателей постоянного тока: высокая удельная мощность, хорошая динамика и регулируемость. Однако эти двигатели характеризуются ограниченными сроком службы.

Серводвигатель — это синхронный электрический двигатель переменного тока, обладающий обратной связью, которая позволяет определять положение ротора. Для этого вал двигателя должен иметь возможность вращаться в обе стороны. Обратный сигнал идет через датчик оборотов, например резольвер, относительный или абсолютный энкодер (реализуется через потенциометр). Электронное управление сравнивает сигнал от датчика оборотов с уставкой. Если есть расхождение, мотор крутит вал в сторону уменьшающую расхождение. Альтернативно положение мотора можно получать от датчика положения и сравнивать ее с уставкой. Серводвигатели используются в приложениях, требующих контролируемого перемещения, например, в линейных позиционируемых осях. В определенном объеме серводвигатели заменяемы на шаговые, но если требуются более высокие крутящие моменты или обороты, серводвигатели являются более правильным решением. Сервомото-

ры управляются тремя широтно-импульсными напряжениями, ширина импульса которых создается трехфазным током. Эти токи регулируются циклически, и у большинства двигателей каждые 62,5 мкс. Уставки тока зависят от угла поворота и нагрузки.

Обзор модулей управления позиционированием

Линейка клеммных модулей (рис. 3) предлагает различные возможности интеграции приводных функций в систему ввода/вывода Beckhoff.

Шаговые двигатели:

- KL2531 — модуль управления двухфазным шаговым двигателем 24 В DC, 1,5 А;
- KL2541 — модуль управления двухфазным шаговым двигателем 24/48 В DC, 5 А, Encoder-обратная связь;
- KL2521 — модуль-генератор импульсов.

Двигатели постоянного тока:

- KL2532 — двухканальные модули управления двигателем постоянного тока, 24 В DC, 1 А;
- KL2542 — двухканальные модули управления двигателем постоянного тока, 50 В DC, 3,5 А.

Гидравлические клапаны/электромагниты:

- KL2535 — двухканальный ШИМ-модуль, 24 В DC, 1 А;
- KL2545 — двухканальный ШИМ-модуль, 50 В DC, 3,5 А

Расширенные возможности ШИМ модулей: значение подводимого напряжения может быть выбрано в диапазоне 8...50 В; замер температуры на выходе; оповещение при превышении температуры; вход датчика относительного положения; параметрируемое значение включения и напряжения смещения; устанавливаемое наложение сигналов; компактный конструктив; малая мощность потерь; высокая тактовая частота регулирования тока; возможность использования малой индуктивности.

Стандартные возможности модулей управления двигателями постоянного тока: прямое подключение двух двигателей постоянного тока; левый/правый ход; регулирование тока, числа оборотов; светодиодная индикация состояния.

Расширенная функциональность модулей управления двигателями постоянного тока: контроль температуры; IxR-компенсирование; 4-квadrантный режим; защита от короткого замыкания; параметрирование через ПО; интерфейсы ко всем распространенным промышленным шинам; высокая тактовая частота, малая индуктивность двигателя.

Контактный телефон (095) 980-80-15. E-mail: info@beckhoff.ru [Http://www.beckhoff.ru](http://www.beckhoff.ru)

Удачный запуск в Новом Уренгое

В конце 2006 года в г. Новом Уренгое была сдана в эксплуатацию новая разработка отдела НИОКР ОАО "Новая ЭРА" — комплектное пусковое устройство КПУ. Данное оборудование разрабатывалось по заказу ОАО "Звезда-Энергетика" и предназначалось для реакторного пуска асинхронных двигателей мощностью 630 кВт на насосной станции водоснабжения г. Новый Уренгой. Мощные насосы, установленные на насосной станции, должны обеспечивать водоснабжение всего города. Это

обусловило особые требования заказчика к надежности работы КПУ, которые удалось соблюсти разработчикам ОАО "Новая ЭРА". Приемочные испытания, в которых участвовали одни из разработчиков комплектного пускового устройства прошли успешно. Новая техника полностью удовлетворила представителей заказчика и эксплуатационников. Простота и надежность КПУ позволяют осуществлять его эксплуатацию электротехническим персоналом средней квалификации.

[Http://www.newelectro.ru](http://www.newelectro.ru)