

## ИНТЕГРИРОВАННЫЙ РЕГУЛЯТОР СКОРОСТИ.

### ПОДКЛЮЧЕНИЕ ШАГОВОГО ДВИГАТЕЛЯ К ШИННОЙ КЛЕММЕ

Компания Beckhoff

Новые модули для электроприводной техники создают компактное решение в сфере позиционного управления для шаговых двигателей мощностью до 200 Вт в микромодульном конструктивном исполнении. Клеммы для шаговых двигателей KL2531 и KL2541 предлагают выгодную с экономической точки зрения альтернативу дорогостоящим приводам. Обе шинные клеммы различаются по своему классу мощности.

Шаговый двигатель может быть сравнен с синхронным двигателем. Ротор выполнен как постоянный магнит, в то время как статор состоит из секционной обмотки. В отличие от синхронного двигателя шаговый располагает большим числом пар полюсов. При самом простом управлении шаговый двигатель переключается от полюса к полюсу или соответственно от шага к шагу.

Шаговые двигатели используются уже в течение многих лет. Они отличаются прочностью, легкостью управления и большим вращающим моментом. Возможность одновременного подсчета числа шагов во многих случаях применения позволяет сэкономить на дорогостоящей системе автоматического регулирования. Даже после увеличения распространения синхронных серводвигателей шаговый двигатель ни в коем случае не "ушел в прошлое", а считается технически совершенным и разрабатывается, как и прежде, чтобы уменьшить расходы и конструктивные размеры и повысить вращающий момент и надежность.

С разработкой шинных клемм KL2531 и KL2541 (рис. 1) перед системой ввода/вывода фирмы Beckhoff открываются новые сферы применения. Использование принципа Microstepping (разбивка шага двигателя на "микрошаги") и современной полупроводниковой технологии предлагает множество преимуществ: большая плавность хода, длина линий и простота в обращении; избежание резонансов; уменьшенное энергопотребление; незначительная термическая нагрузка двигателя; почти отсутствующее электромагнитное излучение; компактное конструктивное исполнение силовой электроники; простая интеграция в системы более высокого уровня; интегрированная система автоматического регулирования.

#### Два класса мощности для оптимального использования

Клеммы для шаговых двигателей KL2531 и KL2541 различаются по своему классу мощности. Шинная клемма KL2531 благодаря своему компактному конструктивному исполнению (только 12 мм) покрывает нижний диапазон мощностей. Через силовые контакты на двигатель подается управляющее напряжение =24 В. При пиковом токе до 1,5 А возможно подключать большое число небольших приводов и осей регулирования (рис. 2).

Благодаря KL2541 пользователь достигает следующего класса мощности, который уже представлен микромодульными сервоприводами. Благодаря пиковому току 5 А KL2541 может достичь значительного вращающего момента, что позволяет создавать вращающий момент 5 Нм на стандартном шаговом двигателе. Питательное напряжение до =50 В позволяет достичь

высоких скоростей вращения с хорошим вращающим моментом и, следовательно, высокой механической мощности в диапазоне до 200 Вт. KL2541 включает интегрированный интерфейс инкрементального энкодера при ширине модуля всего 24 мм (рис. 3).

Обе клеммы для шаговых двигателей выдают по два регулируемых тока с синусной/косинусной характеристикой. Регулирование тока происходит с частотой 25 кГц и позволяет достигнуть гладкой и безрезонансной временной диаграммы тока. Благодаря этому высокочастотные, слабоиндуктивные двигатели работают так же бесперебойно, как и шаговые двигатели с небольшой массой ротора. Разрешение по току составляет 64 шага на один период; 64-кратный Microstepping (рис. 4). Стандартный двигатель с шагом 1,8° имеет очень плавный ход и может устанавливаться в одну из 12800 электронных положений на один оборот. По опыту известно, что механически можно задавать приблизительно 5000 положений. Таким образом, типичные проблемы шаговых двигателей такие,

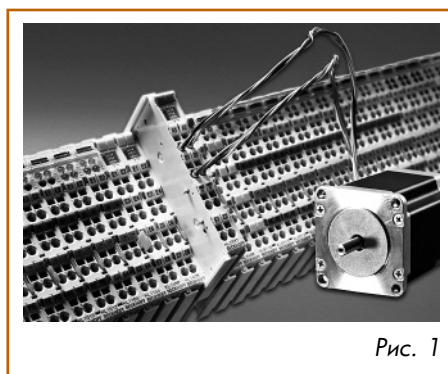


Рис. 1

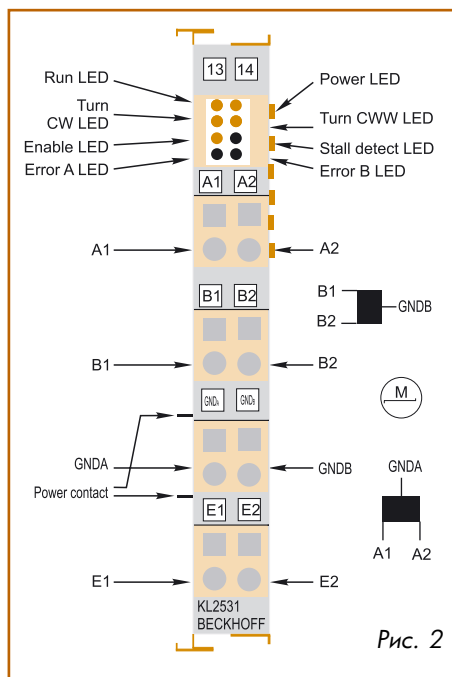


Рис. 2

как выраженный резонанс остались в прошлом. Применяя Microstepping и соответствующие диаграммы задаваемых параметров, ротор более не склонен к колебательным движениям вокруг каждого фиксированного положения. Может отпасть необходимость в механических мерах таких, как подавление резонансных колебаний или редукторов для повышения точности. Соответствующим образом уменьшаются расходы и усилия на разработку.

Кроме того, использование новых клемм для шаговых двигателей уменьшает время на разработку системы управления. Обе шинные клеммы возможно использовать как обычные шинные клеммы. Таким образом, может отпасть необходимость в программировании интерфейсов. Учет частоты старта и останова, а также быстрое прохождение резонансной частоты больше не требуется. Для простых задач позиционирования обе шинные клеммы могут автоматически позиционировать привод с учетом пилообразной характеристики ускорения и максимальной частоты.

Сегодня еще мало распространена возможность распознавания положения ротора по напряжению, возвращаемому шаговым двигателем. Шинные клеммы KL2531 и KL2541 имеют сигнал состояния, который с дискретизацией 3 бита отражает нагрузку двигателя. "Подлинное" регулирование положения с помощью такого типа системы автоматического регулирования выполнить невозможно. Но так как шаговый двигатель в принципе подчиняется своей системе управления и при перегрузке просто остается стоять, получается метод пригодный для применения на практике: до тех пор, пока двигатель не перегружен, он достигает предварительно заданного положения, одновременно рассчитываемое в шинной клемме – "О.К."

**Реализация более сложных задач позиционирования**

Более сложные задачи позиционирования можно реализовать с помощью ПО для автоматических систем управления TwinCAT фирмы Beckhoff. Обе шинные клеммы, как и другие оси, соединены через TwinCAT System Manager. Шаговые двигатели можно использовать как "обычные" сервооси. Своеобразные особенности шагового двигателя такие, как уменьшение заданной величины скорости вращения при слишком большой погрешности, автоматически учитываются благодаря опции "Ось шагового двигателя". Усилий на смену серводвигателя на шаговый двигатель и обратно затрачивается не больше, чем для TwinCAT при замене одной полевой шины на другую.

Выходные каскады клемм для шаговых двигателей имеют систему защиты от перегрузок в форме системы

предупреждения и отключения при перегреве. В комплексе с распознаванием короткого замыкания делают доступными данные диагностики в диаграмме процесса системы управления. Кроме того, это состояние наряду с другой информацией индицируется с помощью светодиодов шинной клеммы. Выходной каскад включается с помощью EnableBit (бита разрешения). Меняя значение его параметра можно настраивать и снижать ток двигателя.

Для оптимального согласования с двигателем и энергосбережения для конкретного случая применения не требуется больших затрат на программирование. В фазе тестирования ПО для параметризации KS2000 позволяет добиться быстрой и эффективной оптимизации. Так как все данные в форме параметров настраиваются программно, то можно просто заменить шинную клемму или сохранить однажды выработанные параметры и перенести в следующий проект. Перенос определенных настроек потенциометров и документирование всей "раскладки DIP-переключателей" окончательно остался в прошлом.

**Выбор шагового двигателя**

1. Определение требуемой точности позиционирования и обусловленного ею шага дискретизации. Сначала необходимо выяснить, как лучше достичь заданной точности. К ее повышению приводят использование механических понижающих передач таких, как ходовые винты, редукторы или зубчатые рейки. Следует также учесть 64-кратный Microstepping клемм для шаговых двигателей.
2. Определение масс и моментов инерции J всех элементов, которые должны перемещаться.
3. Расчет ускорения, которое

получается в результате временных требований перемещаемых масс.

4. Расчет возникающих усилий из-за масс, моментов инерции и соответствующих ускорений.

5. Перерасчет усилий и скоростей, действующих на ось двигателя, с особым учетом коэффициентов полезного действия, моментов трения и таких механических величин, как передаточное число. На практике привод рассчитывается, начиная с последнего звена в обратном порядке; как правило, это нагрузка. Каждый последующий элемент передает усилие и скорость и в результате трения приводит к последующим усилиям или вращающим моментам. На вал двигателя во время позиционирования действует сумма всех сил и вращающих моментов. Результатом является диаграмма изменения скоростей/вращающих моментов, которые должен создавать двигатель.

6. По механической характеристике необходимо рассчитать двигатель, который удовлетворяет мини-

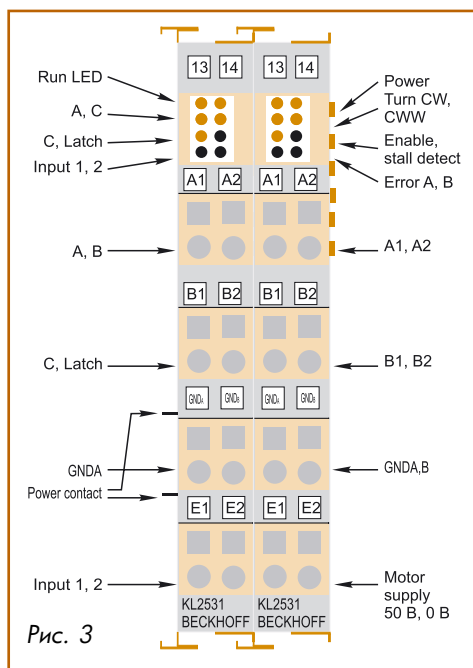


Рис. 3

мальным требованиям. Момент инерции рассчитанного двигателя необходимо прибавить ко всему приводу. Становится необходимой повторная проверка. Вращающий момент, чтобы гарантировать достаточную практическую надежность, должен быть рассчитан с запасом 20...30 %. Оптимизация может происходить в обратном направлении в том случае, если большая часть ускорения должна затрачиваться на момент инерции ротора. В этом случае необходимо рассчитывать как можно меньшие параметры двигателя.

7. Тест двигателя в реальных условиях применения: необходимо проконтролировать температуру корпуса при продолжительном режиме эксплуатации. Если расчеты не подтвердятся результатами теста, необходимо проверить правильность принятых за основу исходных величин и краевых условий. Важно также проверить краевые эффекты такие, как явления резонанса, люфт в механике, настройки максимальной рабочей частоты и крутизну пилообразной характеристики.

8. Для повышения мощности привода можно оптимизировать систему при помощи различных мер: выбор более легких материалов, полые корпуса, вместо сплошного материала, и уменьшение механической массы. Большое влияние на поведение привода оказывает система управления. Шинная клемма позволяет работать с различными питающими напряжениями двигателей. Крутящий момент можно увеличить при повышении напряжения. При этом в решающий момент коэффициент нарастания тока может создать повышенный вращающий момент, в то время как общее понижение тока значительно уменьшает температуру двигателя. В особых случаях может быть целесообразной специально подобранная обмотка двигателя.

**Параметры, характеризующие шаговый двигатель**

*Вращающий момент:* означает максимальный вращающий момент двигателя при различных значениях скорости вращения. В большинстве случаев для представления применяется диаграмма. Вращающий момент шагового двигателя в нижнем диапазоне скоростей вращения сравнительно высокий и во многих случаях применения позволяет непосредственное использование без дополнительного редуктора. Шаговый двигатель по сравнению с другими двигателями без больших затрат обеспечивает удерживающий момент, который по порядку величин сравним с вращающим моментом.

*Скорость вращения:* максимальная скорость вращения шагового двигателя небольшая и в большинстве случаев указывается как максимальная частота шагового перемещения.

*Число фаз:* обычными являются двигатели с числом фаз 2...5. Шинные клеммы KL2531 и KL2541 поддерживают 2-фазные двигатели. 4-фазные двигатели – это 2-фазные двигатели с отдельно выведенными концами обмотки, они могут непосредственно подключаться к шинной клемме.

*Номинальное напряжение, питающее напряжение и сопротивление обмотки:* в стационарном режиме номи-

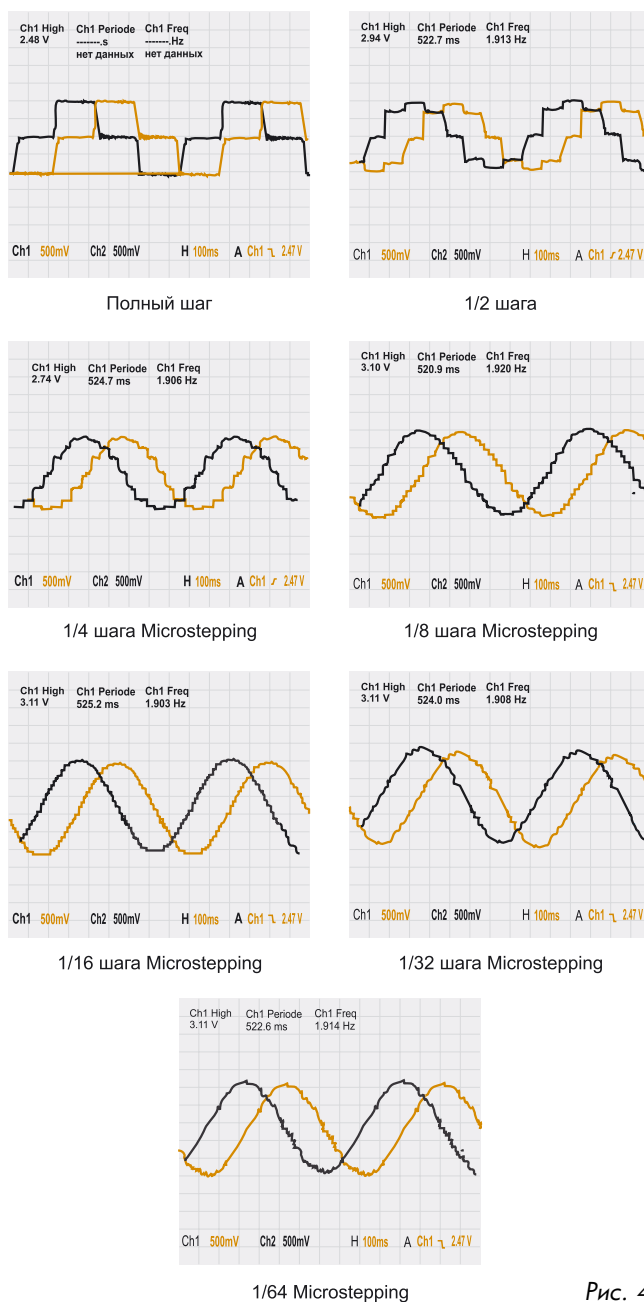


Рис. 4

нальный ток течет при номинальном напряжении в зависимости от сопротивления обмотки. Это напряжение не следует путать с питающим напряжением силового выходного каскада в шинной клемме. KL2531 и KL2541 подают отрегулированный ток на обмотку двигателя. При напряжении ниже номинального, силовой выходной каскад не может больше обеспечить ток в полном размере, следствием этого является падение вращающего момента. Следует стремиться к небольшому сопротивлению обмотки и высокому питающему напряжению для того, чтобы уменьшить нагревание и достичь как можно большего вращающего момента при высокой скорости вращения.

*Резонансная частота:* в определенных диапазонах скорости вращения шаговый двигатель имеет более или менее прерывистый, неровный ход. Этот феномен особенно выражен в том случае, если мотор работает

без присоединенной нагрузки; при определенных обстоятельствах он даже может остановиться. Причина заключается в резонансе. Принято различать резонансы в диапазоне нижних частот приблизительно до 250 Гц и диапазоне средних и высоких частот. Резонансы в диапазоне нижних частот в целом вызывают (кроме неровного хода) частично довольно значительное падение вращающего момента, вплоть до потери шага двигателя. На диаграмме работы двигателя резонанс можно видеть как провал вращающего момента. Этот тип резонансов специфичен для двигателя, и на него можно лишь незначительно влиять благодаря системе управления шаговым двигателем с помощью простых средств. При резонансах в диапазоне средних и высоких скоростей вращения тип и конструктивное исполнение системы управления шагового двигателя играет очень важную роль.

*Резонансы в диапазоне низких скоростей вращения* легко объяснимы и особенно неприятны из-за помех. Шаговый двигатель представляет собой систему, способную колебаться, которую можно сравнить с системой груз-пружина, состоящую из подвижного ротора с моментом инерции и магнитного поля, которое создает противодействующую силу на ротор. При отклонении и отпуске ротора создается затухающее колебание. Если частота управления совпадает с резонансной частотой, колебание усиливается так, что ротор при неблагоприятной ситуации больше не следует шагам и колеблется между двумя фиксированными положениями. Шинные клеммы KL2531 и KL2541 препятствуют этому эффекту благодаря свое-

му "обтекаемому профилю синусной/косинусной формы" почти во всех стандартных двигателях. Ротор не переключается от шага к шагу и больше не перекакивает в следующее фиксированное положение, это происходит за 64 промежуточных шага, т.е. ротор осторожно переходит от одного шага к следующему. Не происходит неожиданных провалов вращающего момента при определенной скорости вращения, и перемещение может осуществляться оптимально для конкретного случая применения. Благодаря этому двигатель можно полностью использовать даже в нижнем диапазоне скоростей вращения, характеризующемся большим вращающим моментом.

*Шаг* задает угол, пройденный двигателем. Типичными значениями являются 3,6°, 1,8° и 0,9°, что соответствует 100, 200 и 400 шагам на один оборот двигателя. Это значение в комплексе с включенным на выходе шагового двигателя редуктором является критерием точности позиционирования. По техническим причинам шаг нельзя произвольным образом уменьшать. Точность позиционирования может повышаться только механически с помощью редуктора. Элегантным решением для повышения точности позиционирования является Microstepping KL2531 и KL2541. Он позволяет достичь до 64-х промежуточных шагов. Меньший "искусственный" шаг имеет еще один положительный эффект: при одинаковой точности привод может перемещаться с более высокой скоростью. Сохраняется максимальная скорость вращения, хотя привод позиционирует на пределе механического разрешения.

*Контактный телефон (095) 980-80-15.*

*E-mail: info@beckhoff.ru Http://www.beckhoff.ru*

## INDUSTRIAL ETHERNET РАСКИДЫВАЕТ СЕТИ

### Компания "Ниеншанц-Автоматика"

Если 5 лет назад Ethernet занимал по разным оценкам 8...20% рынка сетей PB, то сегодня он используется в более 80% сетей LAN во всем мире. И хотя масштаб применения стандарта Industrial Ethernet еще не так значителен, прогнозы аналитиков и растущий интерес технических специалистов позволяют делать самые нескромные предположения о его перспективах. Это связано с тем, что уровень развития современного производства предъявляет все больше требований к промышленным сетям передачи данных. Среди многих параметров можно выделить несколько приоритетных направлений: увеличение объемов передаваемой информации, обеспечение совместимости устройств разных производителей, уменьшение времени реакции управляемого оборудования, снижение материальных и временных затрат на создание и использование систем автоматизации, а также повышенные требования к надежности техники, связанные с экстремальными условиями эксплуатации. Таким образом, в том случае, когда соблюдение технологии производства напрямую связано с безотказной и безошибочной работой компьютерного оборудования и локальной сети, применение стандарта Industrial Ethernet является оптимальным решением для предприятия.

Среди производителей сетевого оборудования стандарта Industrial Ethernet выгодно выделяется MOXA TECHNOLOGIES CO LTD (Тайвань), разработавшая передовую технологию Turbo Ring, позволяющую резервировать каналы связи при построении магистральных сетей на промышленных объектах.

Линейка коммуникационного оборудования MOXA стандарта Industrial Ethernet включает разно-

образные устройства от простых и компактных коммутаторов с минимальным набором дополнительных функций до полностью управляемых моделей, предназначенных для построения высоконадежных промышленных сетей PB. Кроме того, в этом классе решений MOXA реализует преобразователи Ethernet в оптоволокно и распределенные системы IP-видеонаблюдения.