

## Экономичная серия инкрементальных энкодеров DKS40

**В статье рассказывается о новой серии недорогих инкрементальных энкодеров от немецкой компании SICK-STEGMANN — широко известного в России производителя энкодеров, специально адаптированных для эксплуатации в составе отечественных производственных систем. Новая серия энкодеров DKS40 отличается уникальным соотношением цена/технические характеристики. Энкодеры DKS40 являются недорогими изделиями, цена которых сравнима с отечественными угловыми преобразователями.**

Олег ЛЫСЕНКО,  
к. т. н.

oleg.lysenko@sick-automation.ru

### Введение

Для решения всевозможных задач в различных областях науки и техники широко применяются угловые, или вращательные энкодеры — преобразователи информации об абсолютном или относительном угловом положении вала в кодовый цифровой сигнал.

Развитие различных технологий позволяет удовлетворять непрерывно растущие требования, предъявляемые к устройствам данного типа в плане точности, надежности, компактности и цены. Хотя разработано множество принципов эффективной работы угловых датчиков, в настоящее время одним из наиболее популярных типов устройств по-прежнему являются оптические энкодеры.

Достоинствами оптических энкодеров, как инкрементальных, так и абсолютных, является легкость монтажа, высокая степень защиты и нечувствительность к радиальным и аксиальным допускам и биениям, высокая помехоустойчивость при передаче сигнала по проводам значительной длины.

В данной статье рассматриваются оптические инкрементальные энкодеры, которые

наиболее популярны при решении промышленных задач автоматического управления в системах с обратной связью на основе импульсных управляющих сигналов TTL-типа.

При изменении углового положения вала относительно его исходного состояния, инкрементальные энкодеры вырабатывают выходной сигнал, представляющий собой последовательность импульсов прямоугольной формы. Количество импульсов на оборот (разрешающая способность) пропорционально изменению углового положения вала и может достигать 10000 импульсов на один оборот. Путем обработки сигнала от инкрементального датчика можно получить информацию о текущем значении угла поворота вала относительно опорной индексной отметки (методом последовательных приращений), а также об угловой скорости.

Главным недостатком инкрементальных энкодеров, с сравнением с абсолютными, является потеря инкрементальной угловой информации при сбоях питания (даже в системах с внешним относительно энкодера индексным каналом). Тем не менее, в системах с резервированием подачи питания данный недостаток является несущественным.

Если получение абсолютной информации об угловом положении не требуется, в подобных промышленных системах оптимальным будет использование именно инкрементальных однооборотных и многооборотных энкодеров, что позволяет экономить значительные средства. Напротив, применение высокоточных, сложных и дорогостоящих абсолютных угловых энкодеров в такой ситуации будет нецелесообразным.

### Позиционирование новой серии DKS40 от SICK-STEGMANN на рынке энкодеров

Одним из мировых лидеров по производству оптических угловых энкодеров является компания Stegmann, которая была приобретена компанией SICK AG в 2002 году. Компания Stegmann имеет мировую известность благодаря своей линейке промышленных энкодеров для тяжелых условий эксплуатации, и в настоящее время входит в тройку крупнейших в мире производителей промышленных энкодеров.

Ассортимент энкодеров, выпускаемых компанией SICK-Stegmann, представлен на рис. 1.

Выпуск новой экономичной серии инкрементальных энкодеров DKS40 — шаг компании в попытке занять новую нишу на рынке недорогих изделий. На рис. 2 показано позиционирование нового продукта среди существующих серий инкрементальных энкодеров в соответствии с основным критерием, которым является соотношение цена/технические характеристики.

Данный шаг компании преследует две маркетинговые цели:

1. Поиск новых заказчиков и сфер применения, где востребованы высокое качество инкрементальных энкодеров, минимально необходимый набор адаптированных технических характеристик и низкая стоимость;
2. Сохранение клиентуры существующих заказчиков: новые недорогие изделия пред-



Рис. 1. Ассортимент энкодеров от SICK-STEGMANN



Рис. 2. Позиционирование серии DKS40 на фоне серий инкрементальных энкодеров со стандартными (DGS60) и высокими (DRS60) техническими характеристиками

лагаются им на случаи, в которых технические характеристики энкодеров для ответственных применений серий DRS60 и DGS60 являются избыточными. Единственное, о чем необходимо помнить при выборе энкодера для предполагаемого решения с его помощью новой задачи — это то, что экономичная серия DKS40 и серии для ответственных применений предназначены для решения различных задач и занимают, соответственно, различные рыночные ниши.

**Технические характеристики**

Серия DKS40 (рис. 3) имеет следующие технические характеристики:

- разрешение до 2048 импульсов на оборот;



Рис. 3. Инкрементальный энкодер DKS40

- степень защиты IP64;
  - прочный штампованный цинковый корпус Ø50мм;
  - три различных электрических выходных интерфейса: выход с открытым коллектором NPN, TTL/RS422, HTL/push-pull;
  - универсальный восьми-жильный кабель длиной 0,5 м;
  - механический параметр: соединительный вал Ø8×13мм, крепление корпуса — торцевой фланец;
  - рабочий диапазон температур: 0–60 °С;
  - соответствует требованиям по электромагнитной совместимости согласно стандартам DIN EN 61000-6-2, DIN EN 61000-6-3;
  - соответствует требованиям по ударопрочности и виброустойчивости согласно стандартам DIN EN 60068-2-27 и DIN EN 60068-2-6.
- На рис. 4 проиллюстрирован процесс формирования оригинального кода, необходимого для заказа энкодера от компании SICK-SteGMANN.

Сначала из четырех возможных вариантов выбирается требуемый интерфейс (см. рис. 5 и 6):

- стандартный двухканальный интерфейс A, B с дополнительным индексным каналом Z, выходы с открытым коллектором NPN, питание  $U_s = 4,5 \dots 5,5$  В, нагрузка  $R_c = 1$  кОм, при  $U_s = 5$  В, высокий и низкий уровни

Point 1	Point 2	Point 3	Point 4	Point 5	Point 6	Point 7	Point 8	Point 9	Point 10	Point 11	Point 12	Point 13	Point 14
D	K	S	4	0	-		5	J					

<b>Electrical interface</b>	<b>Mechanical interface</b>	<b>Connection type</b>	<b>Number of lines</b>
4.5 ... 5.5 V, Open Collector NPN, 3-channel = P	Face mount flange, Solid shaft Ø 8 x 13 mm = 5	Cable 8 core, universal 0.5 m <sup>1)</sup> = J	Always 5 characters in clear text with leading zeros
10 ... 30 V, Open Collector NPN, 3-channel = R			
4.5 ... 5.5 V, TTL/RS422, 6-channel = A			
10 ... 30 V, HTL/push-pull, 6-channel = E			

Рис. 4. Формирование кода для заказа энкодера от SICK-STEGMANN

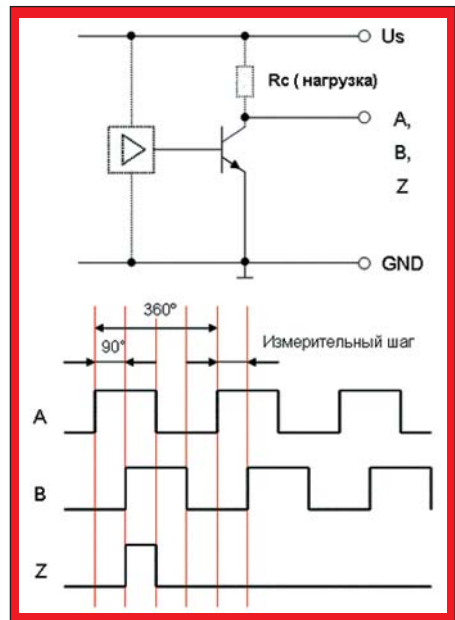


Рис. 5. Интерфейс с открытым коллектором (5 В или 24 В): A, B — выходы двух оптических каналов с фазовым смещением 90°, Z — нулевой (индексный) импульс

выходного сигнала  $U_{A(B,Z)_{High}} = 4,5$  В,  $U_{A(B,Z)_{Low}} = 0,4$  В, соответственно (рис. 5);

- стандартный интерфейс A, B, Z (см. выше), выходы A, B, Z с открытым коллектором NPN, питание  $U_s = 10-30$  В, нагрузка  $R_c = 10$  кОм, при  $U_s = 24$  В  $U_{A(B,Z)_{High}} = 23,5$  В,  $U_{A(B,Z)_{Low}} = 0,4$  В (рис. 5);

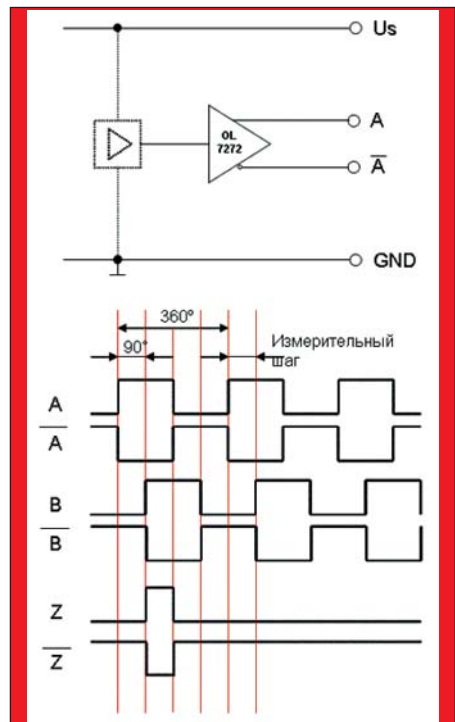


Рис. 6. Интерфейсы TTL RS422 или HTL push pull: A, B — стандартные выходы оптических каналов с фазовым смещением 90°, Z — индексный импульс, A-bar, B-bar — инвертированные сигналы A, B и Z

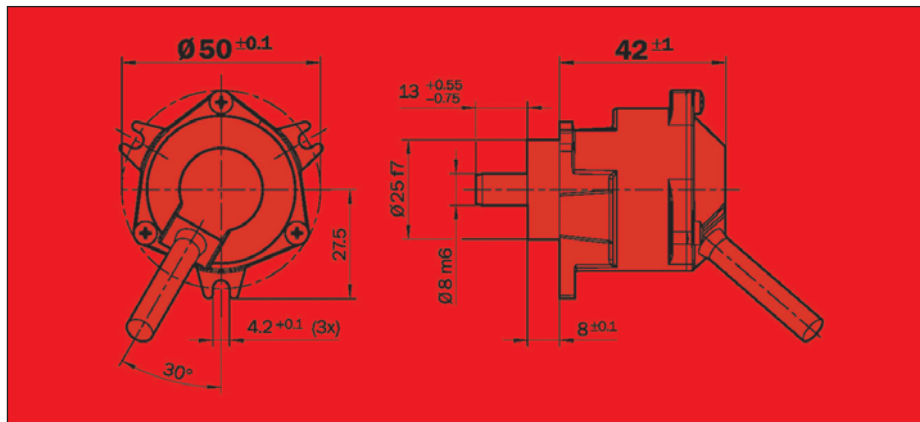


Рис. 7. Габаритные размеры энкодера DKS40

- интерфейс TTL/RS422,  $U_s = 4,5-5,5$  В, при  $U_s = 5$  В  $U_{A(B, Z, \bar{A}, \bar{B}, \bar{Z})\_High} = 3,5$  В,  $U_{A(B, Z, \bar{A}, \bar{B}, \bar{Z})\_Low} = 0,75$  В (рис.6);
- интерфейс HTL/push-pull,  $U_s = 10...30$  В, при  $U_s = 24$  В  $U_{A(B, Z, \bar{A}, \bar{B}, \bar{Z})\_High} = 18$  В,  $U_{A(B, Z, \bar{A}, \bar{B}, \bar{Z})\_Low} = 2,7$  В (рис.6).

Во всех перечисленных выше типах интерфейсов каналы А, В являются выходами двух оптических каналов, смещенными в фазе друг относительно друга на  $90^\circ$  (что позволяет определить направление вращения вала), Z — нулевой импульс, позволяющий задать начало отсчета.

В интерфейсах TTL/RS422 и HTL/push-pull присутствуют дополнительные выходы инвертированных сигналов А, В и Z, что актуально для повышения помехоустойчивости, предотвращения наводок на сигнальные провода, а также при значительной длине линий передачи данных.

Выбор механического интерфейса является следующим шагом (см. рис. 4). В отличие от других серий инкрементальных энкодеров, для которых предоставляются различные варианты механического интерфейса (с сервофланцем, с торцевым фланцем, с полым ротором и сквозным полым ротором), для серии DKS40 существует только один вариант механического интерфейса с торцевым фланцем и выходным валом диаметром 8 мм (рис. 7).

Механический интерфейс серии DKS40 обеспечивает:

- максимальную скорость вращения 6000 об/мин;
- крутящий момент до 0,15 Н/м;
- допустимую радиальную нагрузку на вал до 40 Н;
- допустимую осевую нагрузку на вал до 20 Н;
- гарантированную наработку на отказ 2 млрд. циклов.

Далее выбирается тип электрического соединителя (см. рис. 4). Для серии DKS40 в качестве стандартного соединителя поставляется восьмижильный кабель длиной 0,5 м.

Последние шесть цифр кода на рис. 4 задают разрешение инкрементального энкодера. Стандартными значениями являются: 10, 20, 50, 100, 200, 250, 256, 360, 500, 512, 720, 1000, 1024,

2000 и 2048 импульсов на оборот. Другие значения также возможны, но по специальному заказу.

### Отличительные особенности серии DKS40

Ряд отличительных особенностей и преимуществ серии DKS40 заслуживает особого внимания:

- *низкая стоимость* — розничная цена датчика составляет порядка 116 евро, что сравнимо со стоимостью отечественных энкодеров (потенциальная выгода для заказчика — возможность снизить себестоимость готовой продукции);
- *цинковый штампованный корпус со степенью защиты IP64* обеспечивает полную защиту от проникновения пыли и работу в условиях повышенной влажности и водяных брызг; изделия могут использоваться, например, в деревообрабатывающих и печатных машинах (см. рис. 16–18), в условиях присутствия древесных опилок и бумажной пыли;
- *диаметр корпуса 50 мм* позволяет экономить пространство и использовать энкодер в условиях дефицита места;
- *разрешение от 0 до 2048 импульсов на оборот* позволяет гибко подстраивать энкодер для решения самых различных задач заказчика;
- *соединительный кабель в виде экранированной витой пары в оболочке из термоэласто-*

*пласта* обеспечивает полную безопасность передачи данных в условиях электромагнитных помех и является стойким к воздействию масла, горючего, соленой воды, ультрафиолетового излучения и жизнедеятельности различных микроорганизмов. (Следует отметить, что многие другие производители энкодеров используют неэкранированные полихлорвиниловые кабели, которые не обладают подобными свойствами);

- *универсальность крепления кабеля к корпусу* обеспечивает монтаж кабеля как в радиальном, так и в осевом исполнении, при этом монтаж кабеля осуществляется без изгибов и с полным отсутствием механического напряжения в месте крепления кабеля к корпусу;
- *три варианта монтажа энкодера с использованием различных фланцев и втулок* позволяют обеспечить монтаж датчика в самых различных условиях эксплуатации с выполнением требований унификации и взаимозаменяемости с другими типами энкодеров;
- позволяет использовать данные устройства в самых различных системах управления и счетчиков; кроме того, интерфейсы TTL/RS422 обеспечивают безопасность передачи информации на значительные расстояния.

### Конструкция и принцип работы энкодера серии DKS40

Конструкция стандартного оптического энкодера проиллюстрирована рис. 8. Светодиоды генерируют световой пучок, который проходит к фотоприемникам через прозрачный диск с нанесенными на него непрозрачными физическими метками. Абсолютный энкодер, как правило, отличается наличием уникальной комбинации меток в виде линий или секций переменной угловой ширины для каждого углового положения, а инкрементальный энкодер использует диск, на котором равномерно нанесены односторонние метки (за исключением, индексной), поскольку основная задача инкрементального устройства — детектирование пошагового перемещения с опорой на нулевую (индексную) метку при включе-



Рис. 8. Конструкция стандартного оптического энкодера

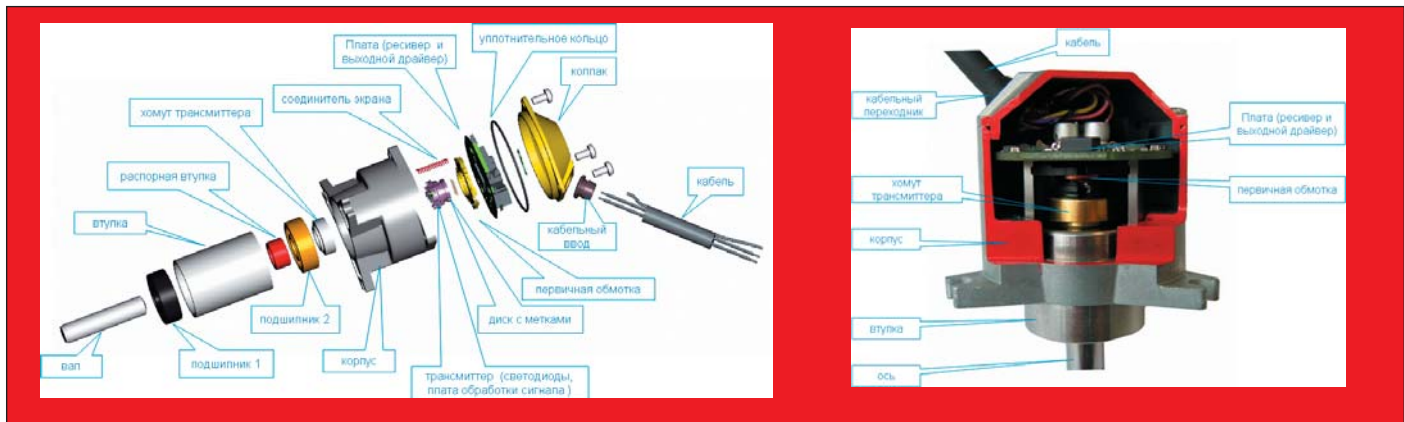


Рис. 9. Конструкция энкодера DKS40: а — в разобранном виде; б — в сборе

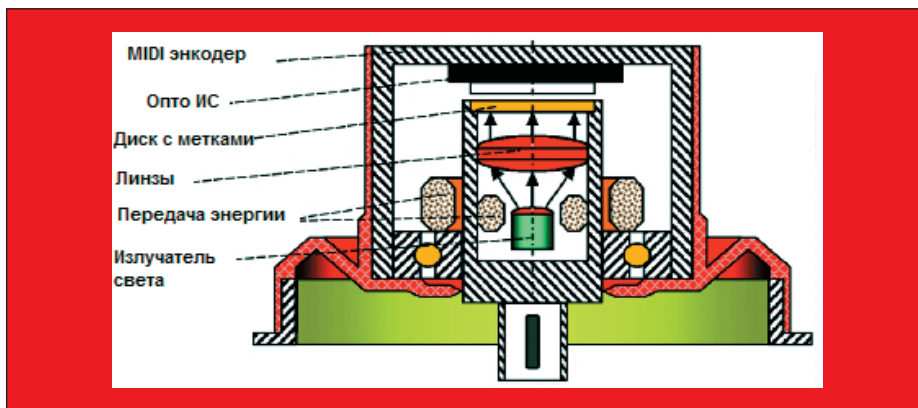


Рис. 10. Иллюстрация принципа работы минидискового энкодера DKS40

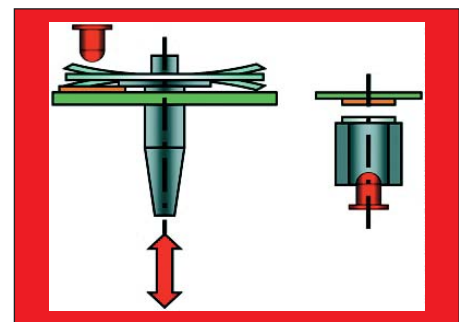


Рис. 11. Иллюстрация устойчивости минидискового энкодера к механическим нагрузкам

нии питания. Полученные фотоприемниками световые пучки в дальнейшем обрабатываются переключающей электронной схемой — формирователем выходных импульсов.

Экономичная серия DKS40 реализована по специальной патентованной технологии с использованием мини-дисков, и имеет несколько иную, отличную от стандартной, конструкцию, что в совокупности позволяет снизить себестоимость датчика и значительно уменьшить размеры энкодера.

Конструкция энкодера серии DKS40 показана на рис. 9а и 9б, в разобранном и собранном виде соответственно.

Принцип работы мини-дискового энкодера DKS40 проиллюстрирован рис. 10. Мини-дисковый энкодер состоит из источника све-

та, центрированного с осью вращения, и фотоприемника, расположенного напротив излучателя (рис.10). Для компенсации влияния радиальных биений, вызванных эксцентриситетом вращения вала, луч многократно проходит путь от излучателя к приемнику через диск с метками. Интегральная схема, выполненная по принципу ASIC, содержит не только фотоприемники, но также схемы усиления и обработки сигнала, токовый контур, делитель и интерфейсный блок.

Центрированное расположение диска с метками требует расположения источника света, центрированного относительно оси вращения энкодера. Данная особенность по-

требовала разработки специальных методов преобразования энергии, воплощенных посредством ряда инновационных решений компании SICK-Stegmann. Так, высокое качество, надежность и низкую цену данного изделия позволила обеспечить высокая степень автоматизации операций микросборки.

Основным преимуществом минидискового энкодера является его повышенная устойчивость к механическим нагрузкам. В частности, это обеспечивает устойчивость устройства к механическим ударам с ускорениями до 100g и виброустойчивость до 50g (рис.11).

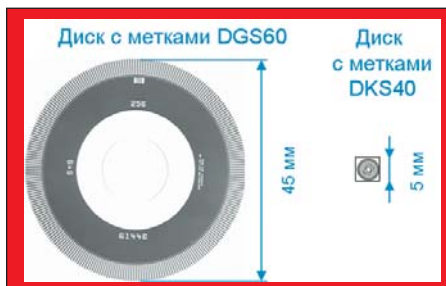


Рис. 12. Сравнение дисков с метками стандартного и минидискового энкодеров

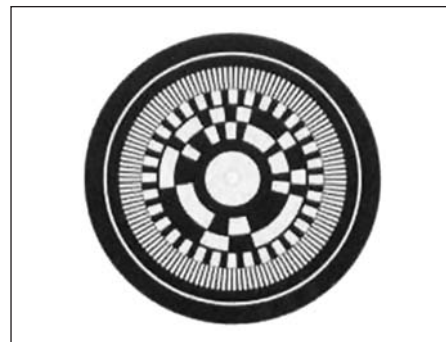


Рис. 13. Кодовый диск энкодера DKS40 (увеличенный вид)

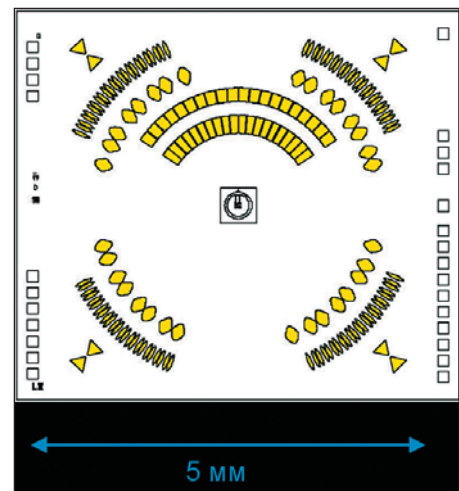


Рис. 14. Считывающая матрица энкодера DKS40

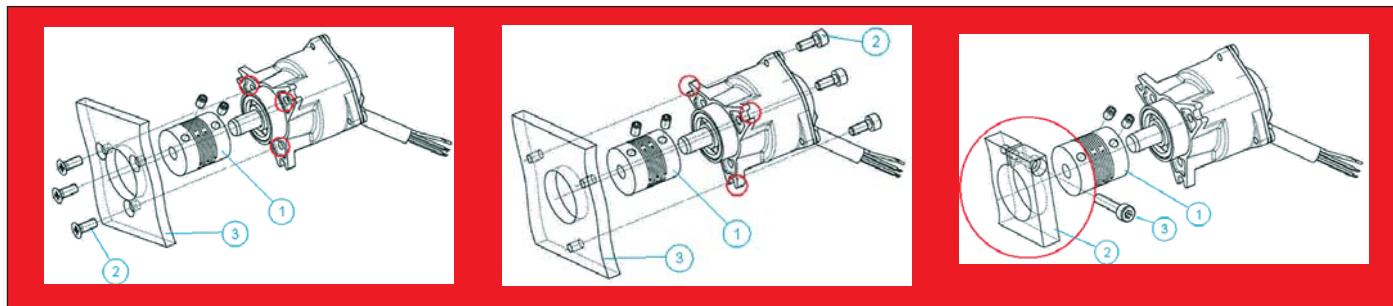
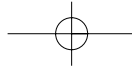


Рис. 15. Варианты монтажа энкодера DKS40:

а — установка на основе трех винтов, устанавливаемых в соответствующие крепежные отверстия энкодера со стороны переходного фланца;

б — соединение на основе трех винтов, устанавливаемых в соответствующие крепежные отверстия энкодера со стороны энкодера;

(поз. на рис. а, б: 1 — соединительная муфта; 2 — крепежные винты; 3 — переходной фланец)

в — установка с зажимом фланца стопорным винтом: 1 — соединительная муфта; 2 — переходной фланец; 3 — крепежный (стопорный) винт

Подобная конструкция углового преобразователя позволяет использовать диск с метками значительно меньшего диаметра, в сравнении с дисками других оптических энкодеров (рис. 12). На рис. 13 показано увеличенное изображение кодового диска инкрементального энкодера DKS40.

Специально для многократного считывания светового потока была также разработана сканирующая матрица, позволяющая значительно повысить надежность работы энкодера (рис. 14).

### Варианты установки

Как упоминалось выше, при установке энкодера возможны три варианта монтажа:

- соединение с помощью трех винтов, устанавливаемых в соответствующие крепежные отверстия энкодера со стороны переходного фланца (рис. 15а);
- соединение с помощью тех же трех винтов, устанавливаемых в соответствующие крепежные отверстия энкодера с лицевой стороны (рис. 15б);
- вариант с зажимом переходного фланца и фиксацией соединения крепежным (стопорным) винтом (рис. 15в).

Для выполнения стандартных операций необходимо наличие переходного фланца 2, соединительной муфты 1 и установочных винтов 3 (рис. 15а, б). Различные переходные фланцы и соединительные муфты необходимо заказывать отдельно.

### Области применения

Серия DKS40 предназначена для решения ряда типовых промышленных задач, таких, как измерение положения и скорости роликов конвейеров, гидравлических и пневматических цилиндров и других аналогичных устройств.

Существующие и потенциальные области применения датчиков, подобных DKS40:

- склады и конвейеры;
- упаковочная промышленность;
- деревообрабатывающая промышленность;



Рис. 16. Пример потенциального использования энкодеров DKS40: печатно-резательная машина для изготовления гигиенической бумаги



Рис. 17. Пример потенциального использования энкодеров DKS40: печатная машина для изготовления упаковочного материала

- бумажная отрасль;
- машиностроение.

Наглядными примерами будущего массового использования энкодеров DKS40 могут послужить:

- контроль движения бумаги на печатно-резательной машине для производства гигиенической бумаги (рис.16);
- контроль движения бумаги на печатной машине для изготовления упаковочного материала (рис. 17);
- контроль движения бумаги на офсетной печатной машине (рис. 18).

Более подробную информацию о различных типах энкодеров, датчиков положения для приводов, а также о сферах применения ус-



Рис. 18. Пример потенциального использования энкодеров DKS40: офсетная печатная машина

ройств различных типов можно найти на сайтах [www.sick-automation.ru](http://www.sick-automation.ru), [www.sick.com](http://www.sick.com), [www.stegmann.com](http://www.stegmann.com).

### Литература

1. Материалы презентаций компании SICK
2. <http://www.consys.spb.ru>
3. <http://www.sick.com>
4. <http://www.stegmann.com>

