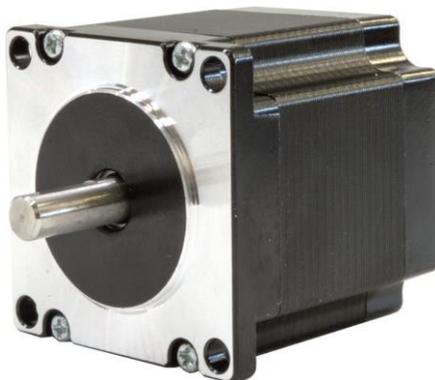


Двигатели шаговые KIPPRIBOR™  
серии SMO

РУКОВОДСТВО  
ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ



**KIPPRIBOR**

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Введение</b> .....	<b>4</b>
<b>1 Меры безопасности</b> .....	<b>5</b>
<b>2 Краткие сведения</b> .....	<b>6</b>
2.1 Назначение и область применения .....	6
2.2 Сведения об изготовителе.....	6
2.3 Расшифровка условного обозначения.....	6
2.4 Данные с заводской таблички .....	7
2.5 Модельный ряд шаговых двигателей KIPPRIBOR.....	7
<b>3 Технические характеристики</b> .....	<b>9</b>
3.1 Технические характеристики шаговых двигателей KIPPRIBOR серии SMO-17 .....	9
3.1.1 Технические характеристики шаговых двигателей серии SMO-17 .....	9
3.1.2 Габаритные размеры шаговых двигателей серии SMO-17 .....	10
3.1.3 Схема соединения обмоток шаговых двигателей серии SMO-17 .....	10
3.2 Технические характеристики шаговых двигателей KIPPRIBOR серии SMO-23 .....	11
3.2.1 Технические характеристики шаговых двигателей серии SMO-23 .....	11
3.2.2 Габаритные размеры шаговых двигателей серии SMO-23 .....	12
3.2.3 Схема соединения обмоток шаговых двигателей серии SMO-23.....	12
3.3 Технические характеристики шаговых двигателей KIPPRIBOR серии SMO-34 .....	13
3.3.1 Технические характеристики шаговых двигателей серии SMO-34 .....	13
3.3.2 Габаритные размеры шаговых двигателей серии SMO-34 .....	14
3.3.3 Схема соединения обмоток шаговых двигателей серии SMO-34.....	14
<b>4 Конструкция шаговых двигателей KIPPRIBOR</b> .....	<b>16</b>
4.1 Термины и определения .....	16
4.2 Технология шагового двигателя.....	17
4.2.1 Реактивный шаговый двигатель .....	17
4.2.2 Шаговый двигатель с постоянными магнитами .....	18
4.3 Гибридные шаговые двигатели KIPPRIBOR серии SMO .....	19
4.3.1 Конструкция.....	19
4.3.2 Угловой шаг двигателей серии SMO .....	22
4.3.3 Схемы обмоток шаговых двигателей .....	23
4.3.4 Управление шаговым двигателем .....	26
4.3.5 Момент шагового двигателя.....	28
4.3.6 Механическая характеристика шагового двигателя.....	29
4.3.7 Явление резонанса и методы борьбы с ним .....	31
<b>5 Монтаж и эксплуатация шаговых двигателей KIPPRIBOR</b> .....	<b>32</b>
5.1 Требования к персоналу.....	32
5.2 Установка шаговых двигателей.....	32
5.2.1 Установка двигателей серии SMO-17 .....	32
5.2.2 Установка двигателей серии SMO-23, SMO-34 .....	33
5.2.3 Типы передач с применением шаговых двигателей .....	35
5.2.4 Электрическое подключение .....	38
<b>6 Гарантийное и плановое техническое обслуживание</b> .....	<b>39</b>
6.1 Плановое техническое обслуживание.....	39
6.2 Условия хранения.....	39
6.3 Гарантии изготовителя.....	39
6.4 Комплект поставки.....	40

## Введение

Уважаемый покупатель! Мы благодарим Вас за выбор шагового двигателя KIPPRIBOR. Настоящее руководство по эксплуатации (далее по тексту руководство) предназначено для специалистов, осуществляющих монтаж, обслуживание и эксплуатацию шаговых двигателей KIPPRIBOR (далее по тексту двигателей).

Целью настоящего руководства является ознакомление пользователя с техническими характеристиками двигателей KIPPRIBOR, их модификациями, конструкцией, особенностями монтажа и эксплуатации, алгоритмом подбора, правилами подключения, а также мерами безопасности при выполнении работ.

Перед началом эксплуатации двигателей внимательно ознакомьтесь с содержанием настоящего руководства и строго следуйте его рекомендациям. Это обеспечит безопасность персонала при работе с двигателями, позволит эксплуатировать двигатель с максимальной эффективностью весь срок его эксплуатации.

Особое внимание уделяйте пунктам, отмеченным знаками:



*Опасность! Несоблюдение примечаний, обозначенных этим знаком может привести к серьезным травмам обслуживающего персонала или повреждению сопутствующего оборудования.*



*Внимание! Несоблюдение примечаний, обозначенных этим знаком может привести к повреждению двигателя или иного сопутствующего оборудования.*



*Подсказка. Этим знаком отмечены полезные рекомендации, которые помогут Вам в работе с двигателем, сделав её проще и понятнее.*

---

## 1 Меры безопасности

---



*Монтаж, подключение и эксплуатация двигателей должны выполняться только квалифицированными специалистами, имеющими допуск к проведению электромонтажных работ.*

*Двигатели являются изделиями общепромышленного назначения. Они не являются изделием медицинского назначения, не являются электрическим оборудованием лифтов и грузовых подъемников, не являются оборудованием оборонного назначения.*

*Двигатели не допускается эксплуатировать во взрывоопасной среде, а также на предприятиях / объектах ВПК и атомной отрасли.*

*Не допускается изменять конструкцию и разбирать двигатель. Это может повлечь выход его из строя или стать причиной травмы.*

*Допускается эксплуатировать двигатель только в при условии его надежного крепления на основании или панели.*

*Все работы по монтажу, подключению, обслуживанию двигателей следует выполнять со снятием напряжения во избежание повреждения двигателя и причинения вреда здоровью.*

*Запрещено касаться вращающихся частей во время работы двигателя!*



*Несоблюдение пользователем правил и рекомендаций, изложенных в данном Руководстве может повлечь за собой сокращение срока службы двигателя, его выход из строя и лишение права на гарантийное обслуживание изделия!*

*Двигатели следует эксплуатировать только при условии соответствия электрических параметров питающего драйвера паспортным данным двигателя.*

*Для правильного подбора двигателя необходимо иметь абсолютно четкое представление о параметрах нагрузки: скорости перемещения, массовым характеристикам, усилию на валу.*

---

## 2 Краткие сведения

Шаговые двигатели KIPPRIBOR серии SMO – синхронные бесщёточные электродвигатели, преобразующие управляющий сигнал в виде последовательности импульсов в пропорциональный числу импульсов фиксированный угол поворота.

Шаговые двигатели состоят из статора, выполняющего роль корпуса, зубчатого ротора, разделенного на две части с заключенным между ними постоянным магнитом. На полюсах статора закреплены катушки фазных обмоток. Зубчатый ротор напрессован на вал. Ротор и статор монтируются с помощью передней и задней крышек с установленными в них подшипниками качения. Крышки стягиваются между собой винтами и имеют отверстия под выход вала. В задней крышке предусмотрен паз для выхода кабельного вывода.

### 2.1 Назначение и область применения

Шаговые двигатели KIPPRIBOR предназначены для построения приводов, требующих прецизионного позиционирования исполнительного механизма и обеспечивающих высокие динамические характеристики как в непрерывном режиме, так и в режиме старт-стоп. Конструктивные особенности шаговых двигателей позволяют достичь высокой точности перемещения без использования датчиков обратной связи. Двигатели устанавливаются в системы линейного перемещения порталов станков, конструкции роботов-манипуляторов; роботизированные установки для обеспечения высокоточного перемещения в пространстве рабочих органов, выполняющих всевозможные технологические операции.

Основные особенности шаговых двигателей KIPPRIBOR:

- Обеспечивают точность перемещения без применения в приводе элементов обратной связи (датчиков, энкодеров). Это уменьшает стоимость технического решения в целом. Угол поворота ротора зависит от числа поступивших на устройство управления (драйвер) импульсов.
- Широкий диапазон скоростей. Способность работать на низких скоростях без применения редуктора.
- Относятся к классу гибридных, то есть сочетают в себе лучшие качества реактивных шаговых двигателей и двигателей с постоянными магнитами.
- Ширина опорной поверхности (фланца) шаговых двигателей серии SMO соответствует стандарту NEMA.
- Высокие значения механических характеристик.
- Длительный срок службы.

### 2.2 Сведения об изготовителе

Изготовитель: Changzhou Jinsanishi Mechatonics Co., Ltd.

Адрес изготовителя: NO.135 Dailuo Road, Luoyang Twon, Wujin District, Changzhou City, Jiangsu Province, 213104, Китай.

Двигатели KIPPRIBOR серии SMO не подлежат обязательной сертификации.

### 2.3 Расшифровка условного обозначения

Основные параметры шагового двигателя отражены в его условном обозначении. Ниже приведена расшифровка условного обозначения двигателей KIPPRIBOR серии SMO.

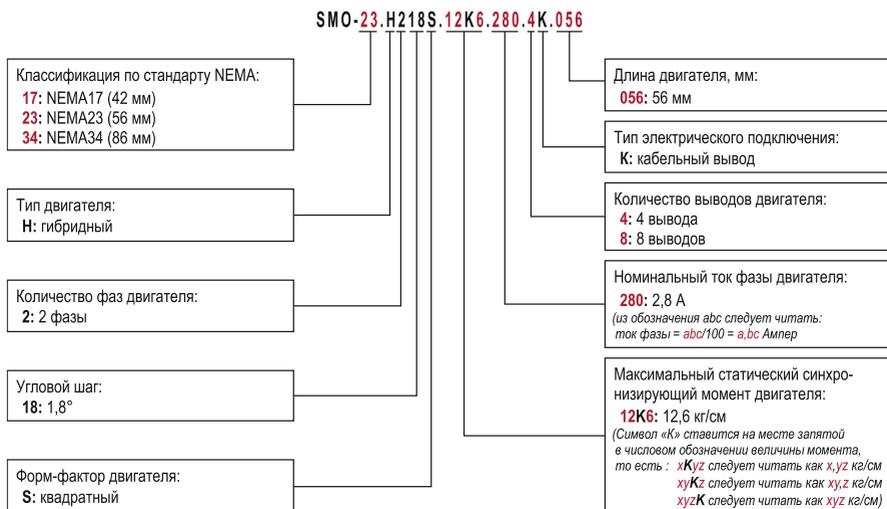


Рисунок 1 – расшифровка условного обозначения двигателей KIPPRIBOR серии SMO.

## 2.4 Данные с заводской таблички

Маркировка, нанесенная на двигатели содержит следующую информацию:

- Логотип компании KIPPRIBOR.
- Наименование изделия.
- Условное обозначение двигателя.
- Номинальное напряжение питания двигателя.
- Адрес компании в глобальной сети.



Рисунок 2 – заводская маркировка шаговых двигателей

## 2.5 Модельный ряд шаговых двигателей KIPPRIBOR

Модельный ряд шаговых двигателей KIPPRIBOR представлен тремя сериями: SMO-17, SMO-23, SMO-34. Ввиду большого разнообразия сфер применения шаговых двигателей, предъявляемые к ним требования также весьма различны. Модификации каждой серии способны удовлетворить технические требования в своем габаритном сегменте. Краткий обзор модельного ряда шаговых двигателей KIPPRIBOR приведен в таблице ниже.

Таблица 1 - модельный ряд шаговых двигателей KIPPRIBOR

Описание		Внешний вид
<p><b>Серия:</b>  <b>Размер фланца, мм</b>  <b>Удерживающий момент двигателей в серии <math>mip/max</math>, кг-см</b>  <b>Длина моторов в сери, мм</b></p>	<p>SMO-17                      42 (NEMA17)                       2,8...7,0                      34/40/48/60</p>	
<p><b>Серия:</b>  <b>Размер фланца, мм</b>  <b>Удерживающий момент двигателей в серии <math>mip/max</math>, кг-см</b>  <b>Длина моторов в сери, мм</b></p>	<p>SMO-23                      57 (NEMA23)                       5,0...30,0                      41/51/56/76/82/100/112</p>	
<p><b>Серия:</b>  <b>Размер фланца, мм</b>  <b>Удерживающий момент двигателей в серии <math>mip/max</math>, кг-см</b>  <b>Длина моторов в сери, мм</b></p>	<p>SMO-34                      86 (NEMA34)                       35,0...122,0                      78/82/100/118/156</p>	

### 3 Технические характеристики

#### 3.1 Технические характеристики шаговых двигателей KIPPRIBOR серии SMO-17

Серия SMO-17 младшая из линейки шаговых двигателей KIPPRIBOR. SMO-17 – двигатели с шириной опорной поверхности 42 мм. Шаговые двигатели серии предназначены для применения в приводах с необходимым значением максимального удерживающего момента до 7 кг·см.

##### 3.1.1 Технические характеристики шаговых двигателей серии SMO-17

Таблица 2 – модификации и технические характеристики шаговых двигателей серии SMO-17

Модель	Номинальное напряжение, В	Номинальный ток фазы, А	Сопротивление обмотки, Ом	Индуктивность обмотки, мГн	Удерживающий момент, кг·см	Масса двигателя, кг	Количество выводов, шт
SMO-17.H218S.3K20.040.4K.034	12	0,4	30	35	3,2	0,22	4
SMO-17.H218S.2K80.084.4K.034	4,8	0,84	5,75	8	2,8	0,22	4
SMO-17.H218S.2K80.170.4K.034	2,2	1,7	1,3	1,8	2,8	0,22	4
SMO-17.H218S.4K20.040.4K.040	12	0,4	30	60	4,2	0,28	4
SMO-17.H218S.4K50.080.4K.040	5,4	0,8	6,8	12	4,5	0,28	4
SMO-17.H218S.5K20.120.4K.040	6,6	1,2	5,5	11	5,2	0,28	4
SMO-17.H218S.4K00.168.4K.040	2,8	1,68	1,68	3,4	4	0,28	4
SMO-17.H218S.4K00.170.4K.040	3,4	1,7	2	3	4	0,28	4
SMO-17.H218S.4K50.040.4K.048	12	0,4	30	45	4,5	0,38	4
SMO-17.H218S.5K00.100.4K.048	4,5	1	4,5	10	5	0,38	4
SMO-17.H218S.5K50.130.4K.048	4,6	1,3	3,5	6,6	5,5	0,38	4
SMO-17.H218S.5K50.150.4K.048	4,2	1,5	2,8	5,5	5,5	0,38	4
SMO-17.H218S.5K20.168.4K.048	3,4	1,68	2	3,8	5,2	0,38	4
SMO-17.H218S.7K00.150.4K.060	3,8	1,5	2,5	6	7	0,55	4

Таблица 3 – общие технические характеристики шаговых двигателей серии SMO-17

Параметр	Значение
Размер фланца	42 мм (NEMA17)
Количество фаз	2
Угловой шаг	1,8°
Радиальное биение вала	≤0,02 мм
Осевой разбег вала	≤0,08 мм
Максимальная радиальная нагрузка (на расстоянии 20 мм от фланца)	28 Н
Максимальная осевая нагрузка	10 Н
Тип электрического подключения	Кабельный вывод (480±20 мм)
Сопротивление изоляции	≥100 МОм (500VDC)
Диэлектрическая стойкость изоляции	500VAC (в течение 1 минуты)
Максимальная рабочая температура двигателя	80°C
Температура эксплуатации	-20...+50°C

### 3.1.2 Габаритные размеры шаговых двигателей серии SMO-17

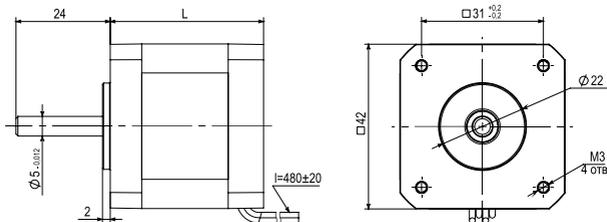


Рисунок 3 - габаритные размеры шаговых двигателей серии SMO-17

Значение параметра  $L$  (длина шагового двигателя) приведено в таблице ниже.

Таблица 4 – длина двигателей серии SMO-17

Модель	Длина двигателя (L), мм	Модель	Длина двигателя (L), мм
SMO-17.H218S.3K20.040.4K.034	34	SMO-17.H218S.4K00.170.4K.040	40
SMO-17.H218S.2K80.084.4K.034	34	SMO-17.H218S.4K50.040.4K.048	48
SMO-17.H218S.2K80.170.4K.034	34	SMO-17.H218S.5K00.100.4K.048	48
SMO-17.H218S.4K20.040.4K.040	40	SMO-17.H218S.5K50.130.4K.048	48
SMO-17.H218S.4K50.080.4K.040	40	SMO-17.H218S.5K50.150.4K.048	48
SMO-17.H218S.5K20.120.4K.040	40	SMO-17.H218S.5K20.168.4K.048	48
SMO-17.H218S.4K00.168.4K.040	40	SMO-17.H218S.7K00.150.4K.060	60

### 3.1.3 Схема соединения обмоток шаговых двигателей серии SMO-17

Шаговые двигатели серии SMO-17 – биполярные двигатели. Имеют четырехпроводную схему подключения. Схема обмоток представлена на рисунке:

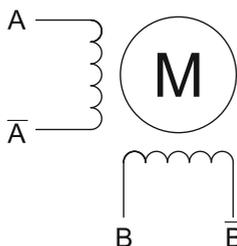


Рисунок 4 – схема обмоток шаговых двигателей серии SMO-17

Цвета проводов кабельного вывода однозначно определяют принадлежность провода к фазе обмотки:

- А – черный,
- $\bar{A}$  - зеленый,
- В – красный,
- $\bar{B}$  - синий.

## 3.2 Технические характеристики шаговых двигателей KIPPRIBOR серии SMO-23

Серия SMO-23 представлена двигателями с фланцем 57 мм. Двигатели серии развивают максимальный удерживающий момент до 30 кг-см.

### 3.2.1 Технические характеристики шаговых двигателей серии SMO-23

Таблица 5 - модификации и технические характеристики шаговых двигателей серии SMO-23

Модель	Номинальное напряжение, В	Номинальный ток фазы, А	Сопротивление обмотки, Ом	Индуктивность обмотки, мГн	Удерживающий момент, кг-см	Масса двигателя, кг	Количество выводов, шт
SMO-23.H218S.5K50.100.4K.041	5,4	1	5,4	9,5	5,5	0,45	4
SMO-23.H218S.5K00.200.4K.041	2	2	1	2,2	5	0,45	4
SMO-23.H218S.8K20.150.4K.051	2,4	1,5	1,6	3,8	8,2	0,65	4
SMO-23.H218S.9K00.200.4K.051	2,4	2	1,2	3	9	0,65	4
SMO-23.H218S.13K5.150.4K.056	5,7	1,5	3,8	12	13,5	0,7	4
SMO-23.H218S.12K6.280.4K.056	2,8	2,8	1	3	12,6	0,7	4
SMO-23.H218S.12K0.300.4K.056	2,85	3	0,95	2,8	12	0,7	4
SMO-23.H218S.19K0.280.4K.076	3,08	2,8	1,1	3,6	19	1	4
SMO-23.H218S.20K0.300.4K.076	2,7	3	0,9	3,5	20	1	4
SMO-23.H218S.20K0.400.4K.076	2,4	4	0,6	2,2	20	1	4
SMO-23.H218S.22K0.300.4K.082	4,2	3	1,4	5	22	1,2	4
SMO-23.H218S.20K0.400.4K.082	3	4	0,75	3,5	20	1,2	4
SMO-23.H218S.25K0.300.4K.100	3	3	1	4,5	25	1,4	4
SMO-23.H218S.25K0.400.4K.100	2,2	4	0,55	1,8	25	1,4	4
SMO-23.H218S.30K0.300.4K.112	3,9	3	1,3	6,5	30	1,7	4
SMO-23.H218S.28K0.350.4K.112	2,45	3,5	0,7	3	28	1,7	4
SMO-23.H218S.30K0.400.4K.112	3,6	4	0,9	4	30	1,7	4

Таблица 6 - общие технические характеристики шаговых двигателей серии SMO-23

Параметр	Значение
Размер фланца	57 мм (NEMA23)
Количество фаз	2
Угловой шаг	1,8°
Радиальное биение вала	≤0,02 мм
Осевой разбег вала	≤0,08 мм
Максимальная радиальная нагрузка (на расстоянии 20 мм от фланца)	75 Н
Максимальная осевая нагрузка	15 Н
Тип электрического подключения	Кабельный вывод (480±20 мм)
Сопротивление изоляции	≥100 МОм (500VDC)
Диэлектрическая стойкость изоляции	500VAC (в течение 1 минуты)
Максимальная рабочая температура двигателя	80°C
Температура эксплуатации	-20...+50°C

### 3.2.2 Габаритные размеры шаговых двигателей серии SMO-23

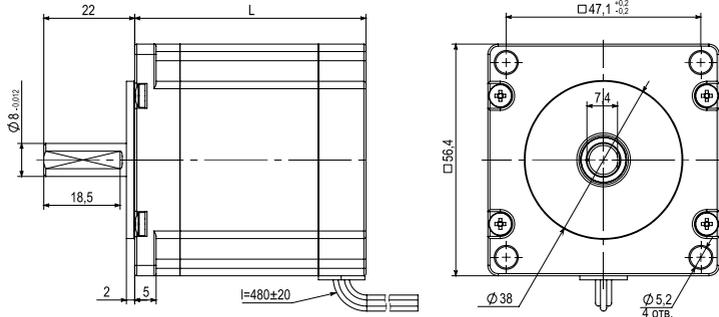


Рисунок 5 - габаритные размеры шаговых двигателей серии SMO-23

Длина двигателя ( $L$ ) различна в зависимости от модификации. Ее значение приведено в следующей таблице:

Таблица 7 – длина двигателей серии SMO-23

Модель	Длина двигателя (L), мм	Модель	Длина двигателя (L), мм
SMO-23.H218S.5K50.100.4K.041	41	SMO-23.H218S.20K0.400.4K.076	76
SMO-23.H218S.5K00.200.4K.041	41	SMO-23.H218S.22K0.300.4K.082	82
SMO-23.H218S.8K20.150.4K.051	51	SMO-23.H218S.20K0.400.4K.082	82
SMO-23.H218S.9K00.200.4K.051	51	SMO-23.H218S.25K0.300.4K.100	100
SMO-23.H218S.13K5.150.4K.056	56	SMO-23.H218S.25K0.400.4K.100	100
SMO-23.H218S.12K6.280.4K.056	56	SMO-23.H218S.30K0.300.4K.112	112
SMO-23.H218S.12K0.300.4K.056	56	SMO-23.H218S.28K0.350.4K.112	112
SMO-23.H218S.19K0.280.4K.076	76	SMO-23.H218S.30K0.400.4K.112	112
SMO-23.H218S.20K0.300.4K.076	76		

### 3.2.3 Схема соединения обмоток шаговых двигателей серии SMO-23

Шаговые двигатели серии SMO-23 – двухфазные биполярные двигатели с четырехпроводной схемой подключения.

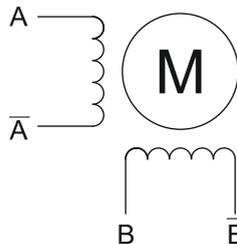


Рисунок 6– схема обмоток шаговых двигателей серии SMO-23

Цвет проводов кабельного вывода однозначно соответствует выводу фазы:

- А – красный,
- А - зеленый,
- В – желтый,
- В - синий.

### 3.3 Технические характеристики шаговых двигателей KIPPRIBOR серии SMO-34

Серия шаговых двигателей SMO-34 представлена двигателями, величина максимального статического синхронизирующего момента которых достигает 122 кг·см.

#### 3.3.1 Технические характеристики шаговых двигателей серии SMO-34

Таблица 8 - модификации и технические характеристики шаговых двигателей серии SMO-34

Модель	Номинальное напряжение, В	Номинальный ток фазы, А	Сопротивление обмотки, Ом	Индуктивность обмотки, мГн	Удерживающий момент, кг·см	Масса двигателя, кг	Количество выводов, шт
SMO-34.H218S.35K0.400.4K.078	1,5	4	0,38	2,5	35	2,3	4
SMO-34.H218S.45K0.420.4K.078	1,9	4,2	0,45	4	45	2,3	4
SMO-34.H218S.45K0.600.8K.078	3	6	0,5	4	45	2,3	8
SMO-34.H218S.45K0.450.4K.082	1,4	4,5	0,32	2,8	45	2,5	4
SMO-34.H218S.50K0.560.8K.082	2	5,6	0,35	3	50	2,5	8
SMO-34.H218S.68K0.500.4K.100	2,5	5	0,5	4	68	3,2	4
SMO-34.H218S.65K0.500.8K.100	2,5	5	0,5	4	65	3,2	8
SMO-34.H218S.60K0.500.4K.118	3	5	0,6	2,8	60	3,2	4
SMO-34.H218S.85K0.600.4K.118	3,6	6	0,6	6	85	3,7	4
SMO-34.H218S.85K0.500.8K.118	3,5	5	0,7	6,5	85	3,7	8
SMO-34.H218S.85K0.560.8K.118	3,4	5,6	0,6	6	85	3,7	8
SMO-34.H218S.100K.500.4K.156	3	5	0,6	6	100	5,5	4
SMO-34.H218S.122K.620.4K.156	3,6	6,2	0,75	9	122	5,5	4
SMO-34.H218S.120K.490.8K.156	3,7	4,9	0,75	9	120	5,5	8
SMO-34.H218S.120K.560.8K.156	3,6	5,6	0,65	9	120	5,5	8

Таблица 9 - общие технические характеристики шаговых двигателей серии SMO-34

Параметр	Значение
Размер фланца	86 мм (NEMA34)
Количество фаз	2
Угловой шаг	1,8°
Радиальное биение вала	≤0,02 мм
Осевой разбег вала	≤0,08 мм
Максимальная радиальная нагрузка (на расстоянии 20 мм от фланца)	220 Н
Максимальная осевая нагрузка	60 Н
Тип электрического подключения	Кабельный вывод (480±20 мм)
Сопротивление изоляции	≥100 МОм (500VDC)
Диэлектрическая стойкость изоляции	500VAC (в течение 1 минуты)
Максимальная рабочая температура двигателя	80°C
Температура эксплуатации	-20...+50°C

### 3.3.2 Габаритные размеры шаговых двигателей серии SMO-34

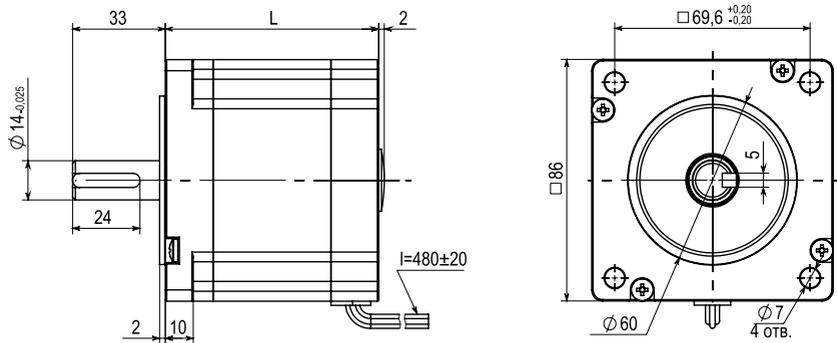


Рисунок 7 - габаритные размеры шаговых двигателей серии SMO-34

Числовые значения длины шагового двигателя ( $L$ ) сведены в таблицу:

Таблица 10 - длина двигателей серии SMO-34

Модель	Длина двигателя ( $L$ ), мм	Модель	Длина двигателя ( $L$ ), мм
SMO-34.H218S.35K0.400.4K.078	78	SMO-34.H218S.85K0.600.4K.118	118
SMO-34.H218S.45K0.420.4K.078	78	SMO-34.H218S.85K0.500.8K.118	118
SMO-34.H218S.45K0.600.8K.078	78	SMO-34.H218S.85K0.560.8K.118	156
SMO-34.H218S.45K0.450.4K.082	82	SMO-34.H218S.100K.500.4K.156	156
SMO-34.H218S.50K0.560.8K.082	82	SMO-34.H218S.122K.620.4K.156	156
SMO-34.H218S.68K0.500.4K.100	100	SMO-34.H218S.120K.490.8K.156	156
SMO-34.H218S.65K0.500.8K.100	100	SMO-34.H218S.120K.560.8K.156	156
SMO-34.H218S.60K0.500.4K.118	118		

### 3.3.3 Схема соединения обмоток шаговых двигателей серии SMO-34

Двухфазные шаговые двигатели серии SMO-34 выпускаются с двумя схемами соединения обмоток: с четырьмя и с восемью выводами.

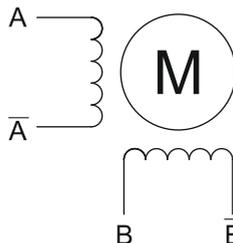
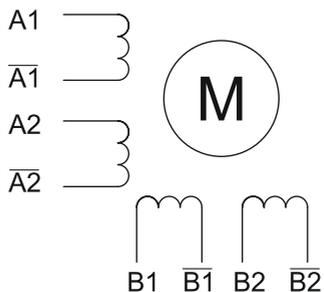


Рисунок 8 - схема обмоток шаговых двигателей серии SMO-34 с четырьмя выводами

Цвета проводов кабельного вывода двигателей серии SMO-34 с четырьмя выводами:

- A – красный,
- $\bar{A}$  - зеленый,
- B – желтый,
- $\bar{B}$  - синий.



*Рисунок 9 - схема обмоток шаговых двигателей серии SMO-34 с восемью выводами*

Цвета проводов кабельного вывода двигателей серии SMO-34 с восемью выводами:

- A1 – красный,
- $\bar{A}1$  - желтый,
- A2 – синий,
- $\bar{A}2$  - черный,
- B1 – белый,
- $\bar{B}1$  – оранжевый,
- B2 – коричневый,
- $\bar{B}2$  – зеленый.

Модификации с восемью выводами позволяют осуществить подключение двигателя в различных вариантах (более подробно смотрите в подразделе «Схемы обмоток шаговых двигателей»).

## 4 Конструкция шаговых двигателей KIPPRIBOR

### 4.1 Термины и определения

ГОСТ 27471-87 «Машины электрические вращающиеся. Термины и определения» применительно к шаговым двигателям вводит следующие термины:

- Шаговый электродвигатель - вращающийся электродвигатель с дискретными угловыми перемещениями ротора, осуществляемыми за счет импульсов сигнала управления.
- Реактивный шаговый электродвигатель - шаговый электродвигатель с неактивным ротором из магнитного материала.
- Максимальный статический синхронизирующий момент шагового электродвигателя ( $M_{ст}$ )- наибольший момент, удерживающий ротор шагового электродвигателя от поворота при поданном напряжении питания<sup>1</sup>.
- Фиксирующий момент шагового электродвигателя ( $M_{ф}$ )- наибольший момент, удерживающий ротор шагового электродвигателя от поворота при обесточенных обмотках.
- Шаг шагового электродвигателя ( $\alpha$ )<sup>2</sup> - угол, обрабатываемый валом шагового электродвигателя при воздействии одного сигнала управления и установленной схеме коммутации.
- Статическая погрешность шагового электродвигателя ( $\Delta\alpha$ ) - отклонение установившегося действительного значения шага шагового электродвигателя от идеального при подаче сигнала.
- Приемистость шагового электродвигателя ( $f_{ш.де.}$ ) - наибольшая частота следования управляющих сигналов, обрабатываемых шаговым электродвигателем без потери или добавления шагов при пуске из состояния фиксированной стоянки под током и останове в это состояние.
- Предельная приемистость шагового электродвигателя - приемистость шагового электродвигателя при нулевом моменте нагрузки и моменте инерции нагрузки, равном моменту инерции вращающихся частей.
- Максимальная приемистость шагового электродвигателя ( $f_{ш.де.маx}$ ) - приемистость шагового электродвигателя при нулевом вращающем моменте нагрузки и номинальном моменте инерции нагрузки.
- Предельная динамическая характеристика шагового электродвигателя - зависимость между вращающим моментом шагового электродвигателя и наибольшей частотой следования управляющих сигналов, обрабатываемых им без потери или добавления шагов при пуске из состояния фиксированной стоянки под током и останове в это же состояние.
- Предельная механическая характеристика шагового электродвигателя - зависимость между вращающим моментом и наибольшей частотой следования управляющих сигналов, обрабатываемых шаговым электродвигателем в режиме плавного разгона и торможения.

---

<sup>1</sup> - в настоящем Руководстве наряду с указанным применяется термин «Максимальный удерживающий момент».

<sup>2</sup> - в настоящем Руководстве также применяется равнозначный термин «Угловой шаг».

## 4.2 Технология шагового двигателя

### 4.2.1 Реактивный шаговый двигатель

Первенцами в эволюции шагового двигателя были двигатели с переменным магнитным сопротивлением. Эти двигатели называют *реактивными*. Реактивный двигатель на роторе и статоре имеет несколько полюсов зубчатой формы. Ротор выполнен из магнитомягкого материала. На полюсах статора закреплены обмотки двигателя. При подаче питания в фазную катушку двигателя по ней начинает протекать электрический ток. Под действием этого тока в статоре создается магнитное поле, а ротор стремится занять такое положение, чтобы это поле было замкнутым по пути с минимальным магнитным сопротивлением. В итоге ротор поворачивается так, что его зубцы находятся строго напротив зубцов запитанной обмотки статора. Чтобы вызвать дальнейший поворот ротора нужно обесточить запитанную обмотку и запитать следующую. Ротор будет вынужден опять изменить свое положение и будет вращаться до тех пор, пока не обеспечит минимальное магнитное сопротивление магнитного потока. Таким образом, последовательное переключение питания на обмотках шагового двигателя вызывает процесс вращения ротора.

Ниже показан процесс последовательного изменения положения ротора при поочередной подаче питания на обмотки 3-фазного двигателя. Для лучшей наглядности ротор показан с четырьмя зубцами, статор с шестью, а на роторе нанесена стрелка. В начальный момент питание подано на обмотку  $\overline{AA}$ . Ротор ориентирован так, что зубцы одного из его полюсов занимают положение строго напротив полюсов запитанной фазы статора. Направление стрелки на рисунке строго вверх.

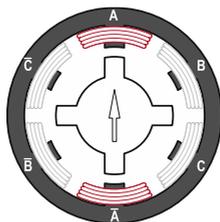


Рисунок 10 – начальное положение ротора (запитана фаза A)

При переключении питания на обмотку  $\overline{BB}$  ротор поворачивается против часовой стрелки на угол, равный угловому шагу:  $\alpha=30^\circ$ .

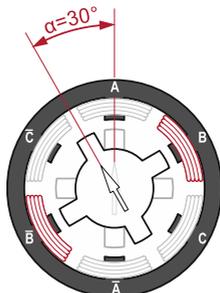


Рисунок 11 – изменение положения ротора при переключении питания на фазу B

Последующее переключение питания на обмотку  $\overline{CC}$  инициирует очередной поворот (шаг) ротора на  $30^\circ$ .

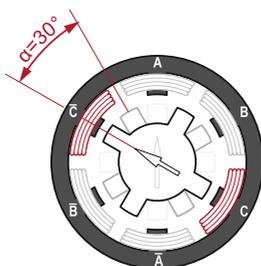


Рисунок 12 – очередной поворот ротора при подаче питания на фазу C

Легко предположить, что при очередном переключении питания обмоток будет вновь запитана обмотка  $\bar{A}\bar{A}$  и ротор займет положение, показанное на следующем рисунке.

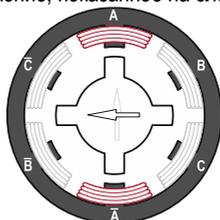


Рисунок 13 – питание вновь подано на фазу A

Таким образом, последовательное упорядоченное переключение обмоток двигателя приведет к непрерывному вращению ротора.

Рассмотренная модель двигателя имеет угловой шаг  $30^\circ$ . В реальности поверхности полюсов ротора и статора выполняют зубчатыми, что позволяет уменьшить величину углового шага двигателя. Реактивные двигатели имеют малую величину момента и поэтому на сегодняшний день не находят широкого применения.

#### 4.2.2 Шаговый двигатель с постоянными магнитами

Следующий тип шаговых двигателей – двигатели с постоянными магнитами, иначе называемые *активными*. Они состоят из статора с фазными обмотками и ротора с постоянными магнитами. Магниты расположены параллельно оси ротора. В отличие от реактивных двигателей двигатели с постоянными магнитами способны создавать гораздо более высокий момент за счет того, что магниты повышают суммарный магнитный поток.

Рассмотрим работу такого двигателя на примере конструкции с тремя парами полюсов ротора и двумя обмотками. Предположим, что в начале возбуждена обмотка  $\bar{A}\bar{A}$  и ротор занимает положение, показанное на рисунке ниже:

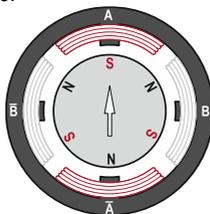


Рисунок 14 – питание подано на обмотку A

При переключении возбуждения на обмотку фазы В ротор совершает поворот на величину углового шага.

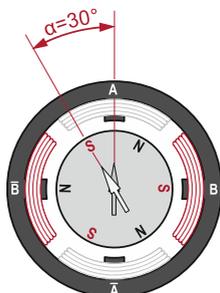


Рисунок 15 – поворот ротора при переключении питания обмоток

В рассматриваемом варианте угловой шаг двигателя с активным ротором составляет  $30^\circ$ . Как и в случае с реактивными моторами, поочередная подача тока в фазы обмотки повлечет за собой непрерывное вращение ротора шагового двигателя. Активные шаговые двигатели ввиду конструктивных особенностей имеют угловой шаг в пределах  $7,5...35^\circ$

### 4.3 Гибридные шаговые двигатели KIPPRIBOR серии SMO

#### 4.3.1 Конструкция

Шаговые двигатели KIPPRIBOR серии SMO по типу относятся к шаговым двигателям гибридного типа. Гибридный шаговый двигатель является результатом технологического развития конструкции шаговых двигателей и унаследовал все положительные качества своих предшественников.



*Не следует разбирать шаговый двигатель. Это может привести к выходу его из строя.*

Рассмотрим детально конструкцию гибридного шагового двигателя на примере мотора серии SMO-17. Двигатель состоит из следующих частей:

- 1) Крышка передняя – выполнена из алюминиевого сплава. С внутренней стороны крышки профрезеровано посадочное место для установки подшипника. По углам расположены отверстия с резьбой.
- 2) Подшипник передний – закрытый шариковый подшипник. Напрессовывается на ротор со стороны выхода вала. Устанавливается в переднюю крышку двигателя.
- 3) Ротор – один из основных элементов конструкции гибридного шагового двигателя. Состоит из вала, на который посажены верхняя и нижняя части ротора, а между ними расположен постоянный магнит цилиндрической формы. Верхняя и нижняя части ротора имеют зубчатые наконечники. Благодаря наличию постоянного магнита наконечники верхней части являются северными полюсами, а нижней – южными. Число пар полюсов ротора равно числу зубцов на одной из его половин. Наконечники расположены по окружности с угловым шагом  $\lambda$  градусов. Верхняя часть ротора сдвинута относительно нижней части на угол  $\lambda/2$ . Части собраны из отдельных пластин для минимизации потерь на вихревые токи. Вал ротора выполнен из немагнитной марки стали для исключения замыкания магнитного потока.

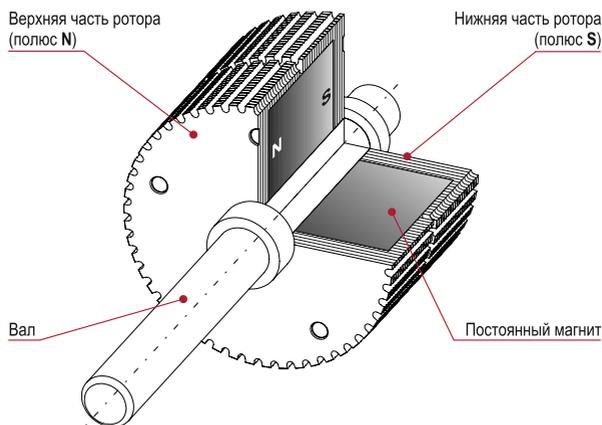


Рисунок 16 – конструкция ротора

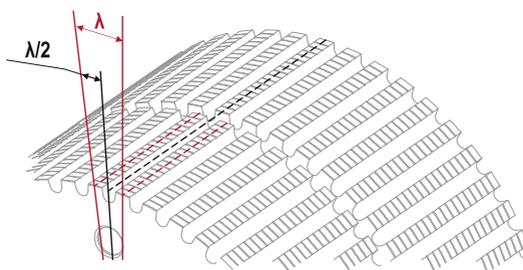


Рисунок 17 – сдвиг верхней и нижней частей ротора

- 4) Статор – набран пакетом отдельных пластин для уменьшения потерь на вихревые токи. На его полюсах располагаются катушки обмоток. Полюсы статора имеют зубцы. Таким образом обеспечивается большое число так называемых эквивалентных полюсов двигателя:

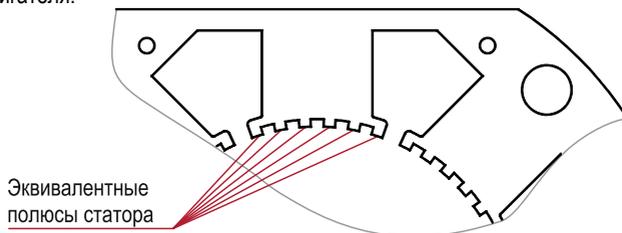


Рисунок 18 – эквивалентные полюсы статора

- В статоре выполнены четыре сквозных отверстия для винтов, стягивающих двигатель.
- 5) Каркас обмоток – выполнен из диэлектрического материала. Служит для укладки фазных обмоток двигателя и их защиты от повреждений.
  - 6) Фазные обмотки – выполнены эмальпроводом расчетного сечения, которое определяется параметрами двигателя.

- 7) Кабельный вывод – группа изолированных многожильных проводов без общей оболочки, соединенных внутри шагового двигателя с концами обмоток и выведенных из корпуса. Служит для подключения двигателя к внешним цепям.
- 8) Подшипник задний - закрытый шариковый подшипник. Напрессовывается на хвостовую часть вала ротора. Устанавливается в заднюю крышку двигателя.
- 9) Шайба – устанавливается между задним подшипником и задней крышкой. Служит для демпфирования осевого разбега ротора.
- 10) Задняя крышка - из алюминиевого сплава. Внутри выполнено посадочное место для установки подшипника. По углам расположены отверстия для винтов.
- 11) Винты – для скрепления частей двигателя. Проходят насквозь через заднюю крышку и статор. Вворачиваются в резьбовые отверстия передней крышки.

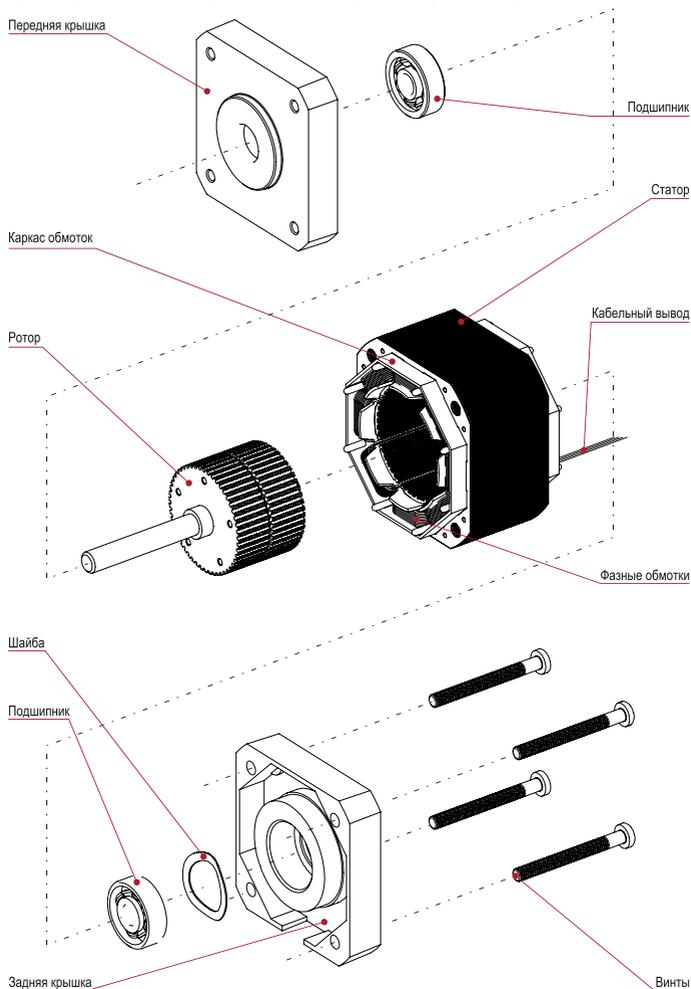


Рисунок 19 – конструкция шагового двигателя

### 4.3.2 Угловой шаг двигателей серии SMO

Угловой шаг двухфазных двигателей серии SMO обусловлен его конструкцией. Рассмотрим разрез шагового двигателя со стороны южной части ротора.

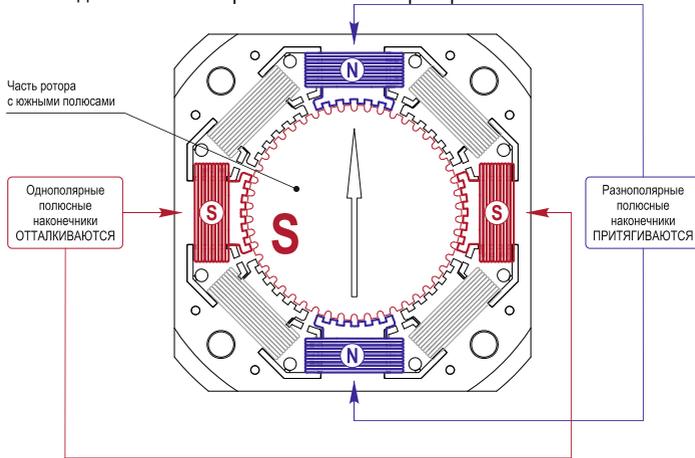


Рисунок 20 – поперечный разрез двигателя со стороны S-части ротора

Предположим, что в состоянии, показанном на рисунке запитана фаза А шагового двигателя. Обмотки фазы распределены на четырех полюсах статора. Направление навивки провода обмотки таково, что под действием протекающего тока, два противоположных полюса выступают в качестве южных (S), а другие два – в качестве северных (N). Под действием магнитного поля статора полюсные наконечники южной части ротора сориентированы, как показано на рисунке: притягиваются к N-наконечникам статора и отталкиваются от S-наконечников статора. В результате ротор находится в устойчивом состоянии.

В этой ситуации (ток течет через обмотку фазы А) положение северной части ротора будет выглядеть так:

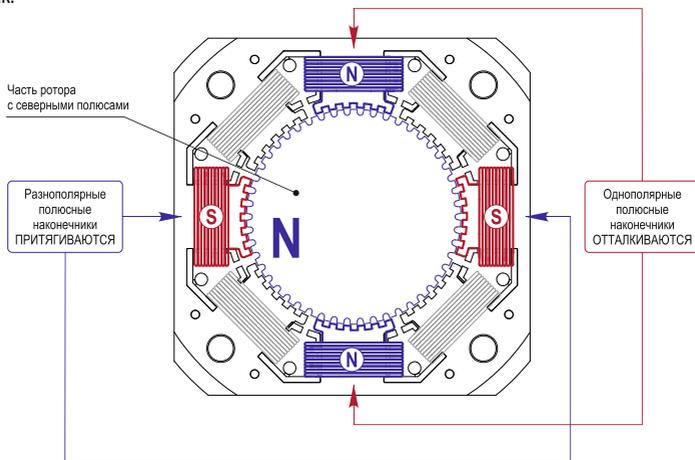


Рисунок 21 - поперечный разрез двигателя со стороны N-части ротора

Как видно на рисунке, принцип позиционирования ротора тот же: разнополярные зубчатые наконечники притягиваются, однополярные отталкиваются. Различие лишь в том, что здесь работает северная часть ротора, сдвинутая относительно южной на половину шага, то есть наконечники N-части ротора притягиваются к S-наконечникам статора и отталкиваются от N-наконечников статора.

При переключении питания с фазы А на фазу В направление магнитного в статоре изменится. Следовательно, возникнет момент силы, стремящийся повернуть ротор в положение, когда сопротивление магнитному потоку будет наименьшим. Заняв такое положение, ротор фактически совершит поворот на величину углового шага.

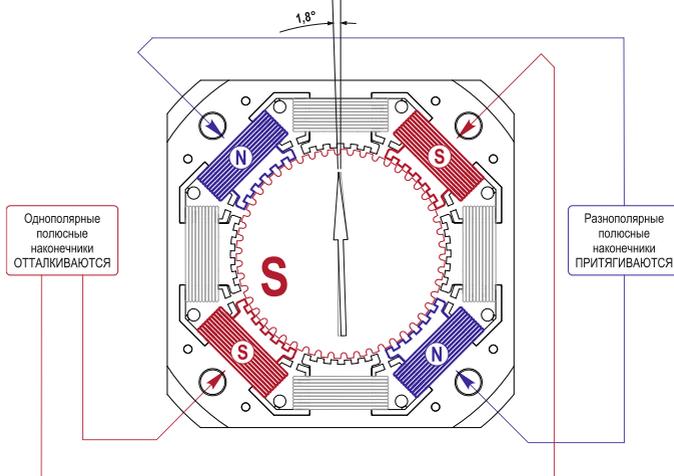


Рисунок 22 – шаг ротора при переключении питания на фазу В

Конструктивно у двигателей KIPPRIBOR серии SMO ротор имеет 100 полюсов (то есть 50 пар), число фаз равно двум. Угловой шаг двигателя может быть вычислен по формуле:

$$\alpha = \frac{360^\circ}{pn},$$

где  $p$  – число эквивалентных полюсов ротора,  $n$  – число фаз двигателя. Таким образом  $\alpha = 1,8^\circ$ .

### 4.3.3 Схемы обмоток шаговых двигателей

Исполнение обмоток шагового двигателя может быть выполнено в различных конфигурациях. Двигатели в зависимости от исполнения обмоток подразделяются на:

- Биполярные шаговые двигатели – имеющие одну обмотку в каждой фазе.
- Униполярные – имеющие в каждой фазе одну обмотку с отводом от середины.

Биполярные и униполярные шаговые двигатели имеют свои нюансы и предъявляют определенные требования к драйверам (силовым управляющим блокам), осуществляющим управление двигателем.

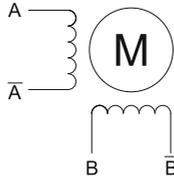


Рисунок 23 – схема обмоток биполярного шагового двигателя

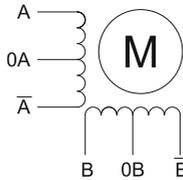


Рисунок 24 - схема обмоток униполярного шагового двигателя

Биполярный шаговый двигатель имеет одну обмотку в каждой фазе. Для изменения направления магнитного потока в фазе биполярного двигателя драйвер должен изменить полярность прилагаемого к обмотке напряжения. Поскольку биполярные моторы имеют две фазные обмотки (четыре вывода), для управления ими применяются драйверы, построенные по мостовой схеме или полумостовой схеме с двухполярным питанием.

В униполярном двигателе изменение направления магнитного потока осуществляется переключением плеч обмотки. Соединение средних выводов обмоток может быть выполнено отдельными проводниками либо внутри двигателя. Таким образом униполярный двигатель может иметь 5 или 6 выводов. Для управления униполярным двигателем требуется более простой драйвер, построенный по схеме с четырьмя отдельными ключами.

Кроме того, выпускаются модификации униполярных двигателей с четырьмя обмотками, имеющими отдельные выводы для подключения.

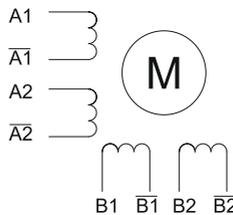


Рисунок 25 – схема обмоток двигателя с четырьмя обмотками

Такие моторы в зависимости от схемы соединения обмоток можно использовать как:

- 1) Униполярный двигатель.

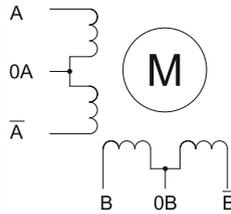


Рисунок 26 – соединение обмоток двигателя по схеме униполярного

- 2) Биполярный с последовательным соединением обмоток – большая индуктивность и уменьшенный ток обмоток.

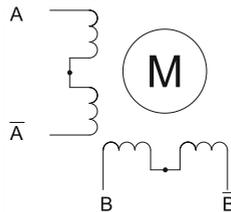


Рисунок 27 - соединение обмоток двигателя по схеме биполярного

- 3) Биполярный с параллельным соединением обмоток – низкая индуктивность и увеличенный ток.

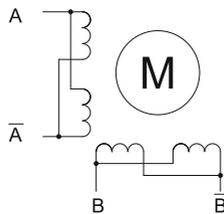


Рисунок 28 - соединение обмоток двигателя по схеме биполярного с параллельным соединением обмоток

- 4) Биполярный с использованием одного плеча обмоток. Такое подключение предполагает использование только одного плеча каждой обмотки, требует меньшего тока, но сопровождается пониженным моментом.

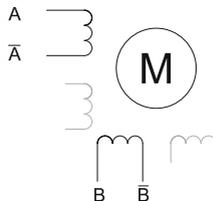


Рисунок 29 – использование одного плеча каждой обмотки

В общем случае при одних и тех же габаритах биполярный двигатель имеет большую мощность и более высокий крутящий момент, чем униполярный.

Серии шаговых двигателей KIPPRIBOR SMO-17, SMO-23 с представлены биполярными модификациями. Серия SMO-34 – биполярными и модификациями с четырьмя обмотками.

#### 4.3.4 Управление шаговым двигателем

Существует несколько типов управления шаговым двигателем:

- Волновой режим (*wave drive mode*).
- Полношаговый режим управления (*full step mode*).
- Полушаговый режим (*half step mode*).
- Микрошаговый режим (*microstep mode*).

Рассмотрим эти режимы более подробно.

Волновой режим предполагает подачу питания в любой момент времени только в одну фазу двигателя. Вращение ротора инициируется поочередной коммутацией фаз двигателя. Ротор занимает устойчивые положения в точках, совпадающих с положениями физического равновесия (то есть при условии, что двигатель не запитан). На рисунке показано поведение ротора шагового двигателя с угловым шагом  $90^\circ$ .

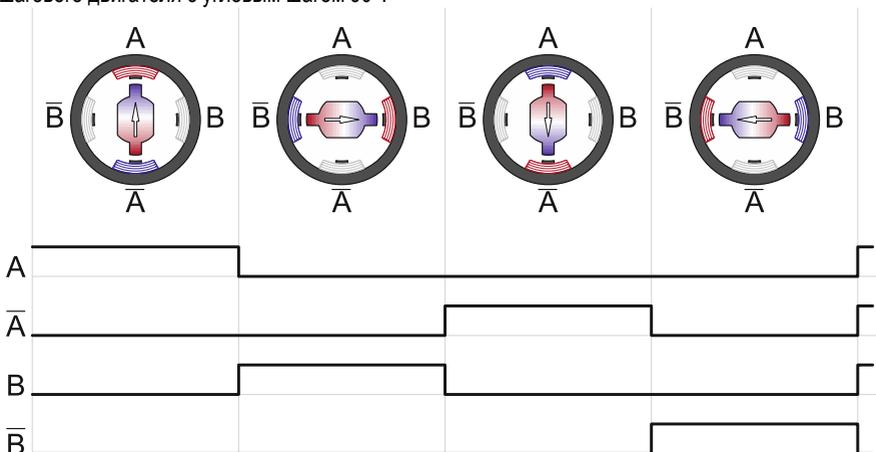


Рисунок 30 – диаграмма волнового управления

Основные недостатки волнового типа управления в том, что в случае биполярного двигателя используется лишь 50% обмоток, а при управлении униполярным двигателем – 25%. То есть при использовании волнового управления невозможно получить момент, который двигатель способен развить.

Полношаговый режим управления. В каждый момент времени задействованы две фазы обмотки статора. Ротор позиционируется в положении между полюсами статора. Угловой шаг ротора такой же, как и при волновом управлении. Однако, положения равновесия ротора сдвинуты на половину шага (по сравнению с положениями в волновом режиме). В таком режиме управления двигатель способен развить момент на величину до 40% больше, чем при волновом управлении. Диаграмма полношагового управления шаговым двигателем представлена на следующем рисунке.

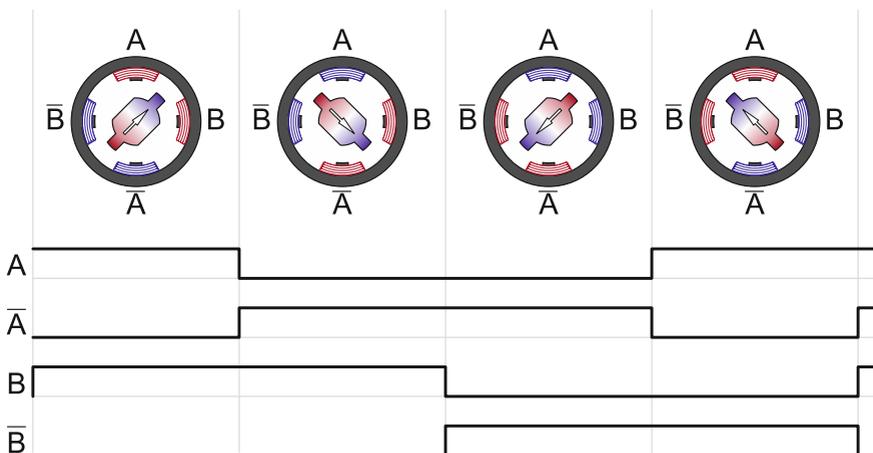


Рисунок 31 – полношаговый режим управления

Полушаговый режим управления – отличается тем, что является совмещением волнового и полношагового режимов. При таком управлении на двигателе запитаны поочередно то одна, то две фазы, а шаг поворота ротора составляет половину шага, выполняемого в полношаговом режиме. Обычно в полушаговой режиме невозможно получить момент равносильный моменту в полношаговом режиме, но современные драйверы позволяют это сделать.

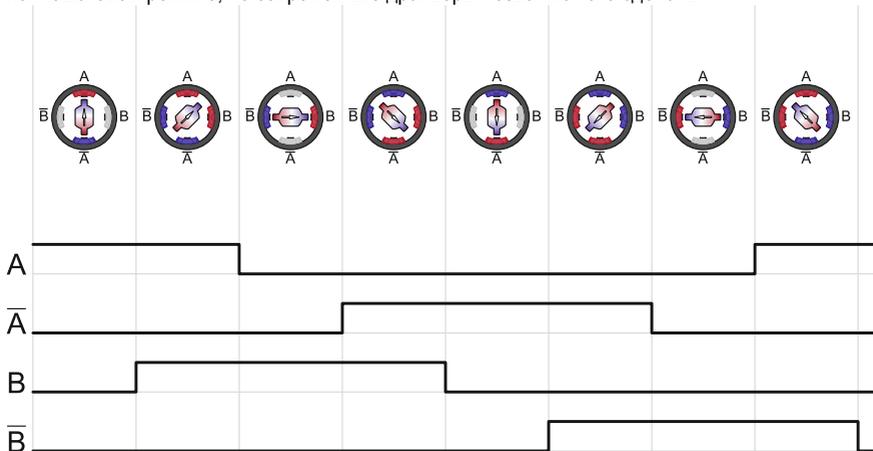


Рисунок 32 – диаграмма работы двигателя в полушаговом режиме

Микрошаговый режим управления может быть реализован с использованием различных коэффициентов деления шага. Чем выше коэффициент деления шага, тем более плавно вращается поле статора, соответственно и ротор вращается также плавно. В этом режиме управления в каждый момент времени задействованы обе питающие фазы двигателя. Ток в фазах не одинаков и изменяется по определенному закону. Изменение токов фаз приводит к изменению положения ротора, причем ротор занимает конечное число устойчивых положений в пределах одного

углового шага. Количество этих положений зависит от коэффициента деления шага. Стоит отметить, что при использовании микрошагового режима управления отключение питания приводит к повороту ротора до физического совпадения полюсов, что обусловлено наличием фиксирующего момента. Таким образом, в случаях, когда необходимо сохранять положение ротора во время остановки двигателя следует подавать в обмотки ток удержания. Обычно ток удержания меньше, чем номинальный. Это позволяет обойтись без применения модификаций двигателей, оснащенных тормозом.

Основные достоинства микрошагового режима управления:

- Увеличение разрешающей способности двигателя (позиционирование ротора более точное);
- Меньший уровень вибраций в сравнении с полношаговым и полушаговым режимом управления;
- Почти бесшумная работа двигателя;
- Не полная, а лишь частичная потеря момента из-за возникающего явления резонанса.

Вместе с тем, для реализации микрошагового режима требуются более сложные драйверы, имеющие функцию деления шага и позволяющие задавать ток удержания.

#### 4.3.5 Момент шагового двигателя

Важнейшей характеристикой шагового двигателя, имеющей практическое значение является максимальный удерживающий момент. Физический принцип работы двигателя заключается во вращении ротора под воздействием опережающего магнитного поля статора. Поле статора в свою очередь создается током, протекающим по обмоткам.

Для двигателя с одной запитанной обмоткой зависимость момента от угла поворота относительно точки равновесия очень близка к синусоидальной.



Рисунок 33 – момент удержания при одной запитанной обмотке ( $S$  – угловой шаг в радианах)

При условии, что к валу двигателя прикладывается момент, не превышающий момента удержания, ротор остается в равновесии. Если же приложить момент выше момента удержания, то ротор повернется.

Момент обесточенного гибридного шагового двигателя имеет конечное значение больше нуля и называется фиксирующим моментом шагового электродвигателя. Он возникает благодаря действию постоянного магнита, встроенного в ротор и составляет порядка 10% от максимального момента двигателя.

Если ток подан в обе обмотки двигателя, то результирующий момент будет равен сумме моментов, создаваемых каждой обмоткой по отдельности. При условии, что токи в обмотках одинаковы точка максимального момента ( $M_x$ ) сместится на половину шага, равно как и точка равновесия ротора (точка  $x$  на графике).

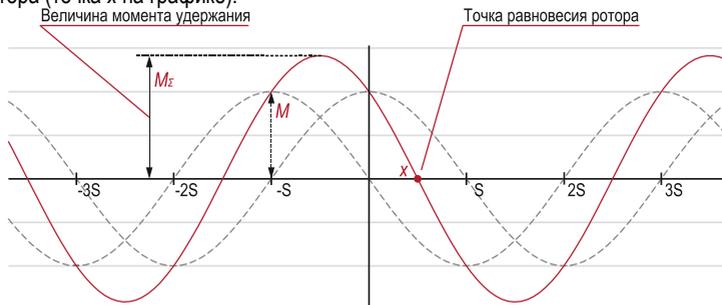


Рисунок 34 – момент удержания двигателя при двух запитанных обмотках

Пунктирными линиями на рисунке показаны моменты, создаваемые обмотками по отдельности. Суммарное пиковое значение момента в случае, когда питание подано на обе фазы в  $\sqrt{2}$  раз превысит значение, достигаемое в случае с одной запитанной обмоткой.



В технической документации в качестве значения максимального удерживаемого момента указывается именно величина, показанная на графике как  $M_x$ .

#### 4.3.6 Механическая характеристика шагового двигателя

Механическая характеристика шагового двигателя – зависимость момента от частоты вращения. Частота вращения шагового двигателя определяется частотой коммутации фаз. Характер этой зависимости напрямую зависит от характера нагрузки, а именно от ее инерции, которая оказывает сильное влияние на параметры шагового привода. С одной стороны, момент инерции нагрузки требует от привода больших моментов при разгоне/торможении, препятствуя изменению скорости, с другой – более инерционная нагрузка положительно влияет на стабильность скорости вращения. Скорость-моментная характеристика является важнейшим параметром шагового двигателя. При выборе двигателя следует понимать, что обмотка статора представляет собой нагрузку индуктивного типа. Величина индуктивности определяет форму и длительность фронтов нарастания и спада тока в катушках обмотки.

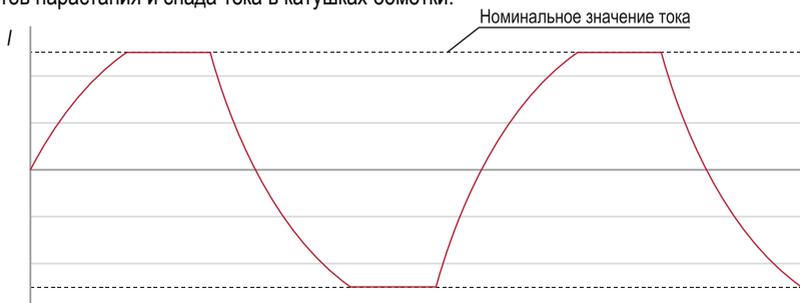


Рисунок 35 – график изменения тока в обмотках при работе двигателя с низкой частотой коммутации фаз

Если двигатель работает на низкой скорости, то времени между коммутациями фаз достаточно, чтобы ток в обмотке достиг своего номинального значения.

На высоких скоростях ток в обмотках не успевает достичь номинального значения, обмотка не получает требуемого количества энергии, что приводит к падению момента.

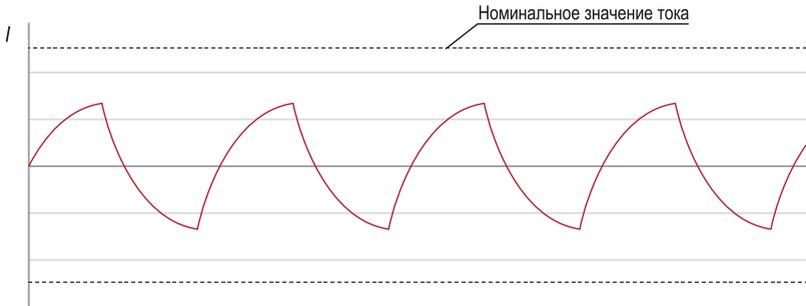


Рисунок 36 - график изменения тока в обмотках (работа двигателя при высокой частоте коммутации фаз)

Для того, чтобы минимизировать падение момента с ростом скорости требуется обеспечить высокую скорость нарастания тока в обмотках. Эффективность этих мероприятий зависит от схемотехнических особенностей управляющего драйвера.

Как показано выше, индуктивность обмотки шагового двигателя находится в тесной взаимосвязи с моментом, который двигатель способен развивать. Большая индуктивность позволяет развить больший момент. Но при высокой частоте коммутации обмоток индуктивная составляющая сопротивления обмотки возрастает. Такая зависимость влечет к потребности увеличения напряжения, выдаваемого источником питания драйвера. Только в таком случае возможно обеспечить необходимую скорость нарастания и величину номинального тока, подаваемого в обмотку двигателя.

На практике возможно применение эмпирической формулы, по которой вычисляется необходимое напряжение питания драйвера с учетом индуктивности обмотки шагового двигателя:

$$U = 32 \cdot \sqrt{L},$$

где 32 – постоянный коэффициент, L – индуктивность обмотки (мГн).



*Напряжение источника питания драйвера следует выбирать принимая во внимание индуктивность обмотки двигателя. Величина индуктивности поможет сориентироваться при выборе источника питания для драйвера.*

Если напряжение источника питания существенно больше полученного значения, то работа двигателя будет сопровождаться высоким уровнем шума и перегревом. Если ощутимо меньше – двигатель не сможет развивать полноценный крутящий момент.

Рассмотрим подробнее механическую характеристику шагового двигателя. На графике ниже показаны две кривые: кривая старта и кривая разгона.

При изменении частоты коммутации от нуля до некоторого значения момент падает незначительно. Но при достижении значения, называемого частотой среза идет характерное падение момента. Частота среза условно показана для каждой кривой.

Кривая старта (pull-in curve) характеризует максимальный момент трения и соответствующую ему частоту вращения, при которых двигатель способен тронуться. Кривая пересекает ось

частот в точке, которая называется частотой приемистости шагового двигателя или максимальной частотой старта. Это частота, на которой двигатель способен тронуться без нагрузки. Момент инерции нагрузки оказывает непосредственное влияние на форму кривой старта. Чем выше момент инерции нагрузки, тем круче будет спад кривой старта. Область под кривой старта называют областью старта.

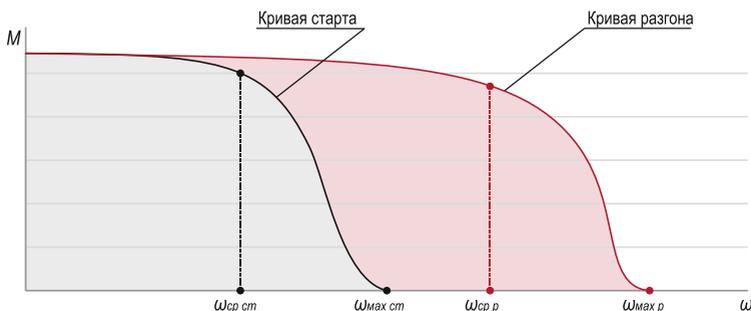


Рисунок 37 – механическая характеристика шагового двигателя

Кривая разгона (pull-out curve) – характеристика, которая показывает при каком моменте трения на данной частоте вращения двигатель способен работать без пропуска шагов. Точка  $\omega_{\max.p}$  на оси частот – максимальная частота разгона двигателя, то есть максимальная скорость двигателя без нагрузки. Область графика, расположенную между кривыми называют областью разгона.

#### 4.3.7 Явление резонанса и методы борьбы с ним

Один из нежелательных эффектов, с которым в той или иной мере приходится сталкиваться при эксплуатации шаговых двигателей – явление резонанса. Эффект проявляет себя в виде резкого падения момента при достижении определенной частоты вращения, которая равна собственной резонансной частоте двигателя. На резонансной частоте момент двигателя равен нулю. Резонанс приводит к пропуску шагов и потере синхронности. Причина возникновения эффекта в том, что при совершении шага ротор не мгновенно останавливается в заданной позиции, а совершает колебания, затухающие с течением времени. Частота этих колебаний зависит от момента инерции ротора и нагрузки, углового шага, а также величины удерживающего момента.

На практике существует несколько методов борьбы с явлением резонанса:

- Применение микрошагового режима управления – самый эффективный метод борьбы с резонансом.
- Использование эластичных муфт для соединения двигателя с нагрузкой.
- Применение драйверов, спроектированных с применением специальных схемотехнических решений и программных алгоритмов.

## 5 Монтаж и эксплуатация шаговых двигателей KIPPRIBOR

### 5.1 Требования к персоналу

К монтажу шаговых двигателей KIPPRIBOR допускаются только квалифицированные специалисты, имеющие допуск к производству электромонтажных работ и ознакомленные с настоящим Руководством.



*Выполняйте работы по установке, ремонту и обслуживанию двигателей только при снятии напряжения с оборудования, выполнив организационные и технические мероприятия, препятствующие случайной подаче напряжения.*

### 5.2 Установка шаговых двигателей

Установка шаговых двигателей KIPPRIBOR серии SMO выполняется на поверхность с учетом габаритных и установочных размеров, приведенных в главе «Технические характеристики». В общем случае на поверхности должно быть выполнено центральное отверстие под выход вала и четыре отверстия под крепежные винты.

#### 5.2.1 Установка двигателей серии SMO-17

Рекомендуемая толщина установочной плиты для шаговых двигателей серии SMO-17 – не менее 4 мм. Вырез под установку в плите должен быть выполнен в соответствии с чертежом:

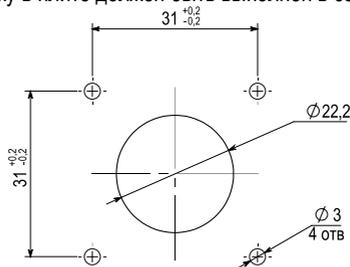


Рисунок 38 - вырез под установку двигателя серии SMO-17

Шаговые двигатели серии SMO-17 устанавливаются на поверхность с помощью монтажного комплекта:

- Винт М3 – 4 штуки.
- Гроверная шайба М3 – 4 штуки.

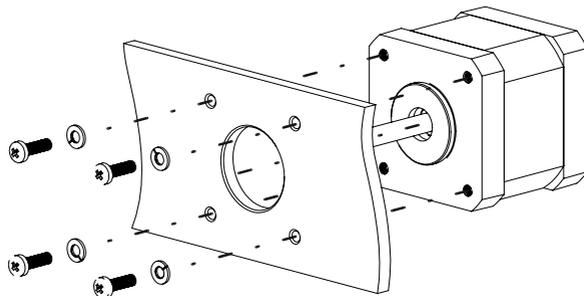


Рисунок 39 - установка двигателей серии SMO-17

При выборе длины установочных винтов для двигателей серии SMO-17 следует учитывать, что они вворачиваются в резьбовые отверстия передней крышки двигателя, в которые с обратной стороны завернуты сборочные винты мотора.



Эффективная длина резьбы под монтажные винты на двигателях серии SMO-17 составляет 4...4,5 мм.

## 5.2.2 Установка двигателей серии SMO-23, SMO-34

Двигатели серий SMO-23, SMO-34 устанавливаются на плиту толщиной не менее 5 мм. Вырез под установку двигателя серии SMO-23 должен быть выполнен по размерам, приведенным на следующем рисунке.

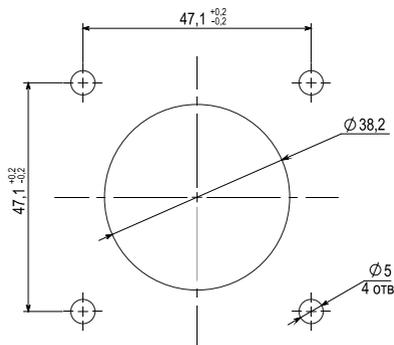


Рисунок 40 – вырез под установку двигателя серии SMO-23

Монтаж двигателей серии SMO-23 производят с помощью комплекта:

- Винт М5 – 4 штуки.
- Гайка М5 – 4 штуки.
- Гроверная шайба М5 – 4 штуки.

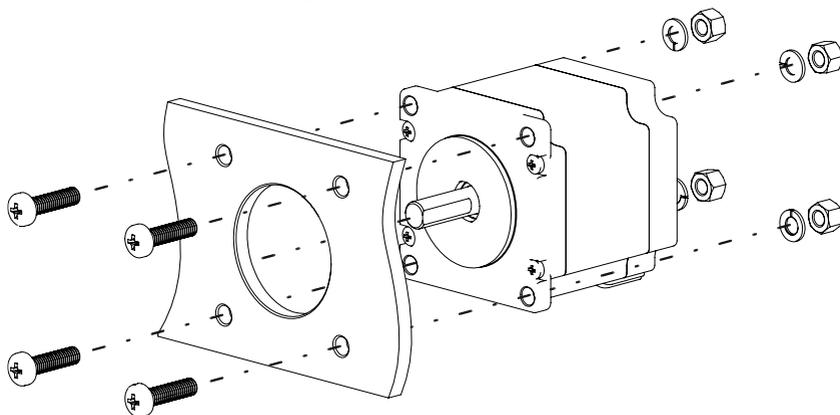


Рисунок 41 - установка двигателей серии SMO-23

Двигатели серии SMO-34 устанавливаются на поверхность, отверстия в которой выполнены в соответствии с чертежом:

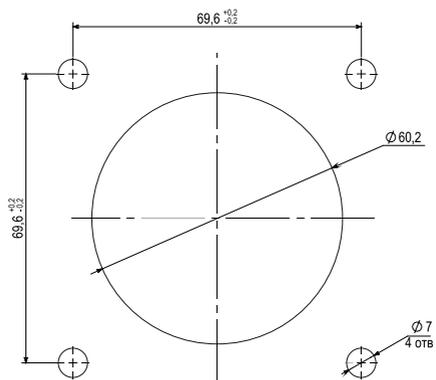


Рисунок 42 - вырез под установку двигателя серии SMO-34

Установка производится с помощью комплекта в составе:

- Винт М6 – 4 штуки.
- Гайка М6 – 4 штуки.
- Гроверная шайба М6 – 4 штуки.

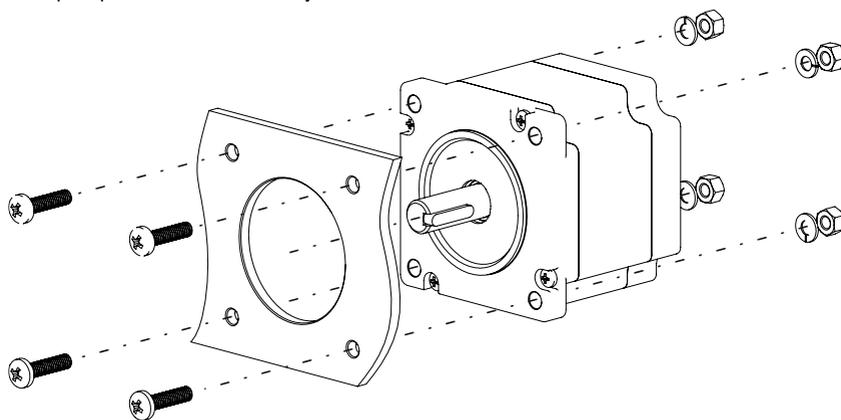


Рисунок 43 - установка двигателей серии SMO-34

В ситуации, когда толщина монтажной плиты существенно больше рекомендуемой, двигатели серий SMO-23, SMO-34 могут быть установлены с помощью четырех винтов и шайб, завернутых с обратной стороны двигателя в резьбовые отверстия в плите.

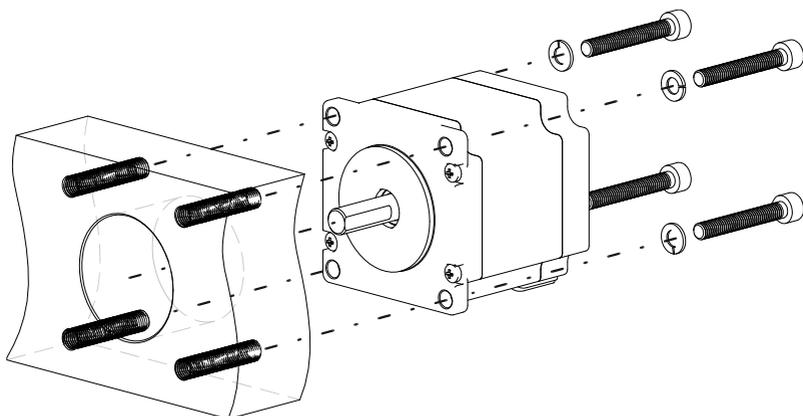


Рисунок 44 – установка двигателей SMO-23, SMO-34 на резьбовые отверстия в плите

### 5.2.3 Типы передач с применением шаговых двигателей

Привод на основе шагового двигателя KIPPRIBOR серий SMO может быть реализован с применением различного типа передачи. Каждый тип передачи имеет свои достоинства и недостатки, которые могут оказаться критичными в рамках одной конкретной задачи, а при выполнении другой окажутся не столь значимыми. Ниже приведено краткое описание основных типов передач, применяемых в шаговых приводах.

**Ременная передача** – один из самых популярных типов передачи в приводах с шаговым двигателем. Как правило строится с применением зубчатого ремня.

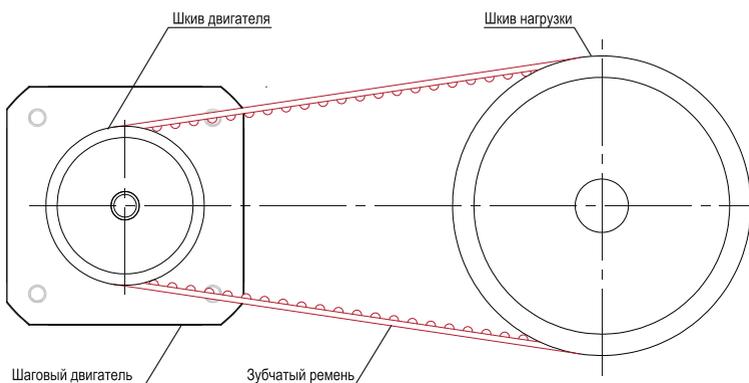
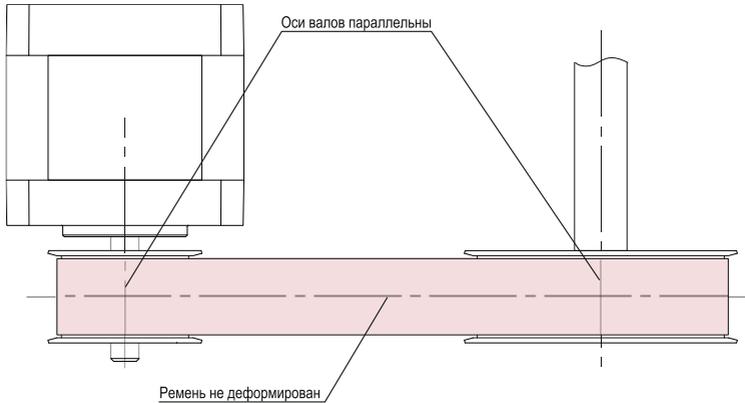


Рисунок 45 – ременная передача

Основными достоинствами такого привода являются:

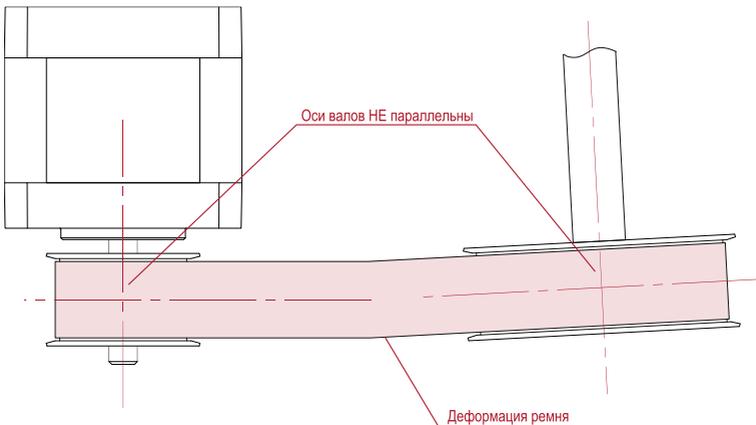
- Низкий уровень шума.
- Плавность хода.
- Упругость ремня способствует защите механических частей от рывков.
- Способность передачи работать на относительно большие расстояния.

Из недостатков можно отметить довольно большие габариты, повышенную нагрузку на валы, обусловленную натяжением ремня и относительно низкий срок службы ремней.



*Рисунок 46 – правильная установка*

При построении привода с использованием ременной передачи необходимо обеспечить параллельность валов двигателя и нагрузки, а также отсутствие перекоса ремня. Не следует допускать элементарных ошибок. Это приводит к сокращению жизненного цикла ремня, низкой эффективности самой передачи и сбоям в работе оборудования.



*Рисунок 47 – ошибка при монтаже: непараллельность валов двигателя и нагрузки*

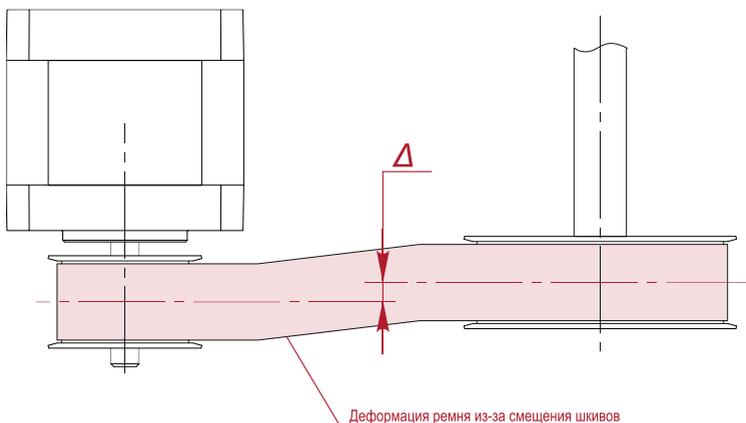


Рисунок 48 – ошибка при монтаже: смещение шкивов

**Шарико-винтовая передача (ШВП)** – еще один из наиболее востребованных типов передач с использованием шагового двигателя. В конструкции передачи используется винт, соединенный с валом двигателя с помощью пружинной муфты.

ШВП – один из видов линейного привода, который преобразует вращательное движение двигателя в поступательное движение исполнительного механизма. Наиболее значимые преимущества ШВП:

- Ничтожно низкие потери на трение.
- Высокая точность позиционирования рабочего органа.
- Высокая перегрузочная способность.

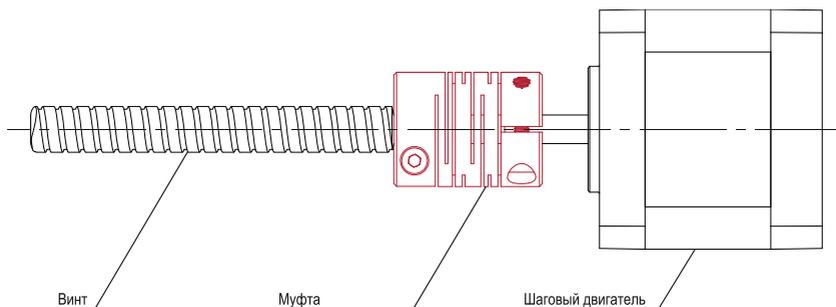


Рисунок 49 – ШВП с использованием пружинной муфты

Применение ШВП требует особого внимания к чистоте рабочих поверхностей. Попадание пыли, стружки, абразивных частиц вызывает резкое падение точностных характеристик передачи и сокращение срока эксплуатации.

**Реечная передача.** Основана на применении пары рейка-шестерня.

Передача преобразует вращательное движение шестерни, закрепленной на валу шагового двигателя в поступательное движение рейки. Положительные особенности передачи:

- Большой КПД.

- Высокая надежность при больших нагрузках.
- Простота обслуживания.

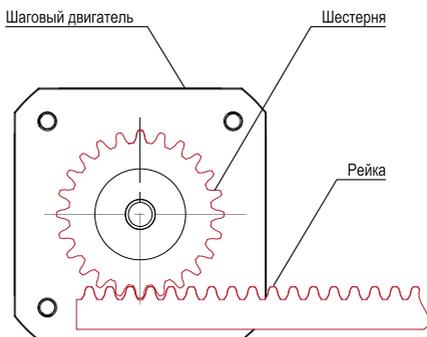


Рисунок 50 – реечная передача

Несмотря на то, что данный вид передачи не способен обеспечить точность высокого уровня, он находит широкое применение в задачах, где точность не является первостепенным требованием.

#### 5.2.4 Электрическое подключение



*К монтажу двигателей допускаются только квалифицированные специалисты, имеющие допуск к производству электромонтажных работ и ознакомленные с настоящим Руководством.*

*Внимание! Не следует тянуть провода из корпуса шагового двигателя. Возможно повреждение и выход двигателя из строя.*

*Во избежание повреждений при монтаже укладывайте провода кабельного вывода с радиусами изгиба не менее 10мм.*

Шаговые двигатели KIPPRIBOR серии SMO оснащены выводом, состоящим из четырех или восьми многожильных проводников без общей оболочки. Электрическое подключение следует производить с помощью клеммных колодок в соответствии со схемами, приведенными в Главе 3. Проводники следует оконцовывать кольцевыми наконечниками или наконечниками-гильзами в зависимости от типа присоединительных клемм. Во избежание повреждений в процессе эксплуатации, кабель следует закрепить либо уложить в канал, закрывающийся крышкой.

## 6 Гарантийное и плановое техническое обслуживание

### 6.1 Плановое техническое обслуживание

В процессе эксплуатации двигателя необходимо не реже 1 раза в 6 месяцев проводить мероприятия по его обслуживанию:

- Проверка надежности крепления двигателя на монтажной поверхности.
- Проверка надежности электрических подключений.
- Проверка крепления кабельного вывода.
- Очистка поверхности двигателя от грязи.

Обнаруженные недостатки следует немедленно устранить.



*Накопление пыли и грязи на поверхности двигателя приводит к ухудшению теплоотдачи. Это может привести к перегреву и выходу из строя!*

При выполнении работ по техническому обслуживанию следует соблюдать мероприятия, изложенные в главе «Меры безопасности».

### 6.2 Условия хранения

Двигатели следует хранить в крытых помещениях, в упаковке предприятия изготовителя, в условиях, исключающих контакт с влагой и при отсутствии в атмосфере токопроводящей пыли и паров химически активных веществ, вызывающих коррозию металлических частей и повреждение изоляции. Срок хранения 3 года со дня изготовления. Условия хранения I по ГОСТ15150. Срок службы 5 лет.

### 6.3 Гарантии изготовителя

Предприятие-изготовитель гарантирует работоспособность двигателя при соблюдении всех мер безопасности, правил монтажа, эксплуатации, при проведении планового технического обслуживания, а также при работе двигателя при номинальных рабочих параметрах, указанных в паспорте и руководстве по эксплуатации.

Гарантийный срок службы составляет 12 месяцев с даты продажи при условии соблюдения потребителем мер безопасности, правил эксплуатации, транспортировки, хранения, монтажа и при проведении своевременного регулярного планового технического обслуживания.

В случае выхода двигателя из строя в течение гарантийного срока, при соблюдении потребителем правил эксплуатации, транспортировки, хранения и монтажа, а также при наличии заполненной ремонтной карты, предприятие-изготовитель обязуется осуществить его бесплатный ремонт или замену на новый.

#### 6.4 Гарантийное обслуживание

Условия проведения гарантийного обслуживания:

- Гарантийное обслуживание осуществляется в условиях сервисного центра.
- Фактическое наличие неисправного товара в момент обращения в сервисный центр.
- Гарантийное обслуживание осуществляется в течение всего гарантийного срока, установленного на товар.
- При проведении ремонта срок гарантии продлевается на период нахождения товара в ремонте.

Право на гарантийное обслуживание недействительно в случаях, когда:

- Неисправность устройства вызвана нарушением правил его эксплуатации, транспортировки и хранения, изложенных в руководстве.

- На устройстве отсутствует или нарушена (не читаема) заводская этикетка с серийным номером.
- Ремонт, техническое обслуживание или модернизация устройства производились лицами, не уполномоченными на то компанией-производителем.
- Дефекты устройства вызваны эксплуатацией устройства в составе комплекта неисправного оборудования.
- Неисправность устройства вызвана прямым или косвенным действием механических сил, химического, термического воздействия, излучения, агрессивных или нейтральных жидкостей, газов или иных токсичных, или биологических сред, а также любых иных подобных факторов искусственного или естественного происхождения.

## 6.4 Комплект поставки

Таблица 11 – комплект поставки шаговых двигателей серии SMO

Наименование	Количество
Шаговый двигатель серии SMO	1 штука
Паспорт и гарантийный талон <sup>3</sup>	1 штука

<sup>3</sup> - паспорт на бумажном носителе поставляется в комплекте с двигателем только по предварительному требованию заказчика.