

# Применение датчиков частоты вращения для обеспечения режимов работы и эксплуатационной безопасности роторов

**Александр Драпезо, Игорь Буслов, Валерий Бауткин, Владимир Адашкевич (Беларусь)**

**С учётом эксплуатационной безопасности машин рассмотрены вопросы применения и основные характеристики импульсных датчиков частоты вращения.**

Практически все мобильные машины и технологические комплексы содержат роторы или роторные системы, которые непосредственно влияют на качественные показатели и безопасность самой машины. В настоящее время к машинам и оборудованию в промышленности, транспорте, энергетике и бытовой технике предъявляются повышенные требования по эксплуатационной безопасности. Например, ко всем машинам, использу-

емым на европейском рынке, применяется директива подтверждения общих требований по охране здоровья и безопасности ЕС 2006/42/ЕС. Разработаны гармонизированные стандарты уровня совокупной безопасности (SIL) EN ISO 13849-1 и EN IEC 62061, описывающие состояние техники в течение жизненного цикла оборудования и подтверждающие надёжность функционирования системы обеспечения эксплуатационной безопасности, ко-

торая включает датчики, устройства управления, исполнительные механизмы, аппаратно-программные и иные средства.

Частота вращения роторов, как физическая величина, повсеместно используется в системах управления, информационных системах и средствах технической диагностики для обеспечения работы машины по заданным показателям назначения и предотвращения аварийных состояний. Технические средства измерения и контроля частоты вращения представлены очень широко. Устройства и датчики используют различные принципы взаимодействия с вращающимся ротором и последующим преобразованием од-

**Таблица 1. Основные разновидности электромагнитных преобразователей для импульсных датчиков частоты**

Наименование	Принцип работы	Типовые характеристики*
Преобразователь бесконтактный индуктивный (пассивный элемент)	Используется эффект изменения комплексного сопротивления катушки индуктивности, взаимодействующей с металлической отметкой вала ротора. Пример: катушка индуктивности, включённая в резонансный контур автогенератора; изменение ее сопротивления приводит к срыву генерации	Рабочая полоса частот, Гц 0...2000; Рабочий зазор, мм 0,1...10; Температурный диапазон применения, °C -20...70
Преобразователь бесконтактный индукционный (генераторный элемент)	Используется эффект наведения ЭДС в катушке при изменении магнитного поля, которое могут создавать отметки вала, выполненные в виде магнитов, или магниты, встроенные в датчик	Рабочая полоса частот, Гц 20...20 000; Рабочий зазор, мм 0,1...1,0; Температурный диапазон применения, °C -60...120
Преобразователь Холла (генераторный элемент)	Используется ЭДС Холла, возникающая вследствие замыкания поля магнита, встроенного в датчик, через зазор и ферромагнитную отметку вала на элемент Холла; либо прямое воздействие на элемент Холла магнитами, установленными на роторе	Рабочая полоса частот, Гц 0... 5000; Рабочий зазор, мм 0,1...10; Температурный диапазон применения, °C -60...120

\*Приведены усреднённые значения, характерные для типа физического преобразования

**Таблица 2. Основные параметры датчиков ДРЧХ-8М**

Обозначение	ДРЧХ-8М-1	ДРЧХ-8М-2	ДРЧХ-8М-3	ДРЧХ-8М-4	ДРЧХ-8М-6	ДРЧХ-8М-7	ДРЧХ-8М-8	ДРЧХ-8М-9	ДРЧХ-8М-14
Величина рабочего зазора, мм	0...5					0...3		0...5	0...3
Ток потребления не более, мА	25								
Диапазон измеряемой частоты, Гц	500...10000								
Напряжение питания, В	18...30					7...16		18...30	5±0,1
Выходной сигнал: открытый коллектор п-р-п-транзистора Максимальный ток коллектора, мА	250								
<b>Габаритные размеры</b>									
D, мм	M20×1					M18×1		M20×1	M18×1
d, мм	18					16,5		18	16,5
L, мм	95	81	142	177	142	95	115	95	
l1, мм	77	60	72	107	72	77	47	77	
l2, мм	3	5	54			3	53	3	
Диапазон рабочих температур, °C	-40...+125	-60...+125	-60...+125			-60...+120	-40...+125	-60...+120	-40...+120
Класс защиты	IP67								

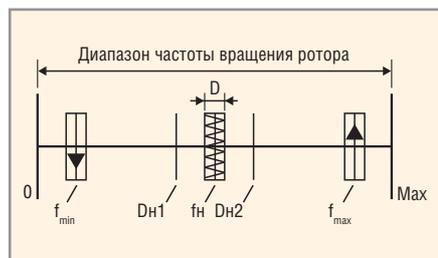


Рис. 1. Параметры частоты вращения



Рис. 2. Общий вид датчиков ДЧХ

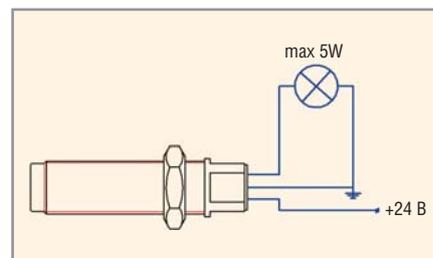


Рис. 3. Схема подключения датчика ДРЧХ-8М

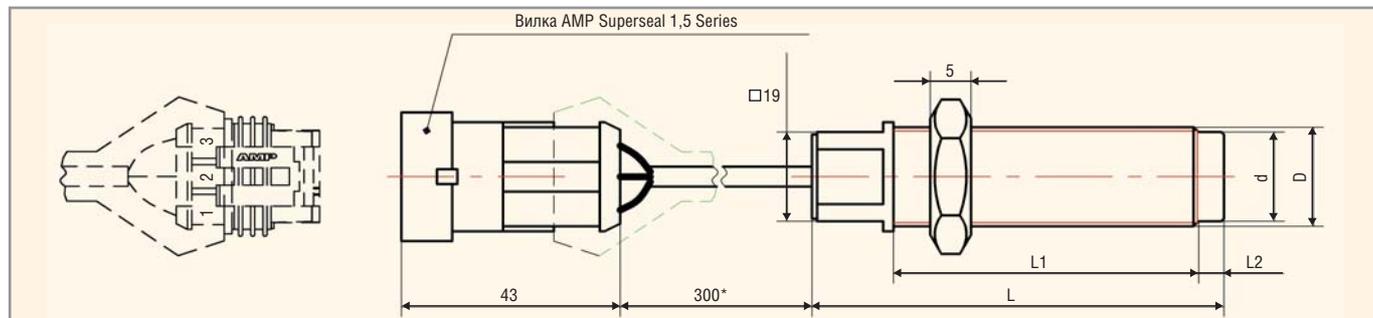


Рис. 4. Габаритный чертёж датчиков ДРЧХ-8М, ДЧХ-8М, ДКЧХ-8М

нозначно зависимой от частоты вращения физической величины в электрический сигнал. Большое распро-

странение в производственных системах и мобильных машинах получили измерительные преобразователи, ра-

бота которых основана на электромагнитном взаимодействии с элементами вала ротора, называемыми отметками.

Таблица 3. Основные параметры датчиков ДЧХ-8М

Обозначение	ДЧХ-8М-1	ДЧХ-8М-2	ДЧХ-8М-3	ДЧХ-8М-4	ДЧХ-8М-6	ДЧХ-8М-7	ДЧХ-8М-8	ДЧХ-8М-9	ДЧХ-8М-14
Величина рабочего зазора, мм			0...5			0...3		0...5	
Ток потребления не более, мА			25			40		25	
Диапазон измеряемой частоты, Гц			50...10 000			0,5...3000		50...10 000	
Напряжение питания, В			18...30			7...16		18...30	
Выходной сигнал (Uвых), В при Uвых.0 при Uвых.1			≤1 Uпит.-1						
<b>Габаритные размеры</b>									
D, мм			M20×1			M18×1		M20×1	
d, мм			18			16,5		18	
L, мм	95		81	142	177	142	95	115	95
l1, мм	77		60	72	107	72	77	47	77
l2, мм	3		5		54		3	53	3
Сопротивление нагрузки не менее, кОм			2						
Диапазон рабочих температур, °С	-40...+125		-60...+125			-60...+120	-40...+125	-60...+120	-40...+120
Класс защиты			IP67						

Таблица 4. Основные параметры датчиков ДКЧХ-8М

Обозначение	ДКЧХ-8М-1	ДКЧХ-8М-2	ДКЧХ-8М-3	ДКЧХ-8М-4	ДКЧХ-8М-6	ДКЧХ-8М-7	ДКЧХ-8М-8	ДКЧХ-8М-9	ДКЧХ-8М-14
Величина рабочего зазора, мм			0...5			0...3		0...5	
Ток потребления не более, мА			25						
Диапазон измеряемой частоты, Гц			50...10 000			0,5...3000		50...10 000	
Напряжение питания, В			18...30			7...16		18...30	
Выходной сигнал (Uвых), В при Uвых.0 при Uвых.1			≤1 Uпит.-1						
Открытый коллектор p-p-n-транзистора Максимальный ток коллектора, мА			250						
<b>Габаритные размеры</b>									
D, мм			M20×1			M18×1		M20×1	
d, мм			18			16,5		18	
L, мм	95		81	142	177	142	95	115	95
l1, мм	77		60	72	107	72	77	47	77
l2, мм	3		5		54		3	53	3
Диапазон рабочих температур, °С	-40...125		-60...125			-60...120	-40...125	-60...120	-40...120
Класс защиты			IP67						

Основные разновидности электромагнитных преобразователей для импульсных датчиков частоты перечислены в таблице 1. Такие преобразователи формируют на выходе последовательность импульсов, соответствующую прохождению отметок вала ротора через рабочую зону датчика. Частота вращения ротора связана с частотой следования импульсов от такого датчика выражением  $F_B = f_{имп}/n$ , где  $n$  – число отметок на валу ротора.

На рисунке 1 приведены параметры частоты вращения, которые используются для контроля функционирования машины. Производные величины от частоты вращения роторов в переходных режимах, такие как ускорение и рывок, также являются важными параметрами для систем регулирования и диагностики, например, в мобильных и подъёмно-транспортных машинах.

Датчики частоты вращения, общий вид которых показан на рисунке 2, могут применяться в качестве генераторов импульсного сигнала, частота которого пропорциональна скорости вращения ротора. Затем выполняется обработка этого сигнала вторичным устройством, например программируемым контроллером, который по заданному алгоритму определяет параметры частоты вращения (см. рис.1) и использует их для обеспечения функционирования и безопасности работы машины.

Однако для предотвращения аварийных режимов целесообразно применение датчиков, непосредственно формирующих сигнал выхода заданного параметра (частоты вращения) за пределы предварительно установленного значения. Такие релейные датчики изготавливаются под частоту вращения конкретного ротора и обеспечивают высокую надёжность контроля при невысокой стоимости.

Показатели назначения типоряда датчиков частоты вращения, приведённые ниже, удовлетворяют требованиям к обеспечению безопасности и технологической надёжности работы машин и оборудования.

### ДАТЧИК ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ РЕЛЕЙНЫЙ ДРЧХ-8М

Датчики ДРЧХ-8М предназначены для независимой аварийной сигнализации функционального контроля вращающихся элементов силового и технологического оборудования. Основные параметры датчиков ДРЧХ-8М представлены в таблице 2.

Когда элемент (шестерня) находится в движении, лампа не горит; при остановке объекта относительно датчика в результате поломки лампа загорается. Схема подключения датчика ДРЧХ-8М показана на рисунке 3. Габаритный чертёж датчика ДРЧХ-8М приведён на рисунке 4.

По требованию заказчика поставка датчиков возможна:

- с напряжением питания 5, 9, 12, 24 В (бортовая сеть);
- с кабелем любой длины;
- с различными разъёмами;
- с двумя гайками;
- с уменьшением нижней границы измеряемой частоты;
- по техническим требованиям заказчика.

### ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ЧАСТОТЫ ДЧХ-8М

Предназначен для контроля частоты вращения (тахометра), в том числе косвенного измерения скорости движения. Оснащён встроенным блоком электроники, обеспечивающим устойчивую работу при зазорах с ферромагнитным зубом шестерни до 5–7 мм и модуле зубчатого венца шестерни не менее 2. Основные параметры датчиков ДЧХ-8М представлены в таблице 3.

Принцип действия датчиков основан на измерении с помощью магниточувствительных ИС частоты изменения магнитного поля, создаваемого перемещающимися периодическими ферромагнитными элементами – шестернями, зубчатыми рейками и т.п. Конструктивно датчики выполнены в виде цилиндра из немагнитного материала со встроенной магнитной системой из сплава ЮНДК или КС-37 и микроплатой, на которой установлены магниточувствительный элемент, усилитель, формирователь импульсов и стабилизатор напряжения.

В отличие от индукционных аналогов, эти датчики обеспечивают выходной сигнал, амплитуда которого постоянна во всём рабочем диапазоне. Максимальный зазор между торцом датчика и ферромагнитным объектом может быть в два-три раза больше, чем у индукционных датчиков. Когда элемент (шестерня) находится в движении, лампа не горит; при остановке объекта относительно датчика в результате поломки лампа загорается. Габаритный чертёж датчика ДЧХ-8М показан на рисунке 4.

По требованию заказчика поставка датчиков возможна:

- с напряжением питания 5, 9, 12, 24 В (бортовая сеть);

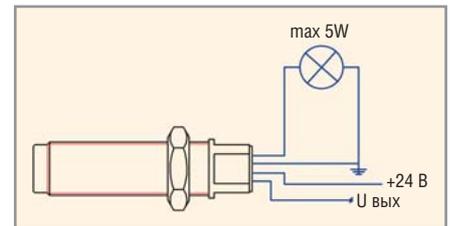


Рис. 5. Схема подключения датчика ДКЧХ-8М

- с кабелем любой длины;
- с различными разъёмами;
- с двумя гайками;
- с диапазонами измеряемой частоты 0,5-3000 Гц или 50-10000 Гц;
- по техническим требованиям заказчика.

### ДАТЧИК ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ КОМБИНИРОВАННЫЙ ДКЧХ-8М

Датчики ДКЧХ-8М предназначены для контроля частоты вращения (тахометра), в том числе для косвенного измерения скорости движения и для независимой аварийной сигнализации функционального контроля вращающихся элементов. Основные параметры датчиков ДКЧХ-8М приведены в таблице 4.

Схема подключения датчика ДКЧХ-8М показана на рисунке 5, а габаритный чертёж – на рисунке 4. Когда элемент (шестерня) находится в движении, лампа не горит; при остановке объекта относительно датчика в результате поломки лампа загорается.

По требованию заказчика поставка датчиков возможна:

- с напряжением питания 5, 9, 12, 24 В (бортовая сеть);
- с кабелем любой длины;
- с различными разъёмами;
- с двумя гайками;
- с диапазонами измеряемой частоты 0,5–3000 Гц или 50–10 000 Гц;
- по техническим требованиям заказчика.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Турчин А.М. Электрические измерения неэлектрических величин. Энергия, 2008.
2. Прокошин В.И., Дραπεзо А.П., Ярмолович В.А. Новые методы контроля с помощью прецизионных механоэлектрических микропреобразователей. Наука и инновации, № 11, 2008, С. 69–71.
3. Ишин Н.Н., Адашкевич В.И., Скороходов А.С. Методические подходы создания инструментальных средств диагностики узлов трансмиссионных систем автомобиля в условиях эксплуатации. Механика машин механизмов и материалов, № 1, 2010, С. 57–62
4. <http://www.mashin.ru/jurnal/>.

