



Алексей Бармин, Максим Ташлицкий

## Преобразователи частоты фирмы Siemens

Статья посвящена преобразователям частоты фирмы Siemens, предназначенным для управления электроприводом переменного тока общего назначения. На конкретных примерах рассмотрены основные способы управления преобразователями, показаны пути их интеграции в АСУ ТП.

Практически невозможно представить себе современную жизнь без электропривода. Миллионы электродвигателей в буквальном смысле оживляют и приводят в движение бесконечное число машин и механизмов, начиная от детской игрушки и заканчивая, скажем, прокатным станом. И если для

игрушек задача управления электроприводом состоит в осуществлении пуска/останова, а иногда в изменении направления вращения, то для большинства других применений требуется еще и регулирование скорости вращения или связанной с ней производительности электропривода. Решение

этой весьма непростой технической проблемы может осуществляться различными способами.

Для регулирования скорости вращения двигателей широко используются три основных типа устройств: механические вариаторы, гидравлические и электромагнитные муфты скольжения и электронные регуляторы. Основным недостатком первых двух типов устройств является наличие механически изнашиваемых элементов, которые затрудняют эксплуатацию и обслуживание приводов, особенно в загрязненных и взрывоопасных средах, а также необходимость компоновки регулирующего устройства в один агрегат вместе с двигателем и нагрузкой. Электронные регуляторы свободны от этих недостатков и поэтому находят все более широкое применение.

### Немного теории...

#### Основные понятия, определения, принципы работы

Электропривод включает в себя электрический двигатель, преобразователь электрической энергии (например, преобразователь частоты) и систему управления. В промышленности и быту применяются двигатели переменного и постоянного тока. Исторически сложилось, что для регулирования скорости вращения чаще использовали



Спектр продукции фирмы Siemens

двигатели постоянного тока. Преобразователь в данном случае регулировал только напряжение, был прост и дешев. Однако двигатели постоянного тока имеют сложную конструкцию, критичный в эксплуатации щеточный аппарат и сравнительно дорогие. Асинхронные двигатели широко распространены, надежны, имеют относительно невысокую стоимость, хорошие эксплуатационные качества, но регуляторы скорости их вращения из-за сложности систем электронного регулирования частоты питающего напряжения стоили до начала 80-х годов дорого и не обладали качествами, необходимыми для широкого внедрения в индустрию. Благодаря бурному развитию электроники и появлению недорогих преобразователей частоты стало возможным регулирование скорости вращения асинхронных двигателей в широких масштабах. Быстрый рост рынка преобразователей частоты для асинхронных двигателей не в последнюю очередь стал возможен в связи с появлением новой элементной базы — силовых модулей на базе IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor — биполярный транзистор с изолированным затвором), рассчитанных на токи до нескольких килоампер, напряжение до нескольких киловольт и имеющих частоту коммутации 30 кГц и выше.

Для лучшего понимания принципов, лежащих в основе электронных систем регулирования скорости вращения, напомним устройство асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором — наиболее массового, повсеместно применяемого типа электродвигателя. Достаточно сказать, что суммарный объем электроэнергии, используемой для приведения в движение всех приводов с асинхронными двигателями, составляет более 50% всей потребляемой электроэнергии. Такой двигатель имеет неподвижный статор с обмотками, образующими полюса, и подвижный короткозамкнутый ротор. При приложении к статорным обмоткам электродвигателя трехфазного напряжения статорными токами, сдвинутыми относительно друг друга на 120 градусов, формируется вращающееся магнитное поле статора. Это поле индуцирует в роторе токи, порождающие собственное поле ротора, которое вращается синхронно с полем статора и образует общий вращающийся поток двигателя. В результате взаимодействия токов ротора с магнитным потоком

возникают действующие на проводники ротора механические силы и вращающий электромагнитный момент. При этом для создания момента необходимо, чтобы статорное поле вращалось со скоростью выше частоты вращения ротора. Эта разница в скорости вращения называется скольжением.

Скорость ротора асинхронного электродвигателя можно регулировать изменением частоты питающего напряжения, амплитуды питающего напряжения, числа пар полюсов статора.

Для изменения скорости вращения асинхронного электродвигателя наиболее широко используются устройства, позволяющие менять частоту подводимого напряжения — полупроводниковые преобразователи частоты. В простейшем случае частотного регулирования управление скоростью вращения осуществляется путем изменения частоты и амплитуды напряжения трехфазного источника питания. Как известно, регулирование скорости асинхронного двигателя изменением частоты подводимого к статору напряжения возможно как в сторону снижения скорости, так и в сторону увеличения скорости выше номинальной. При регулировании частоты вниз от номинальной можно выбрать такой закон частотного управления (соотношение между частотой и амплитудой питающего напряжения, подводимого к статору асинхронного двигателя), что магнитный поток машины будет поддерживаться неизменным. В этом случае максимальный момент двигателя сохраняется неизменным, и таким образом обеспечивается постоянство перегрузочной способности во всем диапазоне регулирования при неизменном моменте нагрузки. При регулировании частоты вверх от номинальной, что возможно у преобразователей частоты с промежуточным контуром постоянного тока, имеет место режим сниже-

ния магнитного потока двигателя, поскольку амплитуда напряжения остается неизменной на уровне ее номинального значения.

Существует два основных типа преобразователей частоты: с непосредственной связью и с промежуточным контуром постоянного тока. В первом случае выходное напряжение синусоидальной формы формируется из участков синусоид преобразуемого входного напряжения. При этом максимальное значение выходной частоты принципиально не может быть равным частоте питающей сети. Частота на выходе преобразователя этого типа обычно лежит в диапазоне от 0 до 25–33 Гц. Но наибольшее распространение получили преобразователи частоты с промежуточным контуром постоянного тока, выполненные на базе инверторов напряжения. Структурная схема такого преобразователя приведена на рис. 1. Переменное напряжение сети преобразуется с помощью диодного выпрямителя, а затем сглаживается в промежуточной цепи индуктивно-емкостным фильтром. И, наконец, инвертор, выходной каскад которого обычно выполняется на основе IGBT-модулей, осуществляет обратное преобразование из постоянного тока в переменный, обеспечивая формирование выходного сигнала с необходимыми значениями напряжения и частоты. Наиболее часто в инверторах применяется метод высокочастотной широтно-импульсной модуляции (ШИМ). В этом случае выходной сигнал преобразователя представляет собой последовательность импульсов напряжения постоянной амплитуды и изменяющейся длительности, которая на индуктивной нагрузке, каковой является обмотка статора, формирует токи синусоидальной формы (рис. 2). Возможный диапазон регулирования частоты — от 0 до нескольких тысяч герц.

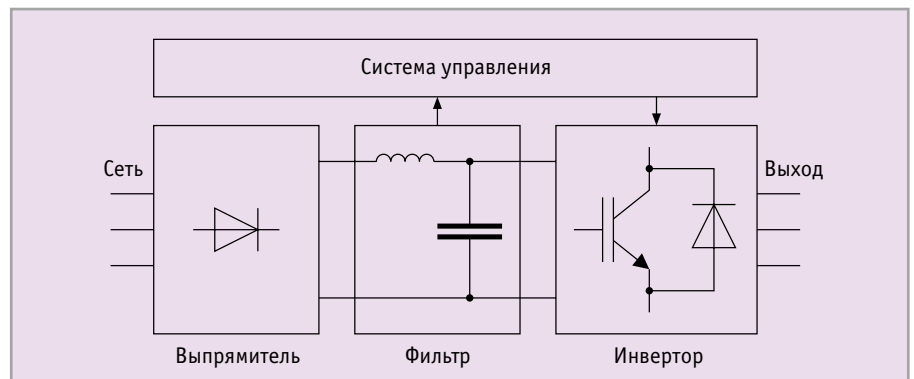


Рис. 1. Структурная схема преобразователя частоты с промежуточным контуром постоянного тока

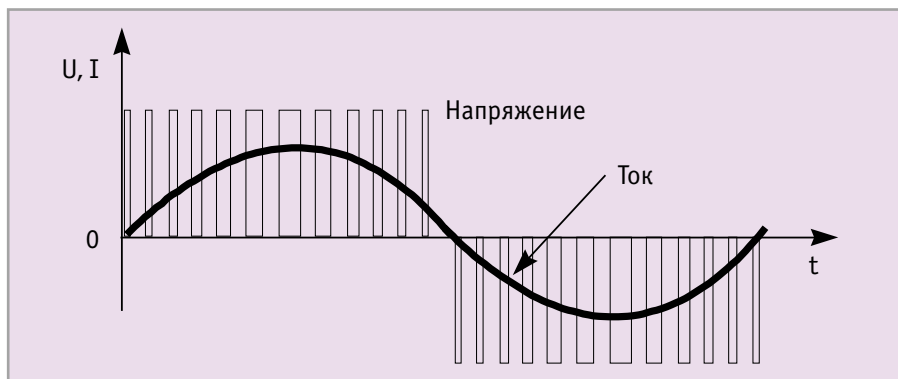


Рис. 2. Выходной сигнал преобразователя частоты

### Типы нагрузок

Требования к электроприводу определяются диапазоном требуемых скоростей и типом нагрузки. Зависимость между скоростью вращения и моментом сопротивления неодинакова для нагрузок разного типа (рис. 3). Многие нагрузки могут рассматриваться как имеющие постоянный момент во всем диапазоне изменения скорости. К ним относятся, например, конвейеры, компрессоры и поршневые насосы.

Некоторые виды нагрузки имеют переменную механическую характеристику, для которой момент нагрузки возрастает с увеличением скорости

вращения. Типичным примером устройств с такой нагрузкой являются центробежные насосы и вентиляторы, чья механическая характеристика описывается уравнением квадратичной параболы, а значит, потребляемая мощность пропорциональна кубу скорости вращения. Из этого следует, что даже небольшое снижение скорости электропривода может дать значительный выигрыш в мощности — вот почему экономия электроэнергии является главным преимуществом использования управляемого электропривода для насосов и вентиляторов. Теоретически снижение скорости на 10% дает трид-

цатипроцентную экономию потребляемой мощности.

Есть класс устройств (экструдеры, промышленные миксеры), у которых механическая характеристика близка к характеристике насосов и вентиляторов. Но особенность нагрузок такого типа состоит в наличии высокого пускового момента, который с увеличением скорости снижается, а затем, начиная с некоторого значения, характеристика становится квадратичной.

Кроме того, существует и большое число нагрузок с совершенно уникальными механическими характеристиками. Поэтому в любом случае выбору электродвигателя и преобразователя частоты должен предшествовать этап анализа характера нагрузки и ее механической характеристики.

### Режимы управления электродвигателем

В зависимости от характера нагрузки преобразователь частоты обеспечивает различные режимы управления электродвигателем, реализуя ту или иную зависимость между скоростью вращения электродвигателя и выходным напряжением.

Режим с линейной зависимостью между напряжением и частотой ( $U/f=\text{const}$ ) реализуется простейшими преобразователями частоты для обеспечения постоянного момента нагрузки и используется для управления синхронными двигателями или двигателями, подключенными параллельно. Вместе с тем при уменьшении частоты, начиная с некоторого значения, максимальный момент двигателя начинает падать. Для повышения момента на низких частотах в преобразователях предусматривается функция повышения начального значения выходного напряжения, которая используется для компенсации падения момента для нагрузок с постоянным моментом или увеличения начального момента для нагрузок с высоким пусковым моментом, таких, например, как промышленный миксер. Для регулирования электроприводов насосов и вентиляторов используется квадратичная зависимость напряжение/частота ( $U/f^2 = \text{const}$ ). Этот режим, так же как и предыдущий, можно использовать для управления параллельно подключенными двигателями.

Перечисленные режимы управления достаточны для большинства применений. Вместе с тем для повышения качества управления приводом требуется использование других, более совершенных методов управления. К ним относятся метод управления потокосцеплением (Flux Current Control — FCC) и метод бессенсорного векторного управления (Sensorless Vector Control — SVC). Оба метода базируются на использовании адаптивной модели электродвигателя, которая строится с помощью специализированного вычислительного устройства, входящего в состав системы управления преобразователя.

Наиболее точное и эффективное управление обеспечивает режим векторного управления без датчика обратной связи по скорости (SVC). Если в двигателях постоянного тока имеются две обмотки (статорная, или возбуждения и роторная, или якорная), что позволяет управлять отдельно скоростью вращения (ток возбуждения) и электромагнитным моментом (ток якоря), то в двигателях переменного тока с короткозамкнутым ротором имеется всего лишь одна статорная обмотка, ток через которую формирует возбуждающее магнитное поле и определяет вращающий момент. С этим и связаны все трудности управления электродвигателем. Выход остается один: необходимо управлять амплитудой и фазой статорного тока, то есть его вектором. Однако для управления фазой тока, а значит, и фазой магнитного поля статора относительно вращающегося ротора необходимо знать точное положение ротора в любой момент времени. Эта задача может быть решена с использованием датчика положения, например, шифратора приращений. В такой конфигурации привод переменного тока по качеству регулирования становится сопоставимым с приводом постоянного тока. Но в составе большинства стандартных электродвигателей переменного тока встроенные датчики положения отсутствуют, поскольку их введение неизбежно ведет к усложнению конструкции двигателя и существенному повышению его стоимости.

Применение же современной технологии векторного управления позволяет обойти это ограничение путем использования математической адаптивной модели двигателя для предсказания положения ротора. При этом система управления должна с высокой точностью измерять значение выходных токов и напряжений, обеспечивать

расчет параметров двигателя (сопротивление статора, значение индуктивности рассеяния и т.д.), точно моделировать тепловые характеристики двигателя, соотносить параметры двигателя с различными режимами его работы, осуществлять большой объем вычислений с очень высокой скоростью. Последнее обеспечивается применением в составе системы управления преобразователя специализированных интегральных схем ASIC (Applications Specific Integrated Circuit).

Векторное управление без датчиков обратной связи по скорости позволяет обеспечить динамические погрешности, характерные для регулируемого привода с замкнутой обратной связью. Однако полное управление моментом при скорости, близкой к нулевой, невозможно без обратной связи по скорости. Такая обратная связь становится необходимой и для достижения погрешности регулирования менее 1%. Контур обратной связи при этом легко реализуется с помощью самого преобразователя частоты.

Вместе с тем режим векторного управления не может быть использован для синхронных или реактивных синхронных электродвигателей, для группы двигателей, включенных параллельно, а также для двигателей, чья номинальная мощность меньше половины мощности преобразователя частоты или превышает ее.

### Способы останова и режимы торможения электродвигателя

Для того чтобы быстро остановить или замедлить скорость механизма, приводимого во вращение электродвигателем, наряду с механическими применяют и электрические способы торможения. Сущность электрических способов торможения состоит в том, что электрическая машина в этот период из двигательного режима переводится в генераторный и, следовательно, создает электромагнитный момент, направленный против движения.

Самый простой способ останова — выбег электродвигателя. Двигатель отключается от питающей сети и останавливается по инерции. При этом время до полного останова не регулируется и определяется инерционными свойствами двигателя и его нагрузки.

Регулируемое время торможения обеспечивает генераторный способ, заключающийся в том, что преобразователь с необходимой скоростью умень-

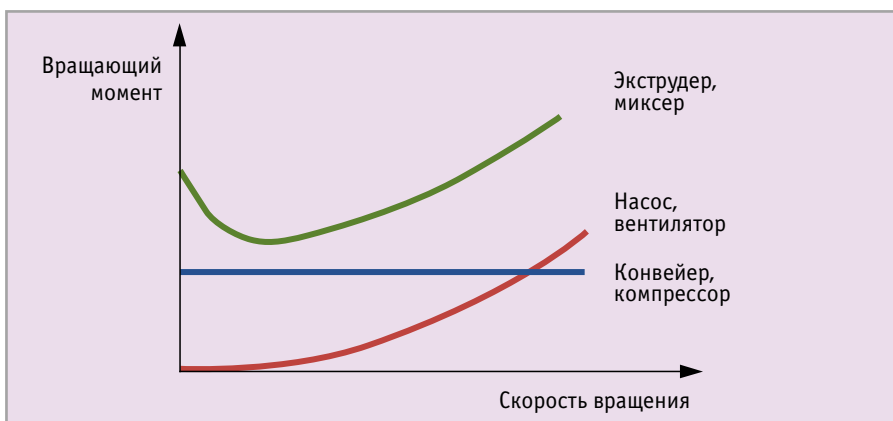


Рис. 3. Механические характеристики типичных нагрузок

шает выходную частоту до требуемого значения. При этом двигатель превращается в генератор, преобразуя кинетическую энергию вращения в электрическую. В зависимости от типа выпрямляющего устройства энергия возвращается в первичную сеть либо накапливается в контуре постоянного тока преобразователя частоты. Во втором случае и в случае нагрузки с большим моментом инерции для рассеивания энергии может потребоваться применение внешнего тормозного сопротивления, подключение которого при возникновении опасного перенапряжения в промежуточном контуре преобразователя осуществляет специальная контролирующая схема. Таким образом, преимуществом генераторного торможения является предсказуемое время и плавность останова, высокий тормозной момент. Недостаток же заключается в том, что энергия выделяется в преобразователе, и в случае быстрого останова или большого момента инерции нагрузки для избежания перегрева встроенного резистора контура постоянного тока преобразователя необходимо использование внешнего сопротивления.

Для того чтобы осуществить торможение постоянным током, или, иными словами, динамическое торможение, с обмотки статора двигателя снимают переменное напряжение и на одну или две фазы подают постоянное напряжение. При этом магнитное поле будет вызывать вначале замедление, а затем и удержание ротора в неподвижном состоянии. Преимуществом динамического торможения является выделение электрической энергии в роторе двигателя, что делает ненужным использование тормозного сопротивления, и плавный останов. Но поскольку выходная частота преобразователем не контролируется, то время торможения становится величиной неопределенной. Эффективность торможения в этом случае по сравнению с генераторным методом составляет 30-40%.

При комбинированном способе торможения используется комбинация двух описанных способов, то есть на переменную составляющую выходного напряжения преобразователя накладывается постоянная составляющая. Этот способ торможения сочетает

в себе преимущества обоих электрических способов торможения и позволяет эффективно тормозить электродвигатель за короткое время без выделения тепла в преобразователе.

### ОСНОВНЫЕ СЕРИИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ЧАСТОТЫ ФИРМЫ SIEMENS

Фирма Siemens производит широчайшую гамму двигателей постоянного и переменного тока и устройств управления для них. В 1993 году началось производство серии **MICROMASTER**, которая сразу заняла ведущие позиции на рынке преобразователей частоты для электродвигателей общего назначения благодаря высоким техническим характеристикам, простоте управления, невысокой стоимости и компактным размерам. Постоянно развивая это направление и разрабатывая новые изделия, фирма Siemens предлагает несколько серий преобразователей частоты для частотно-регулируемых приводов, отличающихся диапазоном мощностей, возможностями системы управления и конструктивным исполнением.

Преобразователи частоты серии **MICROMASTER** применяются для изменения и регулирования скорости вращения низковольтных двигателей переменного тока с постоянным или квадратичным моментом нагрузки. Существуют различные модели — от компактного однофазного **MICROMASTER** мощностью 120 Вт до **MICROMASTER** с трехфазным входом мощностью 7,5 кВт.

Преобразователи серии **MICRO/MIDIMASTER Vector** (рис. 4) от-



Рис. 4. Преобразователи частоты серии MICRO/MIDIMASTER Vector

Таблица 1. Основные технические параметры преобразователей серии MICROMASTER и MICRO/MIDIMASTER Vector

Тип преобразователя частоты	MICROMASTER 6SE92	MICROMASTER Vector 6SE32	MIDIMASTER Vector 6SE32
Диапазон мощностей	0,12...7,5 кВт	0,12...7,5 кВт	5,5...75 кВт
Напряжение питания	1 фаза, 208...240 В ±10% 3 фазы, 208...240 В ±10% 3 фазы, 380...500 В ±10%		3 фазы, 208-240 В ±10% 3 фазы, 380-500 В ±10% 3 фазы, 525-575 В ±10%
Выходная частота	0...400 Гц	0...650 Гц	0...650 Гц
Разрешение по частоте	0,01 Гц	0,01 Гц	0,01 Гц
Перегрузочная способность	150% от номин. тока в течение 60 с	150% от номин. тока в течение 60 с 200% от номин. тока в течение 3 с	
Метод управления	Вольт-частотный: линейный (U/f) и квадратичный (U/f <sup>2</sup> )	Потокоцеплением (FCC), векторный (SVC) вольт-частотный: линейный (U/f) и квадратичный (U/f <sup>2</sup> )	
Дискретные входы (программируемые)	3 (19 функций)	6 (24 функции)	6 (24 функции)
Аналоговые входы	1 (0...10 В, 2...10 В)	2 (0...10 В, 2...10 В, ±10 В, 0/4...20 мА)	
Аналоговые выходы	—	1 (0/4...20 мА)	2 (0/4...20 мА)
Дискретные релейные выходы (параметрируемые)	1 110 В/0,3 А перем. тока 30 В/1,0 А пост. тока	2 240 В/0,8 А перем. тока 30 В/2,0 А пост. тока	
Метод охлаждения	Программно-управляемый вентилятор		Вентилятор
Диапазон рабочих температур	от 0 до 50°C	от 0 до 50°C	от 0 до 40°C (50°C без кожуха)
Степень защиты	IP20	IP20	IP21/IP56

личаются наличием режима векторного управления, что позволяет использовать их в составе приводов для процессов с повышенными требованиями к динамике и повышенными требованиями к стартовому моменту и перегрузке, например, для лифтов, упаковочных машин и т.п. Кроме того, эти

преобразователи совместно с асинхронными двигателями во многих случаях позволяют заменить более дорогой привод постоянного тока. Диапазон мощностей от 120 Вт до 75 кВт (95 кВт для квадратичной нагрузки). Основные технические параметры преобразователей MICROMASTER и

MICRO/MIDIMASTER Vector представлены в табл. 1.

Отличительными особенностями преобразователей этих серий являются:

- совместимость со всеми типами асинхронных и синхронных двигателей российского и зарубежного производства;

- высокая перегрузочная способность;
- встроенный ПИД-регулятор (ПИ-регулятор для серии MICROMASTER);
- возможность динамического торможения;
- программируемое время разгона/торможения с регулируемой плавностью;
- функция быстрого ограничения тока для надежной и безопасной работы;
- тихая работа двигателя за счет частоты модуляции преобразователя в сверхзвуковом диапазоне;
- тепловая и электрическая защита преобразователя частоты и двигателя;
- возможность подключения к промышленной шине PROFIBUS-DP (12 Мбод).



Рис. 5. Преобразователи частоты серии MICRO/MIDIMASTER Eco

Преобразователи частоты **MICROMASTER Eco** и **MIDIMASTER Eco** (рис. 5) разработаны для применения в системах отопления, вентиляции, водоснабжения, в установках для кондиционирования воздуха. Благодаря своим характеристикам, они позволяют значительно снизить эксплуатационные расходы. Преобразователи имеют встроенный ПИД-регулятор и функцию энергосбережения. Диапазон мощностей от 0,75 кВт до 315 кВт. Их основные технические параметры представлены в табл. 2.

Для эксплуатации в сложных условиях окружающей среды можно использовать преобразователи в исполнении со степенью защиты IP56 (рис. 6).

Преобразователи **MICROMASTER Integrated** предназначены для непосредственного монтажа на двигатель. С их помощью любой двигатель переменного тока с постоянной скоростью вращения, в том числе и российского производства, может стать двигателем с регулируемой скоростью вращения. Преобразователи **MICROMASTER Integrated** совмещаются с двигателями при помощи адаптационной платы MIP (Motor Interface Plate), которая стыкует электрические выводы двигателя и преобразователя. Преобразователь крепится к установленной на двигатель адаптационной плате четырьмя болтами.



Рис. 6. Преобразователи частоты в защищенном исполнении

Преобразователь серии **COMBIMASTER** представляет собой компактный модуль, состоящий из низковольтного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором и преобразователя частоты. Такое исполнение значительно облегчает интеграцию привода в установку (рис. 7).

Кроме регулирования скорости, преобразователи частоты позволяют избежать бросков тока при пуске двигателя



Рис. 7. Преобразователи частоты серии COMBIMASTER

и обеспечить его защиту в аварийном режиме.

К преобразователям предлагается широкий выбор дополнительных компонентов для надежной и комфортной работы, таких как входные и выходные дроссели, фильтры электромагнитной совместимости, многофункциональный пульт с четырехстрочным ЖК-дисплеем, позволяющий осуществить одновременное управление максимум 31 преобразователем с одного пульта и обеспечить подключение преобразователя к компьютеру с помощью встроенного в пульт преобразователя интерфейсов RS-232/RS-485 (рис. 8).

Таблица 2. Основные технические параметры преобразователей серии MICRO/MIDIMASTER Eco

Тип преобразователя частоты	MICROMASTER Eco 6SE95	MIDIMASTER Eco 6SE95
Диапазон мощностей	0,75...7,5 кВт	5,5...315 кВт
Напряжение питания	3 фазы, 208-240 В ±10% 3 фазы, 380-500 В ±10%	3 фазы, 208-240 В ±10% 3 фазы, 380-460/480/500 В ±10% 3 фазы, 525-575 В ±10%
Перегрузочная способность	150% от номин. тока в течение 60 с	110% от номин. тока в течение 60 с
Метод управления	Режим оптимизации электропотребления (Eco) Вольт-частотный квадратичный (U/f <sup>2</sup> )	
Дискретные входы (программируемые)	6	6
Аналоговые входы	2 (0...10 В, 2...10 В, ±10 В, 0/4...20 мА)	
Аналоговые выходы	1 (0/4-20 мА)	2 (0/4-20 мА)
Дискретные релейные выходы (параметрируемые)	2 (230 В/1,0 А перем. тока)	2 (230 В/1,0 А перем. тока)
Фиксированные частоты	8	8
Способы торможения	Генераторное, динамическое, комбинированное	
Метод охлаждения	Вентилятор	Вентилятор
Диапазон рабочих температур	От 0 до 50°C	От 0 до 40°C
Степень защиты	IP20/IP56	IP21/IP56



Рис. 8. Многофункциональный пульт управления

### УПРАВЛЕНИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯМИ ЧАСТОТЫ

Напомним, что управление преобразователями частоты осуществляется посредством набора параметров, позволяющих осуществлять выбор, активизацию или, наоборот, запрет той или иной функции, задание значения параметра, а также контролировать текущее значение параметра. Параметры можно изменять и устанавливать кнопками мембранной клавиатуры пульта управления преобразователя для настройки нужных свойств преобразователя, таких как время разгона, минимальные

и максимальные частоты и т.д. Номера выбранных параметров и установленные значения параметров указываются на четырехзначном цифровом дисплее. Следует отметить, что задание оптимальных режимов работы частотно-управляемого привода для обеспечения максимальной эффективности функционирования технологического процесса — вопрос весьма непростой и требует от персонала знания и учета особенностей как самого процесса, так и оборудования используемого привода. Вот почему иногда, как это сделано, например, в преобразователях серии **MICROMASTER Eco** и **MIDIMASTER Eco**, из всего набора параметров выделяют группу специально подобранных базовых параметров, настройка которых позволяет для большинства простейших случаев применения быстро осуществить ввод привода в эксплуатацию. Другая группа параметров, условно называемая экспертной, служит для точной настройки преобразователя. При этом доступ ко второй группе для посторонних по умолчанию заблокирован.

Описанный способ управления удобен на этапе ввода и в процессе эксплу-

атации для оперативного изменения настроек преобразователя. Для использования же частотно-управляемого привода в составе АСУ ТП необходимо обеспечивать взаимодействие преобразователя с другими участниками системы управления. Для этого в составе преобразователей имеется развитая система ввода-вывода данных, включающая в себя дискретные и аналоговые входы и выходы, а также последовательные интерфейсы. В качестве примера на рис. 9 приведена схема подключения цепей управления преобразователя серии **MICROMASTER Vector**, который обладает максимальным их набором.

В зависимости от серии преобразователи частоты Siemens имеют от 3 до 6 программируемых дискретных входов, способных инициировать до 24 различных функций управления. Все эти функции можно условно разделить на несколько групп. В первую группу можно отнести функции управления движением двигателя, такими как пуск, останов, реверс, способ торможения. Вторую группу образуют функции управления выходной частотой преобразователя, такое управление может



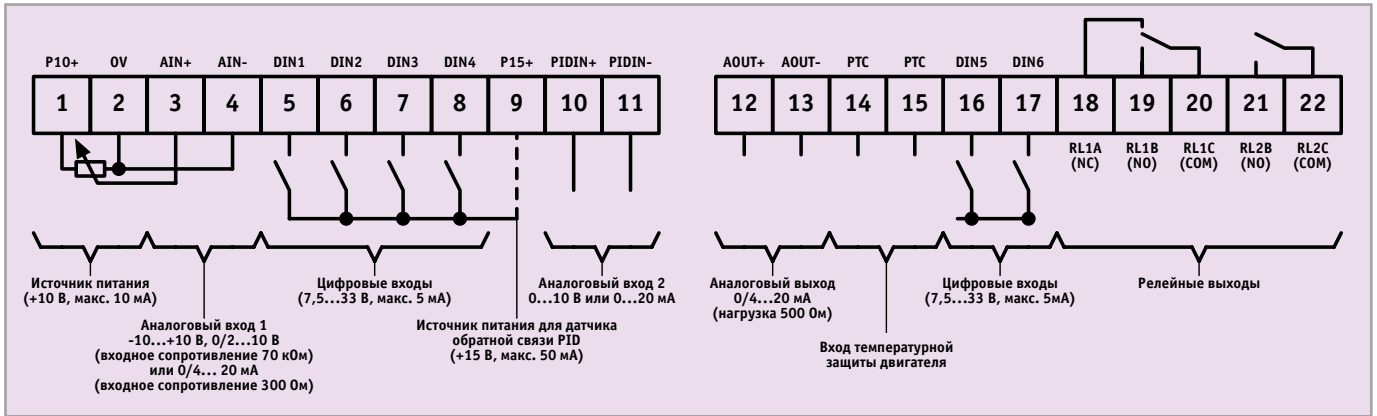


Рис. 9. Схема подключения цепей управления преобразователя MICROMASTER Vector

быть осуществлено путем выбора значения фиксированной частоты, определенной для конкретного входа или задаваемой двоичным кодом состояния трех входов (восемь значений). В эту же группу входят функции плавного уменьшения или увеличения выходной частоты при активном состоянии соответствующего дискретного входа. И, наконец, третья группа объединяет остальные функции, несущие служебную нагрузку (разрешение дистанционного управления, сброс признака ошибки и т.п.). Для питания входных цепей может быть использован либо внутренний источник питания с выходным напряжением 15 В постоянно тока, либо внешний источник с напряжением от 7,5 до 33,0 В постоянно тока (рис. 9).

Дискретные входы могут быть активизированы различными способами, в том числе механическими кнопками панели управления установкой, дискретными выходами различных управляющих устройств, таких как программируемые логические контроллеры (ПЛК) или устройства удаленного ввода-вывода (например, серии ADAM-4000 фирмы Advantech).

В качестве примера можно рассмотреть систему регулирования производительности насоса водопроводного хозяйства в соответствии с заданным суточным графиком водопотребления (рис.10). Изменение производительности осуществляется путем ступенчатого изменения скорости вращения двигателя насоса с помощью преобразователя частоты. Управляющим устройством системы может быть, например, логический модуль серии LOGO! фирмы Siemens (описание модуля представлено на врезке 1). Наличие в этом модуле часов реального времени позволяет в заданное время суток через дискретные выходы осуществлять вы-

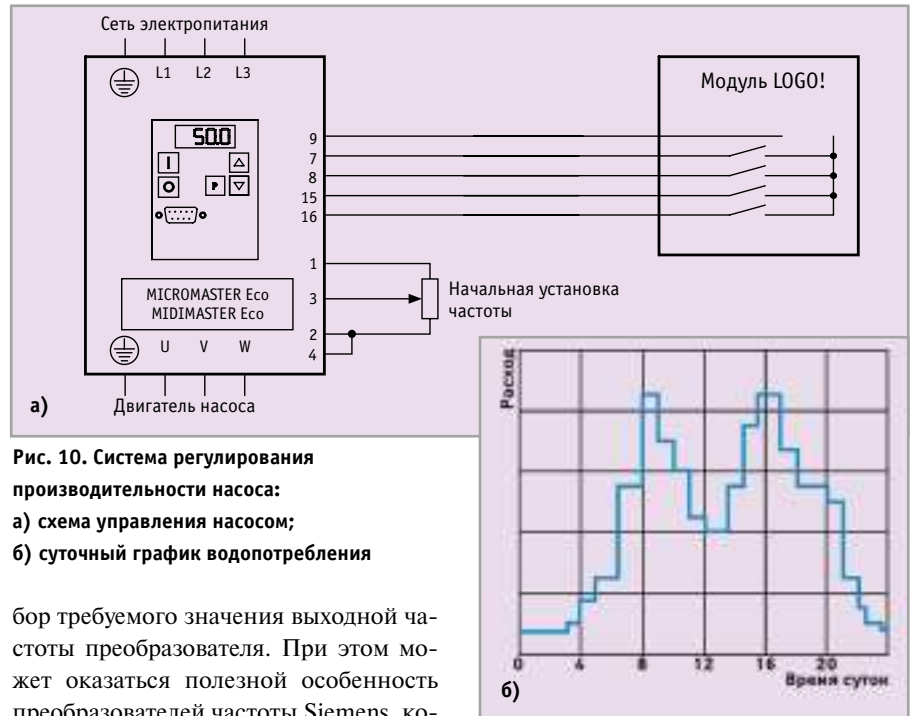


Рис. 10. Система регулирования производительности насоса:  
а) схема управления насосом;  
б) суточный график водопотребления

бор требуемого значения выходной частоты преобразователя. При этом может оказаться полезной особенность преобразователей частоты Siemens, которая заключается в том, что при одновременной активизации нескольких входов преобразователя, через которые осуществляется выбор фиксированных частот, выходная частота будет равна сумме выбранных значений. Выходы, не задействованные для выбора частоты, могут быть использованы, например, для пуска и останова привода насоса или выполнения других функций.

Наличие аналоговых входов в преобразователях частоты позволяет осуществлять непрерывное и контролируемое управление выходной частотой. Преобразователи MICROMASTER имеют один такой вход, остальные — два, что дает им дополнительные возможности по управлению приводом. Каждый вход предназначен для выполнения вполне определенных функций. Аналоговый вход № 1 может быть использован для задания частоты с помощью сигнала в виде тока или напряжения. При этом пользователю доступен ряд интересных возможностей. Например, при разре-

шенном аналоговом входном управлении может быть задан режим запуска преобразователя посредством входного сигнала по достижении им определенного значения. А в преобразователях серии MICRO/MIDIMASTER Vector возможно реверсивное управление электродвигателем при использовании биполярного сигнала  $\pm 10$  В.

Ручное управление через аналоговые входы очень просто может быть реализовано при подключении к преобразователю внешнего потенциометра с сопротивлением от 5 до 100 кОм, для питания которого в преобразователе предусмотрен специальный маломощный источник с выходным напряжением 10 В (рис.9). Сигнал с движка потенциометра подается на аналоговый вход № 1, при этом по умолчанию перемещение движка от одного крайнего положения в другое будет вызывать изменение значения выходной частоты в пределах от 0 до 50 Гц. Граничные значения диапазона могут быть изменены

путем изменения значений соответствующих параметров преобразователя.

Наличие в преобразователях Siemens встроенной функции ПИД- или ПИ-регулирования позволяет осуществлять точное регулирование любого внешнего параметра, поставленного в зависимость от скорости вращения двигателя: давления насоса, температуры в системах вентиляции, расхода и др. Конечно, для работы в этом режиме требуется применение соответствующего датчика обратной связи. Основное назначение аналогового входа № 2 преобразователя как раз и состоит в приеме сигнала от такого датчика. Пример использования частотно-управляемого электропривода для поддержания постоянного давления в системе водоснабжения или вентиляции приведен на рис. 11. Необходимое значение давления задается через аналоговый вход № 1 с помощью потенциометра. Датчик давления, в качестве которого может быть использован преобразователь SITRANS P серии Z фирмы Siemens (описание преобразователя представлено на врезке 2), преобразует давление в трубопроводе в электрический сигнал 4–20 мА, поступающий на второй аналоговый вход преобразователя частоты. Для электропитания датчика предназначен второй встроенный источник питания с выходным напряжением 15 В и нагрузочной способностью 50 мА. Задание коэффициентов усиления пропорционального, интегрального и дифференциального звеньев ПИД-регулятора осуществляется через соответствующие параметры преобразователя.

Все описанные способы управления преобразователями частоты являются примерами местного управления. Кроме того, существует возможность и дистанционного управления с доступом ко всем параметрам преобразователя. Эта возможность может быть реализована через использование встроенного в каждый преобразователь частоты последовательного интерфейса, соответствующего стандарту EIA RS-485. В сеть передачи данных на базе интерфейса RS-485 может быть объединено до 31 преобразователя, каждый из которых имеет свой уникальный адрес, задаваемый через соответствующий параметр. Управление преобразователями, объединенными в сеть, осуществляет ведущее устройство, в качестве которого может выступать компьютер, ПЛК или внешний пульт управления преобразователя. Для обмена данными

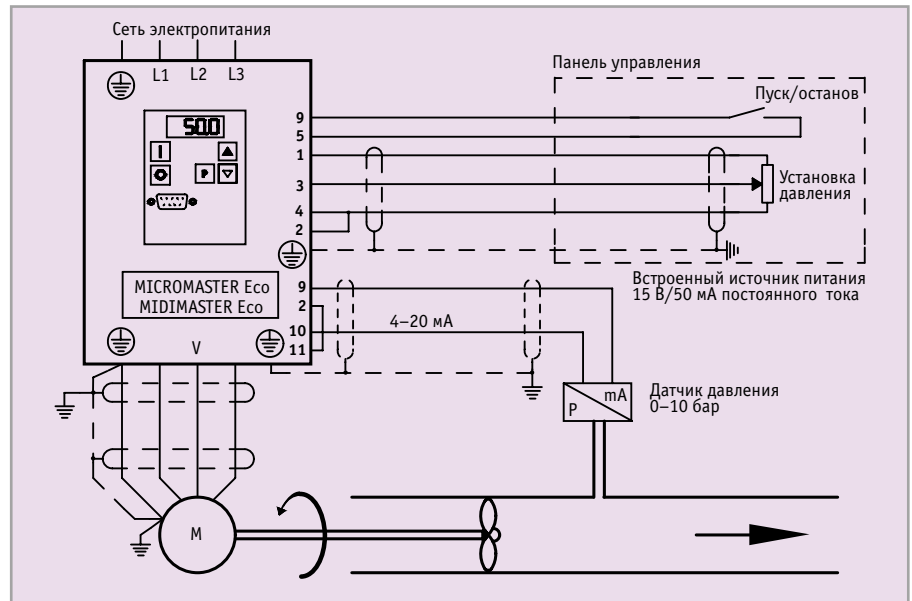


Рис. 11. Система поддержания постоянного давления с использованием ПИД-регулятора

используется разработанный фирмой Siemens протокол USS, который поддерживается преобразователями частоты всех серий. Этот протокол реализует конфигурацию «ведущий-ведомый», при которой инициатором обмена является ведущее устройство, а ведомое лишь отвечает на сообщение, переданное в его адрес. Кроме того, протоко-

лом USS предусмотрен и широкоэмиттерный режим обмена, при котором адресатами сообщения являются все устройства сети. Максимальная скорость обмена, поддерживаемая протоколом USS, равна 19 кбод. Телеграмма имеет фиксированную длину 14 байт, каждый из которых имеет стандартный для устройств с асинхронным режимом

обмена формат: 1 старт-бит, 8 бит данных, бит контроля четности и стоп-бит. Это, а также доступность подробного описания протокола, обеспечивает пользователю возможность реализации протокола USS для собственного управляющего устройства.

Для ряда серий преобразователей дополнительно может быть использован модуль, позволяющий выполнить подключение преобразователя к промышленной сети PROFIBUS-DP. С помощью такого модуля обеспечивается простой и недорогой способ интеграции частотно-регулируемого привода в систему автоматизации.

Рамки статьи просто не позволяют более подробно рассказать обо всех функциональных возможностях и осо-

бенностях применения преобразователей частоты фирмы Siemens. Для детального ознакомления с информацией по этим вопросам следует обращаться к соответствующим каталогам.

**БЫСТРЕЕ, ВЫШЕ, СИЛЬНЕЕ**

Олимпийский девиз, вынесенный в заголовок этого раздела, в полной мере характеризует новый многоцелевой преобразователь частоты серии **MICROMASTER 420** для двигателей переменного тока мощностью от 120 Вт до 11 кВт (рис. 12). Этот преобразователь отличается новой дружественной по отношению к пользователю структурой параметров, простым монтажом и вводом в эксплуатацию, а также простотой интеграции в системы автоматизации.

Новое поколение представлено в трех типоразмерах и предлагает ряд свойств, которые обычно отсутствуют в преобразователях аналогичного класса:

- точно задаваемая характеристика U/f позволяет применять преобразователь для работы с асинхронными и синхронными двигателями;
- 16 установок в расширенном режиме и более 100 в экспертном;
- высокоэффективное динамическое торможение постоянным током и комбинированное торможение;
- автоматический выбор частоты модуляции для бесшумной работы;
- счетчик электрической энергии для измерения потребленной электроэнергии;

**Логические модули LOGO!**

Логические модули LOGO! фирмы Siemens предназначены для решения простых задач автоматизации с логической обработкой информации. Имеют встроенные клавиатуру и жидкокристаллический дисплей. Для программирования модулей используются самые распространенные на практике управляющие функции, в том числе 8 базовых (AND, OR, NOT, NOR, XOR и т.п.), а также 21 специализированная (задержка включения, задержка выключения, импульсное реле, часы, реле с самоблокировкой, тактовый генератор, задержка включения с запоминанием, счетчик рабочего времени, импульсное реле/импульсный выход, реверсивные счетчики, триггер, генератор импульсов, годичный часовой выключатель, недельный часовой выключатель, генератор случайных последовательностей, аналоговый триггер, аналоговый компаратор и др.). Процедура программирования модулей состоит в выборе функциональных блоков и объединении их в программу управления путем простого нажатия соответствующих клавиш. Для хранения управляющей программы в модуле используется встроенное энергонезависимое запоминающее устройство (EEPROM). Создание резервной копии программы, а также перенос ее на другие модули LOGO! может быть осуществлено с помощью специальных модулей памяти.

**Исполнение**

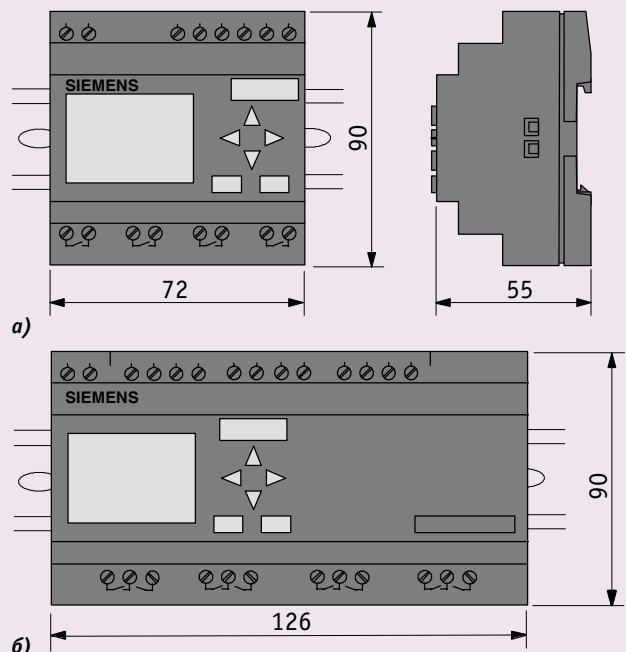
Логические модули LOGO! выпускаются в нескольких модификациях с напряжением питания как 12 и 24 В постоянного тока, так и 115/230 В переменного тока:

LOGO!Basic – базовый вариант с 6 дискретными входами и 4 дискретными выходами; версии с питанием 12 и 24 В постоянного тока имеют 2 дополнительных аналоговых входа 0-10 В, которые могут использоваться и как дискретные;

LOGO!Long – вариант с 12 дискретными входами и 8 дискретными выходами;



*Внешний вид модуля LOGO!Basic*



*Габаритные размеры модуля LOGO!Basic (а) и LOGO!Long (б)*

LOGO!Long Bus – вариант с поддержкой AS-интерфейса; LOGO!Pure – функциональный аналог LOGO!Basic, но не имеющий встроенных дисплея и клавиатуры, их программирование выполняется с помощью компьютера или модулей памяти.

Логические модули SIPLUS являются полными функциональными аналогами соответствующих модулей LOGO!, но рассчитаны на диапазон рабочих температур от -20 до +70 °C и влажность до 98%.

**Инструментальные средства программирования**

Для разработки и отладки программ для логических модулей LOGO! с помощью компьютера предназначен программный пакет LOGO!Soft Comfort, исполняемый под управлением операционных систем Windows 95 или Windows NT 4.0. Пакет позволяет осуществлять графический ввод и редактирование программы, а также отладку программы в режиме эмуляции логического модуля.

- модульная конструкция (съемная панель оператора для местного управления преобразователем, расширенная съемная панель оператора для управления группой, состоящей максимально из 31 преобразователя, по протоколу USS).

Многие преобразователи данного класса используются в простых задачах позиционирования. При этом преобразователь управляется сигналами, идущими от интегрируемых в рабочий механизм датчиков. Благодаря оптимизации программного обеспечения, достигнута высокая скорость реакции на внешние сигналы. Вследствие этого MICROMASTER 420 решает задачи позиционирования с необычной для данного класса точностью и скоростью. Оптимизирована скорость реакции и для аналоговых входов. Вследствие этого можно работать в таких недоступных ранее для преобразователей данного класса режимах, как синхронизация вращения валов двух двигателей.

Наряду со своими выдающимися техническими данными, MICROMASTER 420 так же прост при вводе в эксплуатацию, как и преобразователи предыдущего поколения. Значительно упрощают ввод в эксплуатацию структурированность и упорядоченность параметров.

Для быстрой стандартной настройки преобразователя достаточно 12 параметров. MICROMASTER 420 — это преобразователь частоты, который в настоящее время наилучшим образом интегрируется в систему автоматизации Simatic независимо от того, идет ли речь о микроконтроллере Simatic S7-200, который подключается через последовательный интерфейс RS-485, или о сложной системе «ведущий-ведомый» с Simatic S7-300/S7-400, связь между элементами которой происходит по шине PROFIBUS. Благодаря включению приводной техники в программу TIA (Totally Integrated Automation), обеспечивается удобство в проектировании, надежность в коммуникации



**Рис. 12. Преобразователи частоты серии MICROMASTER 420**

метров. Для быстрой стандартной настройки преобразователя достаточно 12 параметров.

Микроконтроллере Simatic S7-200, который подключается через последовательный интерфейс RS-485, или о сложной системе «ведущий-ведомый» с Simatic S7-300/S7-400, связь между элементами которой происходит по шине PROFIBUS. Благодаря включению приводной техники в программу TIA (Totally Integrated Automation), обеспечивается удобство в проектировании, надежность в коммуникации

и интегрированность в единый комплекс средств АСУ ТП.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Существующие тенденции развития техники и технологии в области частотно-регулируемого привода позволяют утверждать, что уже в недалеком будущем практически не останется нерегулируемого электропривода. При этом на первый план выходит проблема получения максимальной экономической эффективности от его применения, достижение которой обеспечивается, прежде всего, через реализацию комплексного подхода к вопросу использования регулируемого привода в составе систем управления технологическим процессом. Возможности же современных преобразователей частоты позволяют это делать весьма успешно. Надежность и степень готовности преобразователей частоты фирмы Siemens в полной мере соответствуют сокровенной мечте любого эксплуатационщика, начиная от техника и заканчивая главным инженером, которая выражается незамысловатой формулой: «Установил, включил и... забыл». ●

**А. Бармин — сотрудник фирмы ПРОСОФТ**

**М. Ташлицкий — сотрудник ООО «Сименс»**

**Телефон: (095) 234-0636**

**Факс: (095) 234-0640**

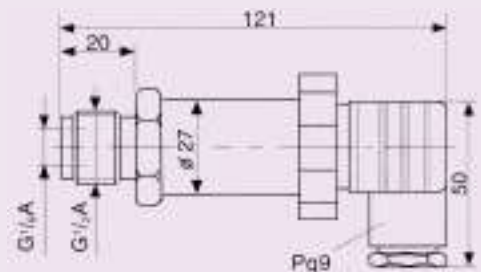
**E-mail: root@prosoft.ru**

**Датчики давления SITRANS P серии Z**

Для решения задач, не требующих высокой точности измерения, а также перестройки диапазона измерения в процессе эксплуатации, фирма Siemens поставляет недорогие измерительные пре-



**Внешний вид датчика давления серии Z**



**Основные размеры датчика серии Z**

**Таблица 3. Основные технические данные датчиков**

Диапазон измерения	от 0 до 400 ат
Выходной сигнал	4-20 мА
Напряжение питания	от 10 до 36 В постоянного тока
Максимальная погрешность измерения	не более 0,25% от полной шкалы
Диапазон рабочих температур	от -25 до 85°C
Диапазон температур хранения	от -50 до 100°C
Диапазон температур контролируемой среды	от -30 до 120°C
Материал измерительного элемента	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -96%
Материал измерительной камеры	нержавеющая сталь
Масса, примерно	0,25 кг
Степень защиты корпуса	IP65

образователи давления 7MF1553. Они предназначены для измерения относительного и абсолютного давления газов, жидкостей и пара в энергетической и машиностроительной индустрии, системах водоснабжения и т.п.

Преобразователь состоит из тонкопленочной измерительной ячейки с керамической мембраной и электронной схемы, которые встроены в корпус из нержавеющей стали. Наружная монтажная резьба G<sup>1</sup>/<sub>2</sub>A, внутренняя — G<sup>1</sup>/<sub>8</sub>A. Электрическое подключение осуществляется через угловое штепсельное соединение типа А (DIN 43650), имеющее кабельный сальник Pg9.

В эксплуатации преобразователи не требуют технического обслуживания, кроме периодической проверки нуля диапазона.