

Новая серия датчиков напряжения DVC 1000

от компании LEM

Защита двигателей в аварийных ситуациях при одновременном обеспечении качества электроэнергии, получаемой от возобновляемых источников, всегда была основополагающим условием при проектировании различных устройств от ветротурбин до железнодорожных тяговых приводов. Одним из ключевых требований при этом является обеспечение надежности и безопасности системы, для чего необходимо измерение входного напряжения в системах как переменного, так и постоянного тока, которое не должно зависеть от условий окружающей среды, и особенно температуры.

Дамьен Летеррье (Damien Leterrier)

Растущий спрос на использование так называемой зеленой энергии — один из факторов быстрого развития ветроэнергетики. В существующих ветротурбинах широко распространены генераторы с переменной скоростью вращения, нуж-

дающиеся в силовом электронном преобразователе для подключения к сети. Среди недостатков применения силовой электроники следует упомянуть излучение гармонических токов, что становится общей проблемой, приводящей к резкому снижению каче-

Таблица 1. Допустимые пределы уровня гармоник в электросетях

Напряжение на шине, кВ	Отдельные гармоники, %	Общий коэффициент гармонических искажений (THD), %
до 1	5	8
1–69	3	5
69–161	1,5	2,5
свыше 161	1	1,5*

Примечание. *Высоковольтные системы могут иметь до 2% THD, причиной этого является HVDC-терминал, влияние которого должно быть снижено в точках подключения пользователей к сети. (Источник: стандарты IEEE 1159-2009, практические рекомендации IEEE для мониторинга качества электрической сети, общество института инженеров электротехники и электроники.)

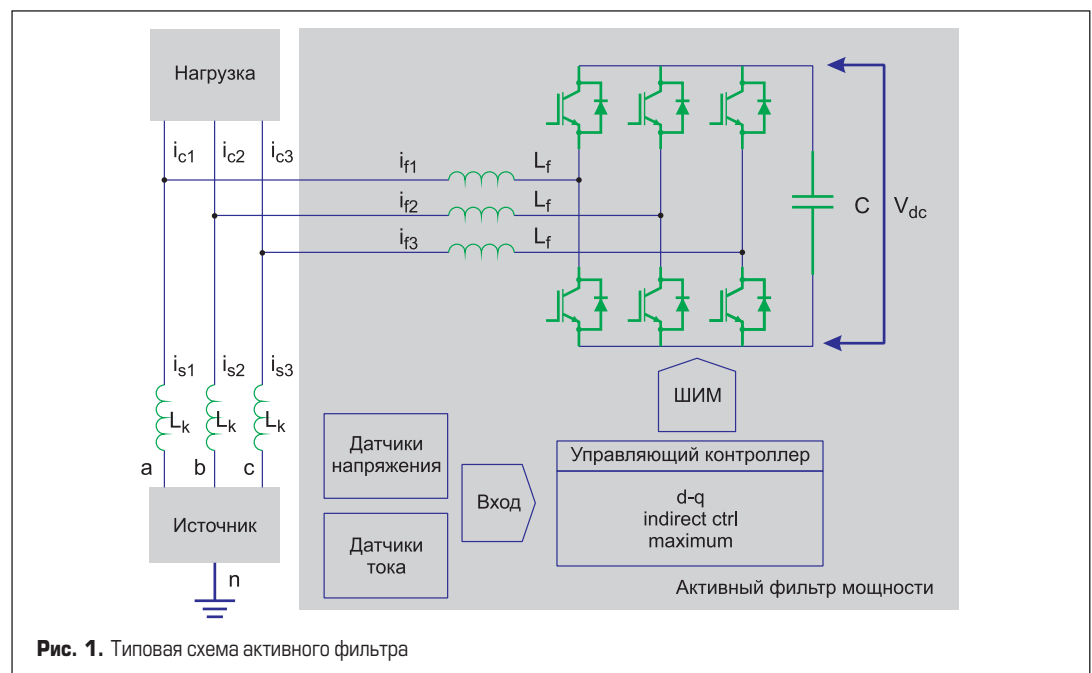


Рис. 1. Типовая схема активного фильтра

ства вырабатываемого сигнала. Стандарт IEEE 519 определяет допустимые пределы по гармоническому составу как для напряжения, так и для тока, они перечислены в таблице 1 с учетом уровня напряжения.

Для снижения гармонических искажений до приемлемого уровня применяются различные типы фильтров. Они способны компенсировать гармоники нелинейных нагрузок и обычно устанавливаются вблизи узла, подверженного искажениям. Использование активных фильтров APF (Active Power Filter) — один из стандартных методов восстановления формы напряжения путем введения сигнала «антигармонической» формы. Типовая принципиальная схема устройства показана на рис. 1.

Сигнал «антигармонической» формы генерируется с использованием р-q-теории, он служит опорным напряжением для коммутации APF. Трансформация трехфазных координат в двухфазные α - β -координаты производится с помощью преобразования Кларка в эквивалентных значениях напряжения и тока.

В высоковольтных мощных системах к сенсорам напряжения предъявляются высокие требования, они должны обеспечивать безопасную и изолированную передачу информации о напряжении на контроллер.

Серия электронных датчиков напряжения DVC 1000 от LEM (рис. 2) обеспечивает требуемый уровень изоляции (до 4,2 кВ), а также модульность, что позволяет устанавливать их максимально близко к нагрузке, с учетом ограниченности доступного пространства для определенных конструкций.

В железнодорожных системах вспомогательные преобразователи обеспечивают питанием такие нагрузки, как различного рода вентиляторы, системы освещения и заряда батарей. Для работы подобных устройств необходим тщательный контроль уровня гармоник. В частности, очень важно исключить попадание каких-либо гармоник обратно в линию с частотой 50 Гц, что может привести к сбоям в работе оборудования и нарушению условий безопасности. Именно поэтому преобразователи часто соединяются с датчиком напряжения для мониторинга сигнала, играющего важную роль в контуре безопасности.

Как уже упоминалось, защита двигателя — обязательное требование, которое следует учитывать при разработке системы. В частности, большинство электроприводов содержит цепи, преобразующие переменное напряжение в высоковольтное постоянное напряжение, — так называемую шину постоянного тока (DC-шина), являющуюся источником питания для цепей, вырабатывающих силовые токи управления двигателями.

Напряжение DC-шины должно постоянно контролироваться. В определенных условиях двигатель может работать как генератор и подавать высокое напряжение обратно в цепь постоянного тока через силовой инвертор и/или обратные диоды. Это напряжение добавляется к напряжению DC-шины, причем скачки напряжения могут привести к перегрузке и отказу IGBT-транзисторов, управляющих двига-



Рис. 2. Внешний вид напряжения DVC 1000 от LEM

телем. Вот почему необходим изолированный датчик напряжения, формирующий сигнал для управляющего контроллера, в случае возникновения перегрузки способный безопасно отключить все соответствующие цепи.

При анализе условий возникновения перенапряжения в линии постоянного тока следует понимать, что ситуация проседания напряжения может быть не менее опасной. При номинальном значении $V_{dc} = 600$ В перенапряжением считается уровень около 1000 В, а минимально допустимое значение составляет 400 В. Использование одно и того же датчика в этих двух пределах будет оптимальным. Существует множество условий, которые могут привести к проседанию напряжения, но наиболее распространенной причиной яв-

ляется потеря одной фазы. При этом датчики напряжения могут быть расположены на AC-входе выпрямителя или, как это делается чаще всего, непосредственно в звене постоянного тока. Очевидно, что установка датчиков напряжения в обеих цепях дает больше информации и обеспечивает большую безопасность для системы.

Электропривод не единственная система, требующая применения гальванически изолированных датчиков напряжения. Есть и другие приложения, например солнечные инверторы и UPS, где также необходимо изолированное измерение напряжения для обеспечения защиты и безопасности системы. В подобных случаях сенсор должен точно измерять напряжение DC-цепей и создавать изоляцию между

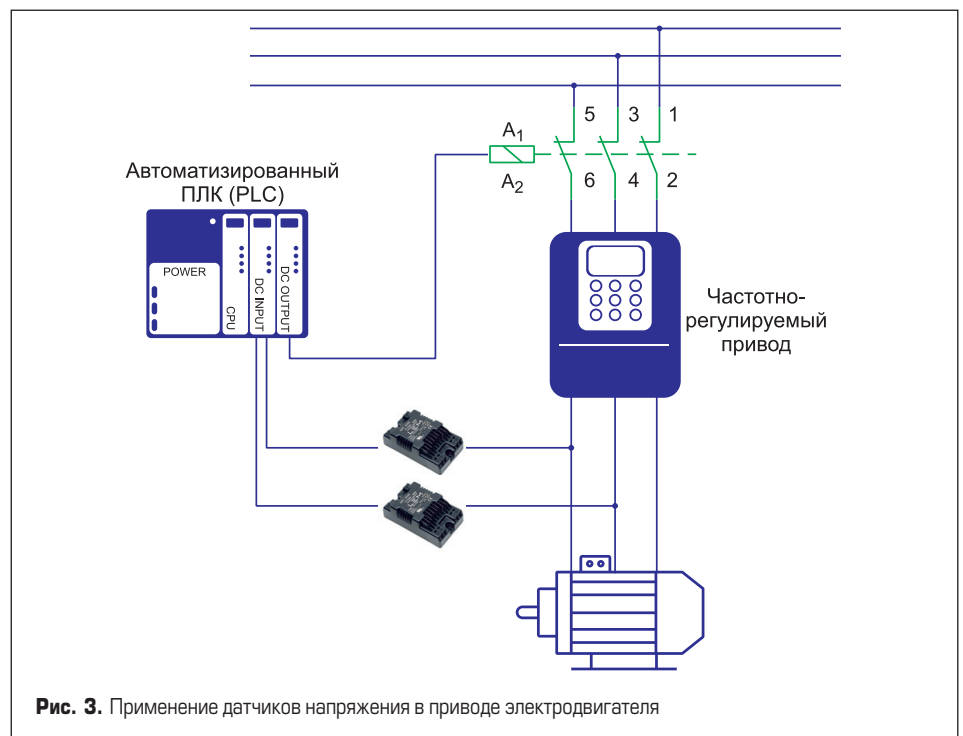


Рис. 3. Применение датчиков напряжения в приводе электродвигателя

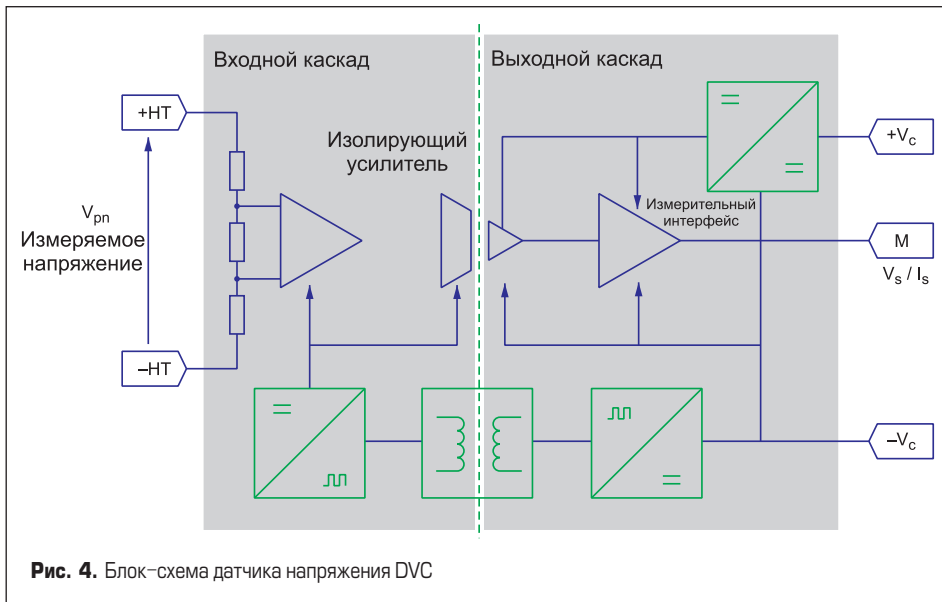


Рис. 4. Блок-схема датчика напряжения DVC

высоковольтными каскадами и низковольтными цепями управления.

Следует определиться с вопросом, когда нам нужен изолированный датчик напряжения, а когда достаточно применения неизолированного сенсора или простого резистивного делителя.

Есть две основные причины, обуславливающие использование такого датчика:

• **Первый случай:** микроконтроллер, содержащий АЦП, не привязан к тому же потенциалу (DC-), что и измеритель напряжения (резистивный делитель). Необходимо позаботиться о разграничении различных цепей заземления в системе. Изолируя измеряемый сигнал

и микроконтроллер, можно предупредить повреждение системы из-за опасных воздействий, таких как индуктивные всплески или разряды молнии.

• **Второй случай:** здесь вопрос заключается в том, какие существуют правила безопасности, требующие наличия реального изолирующего барьера, а не просто цепи ослабления сигнала. Часто для сертификации по безопасности недостаточно резистивного делителя для обеспечения безопасного заземления системы. Датчик напряжения должен иметь изоляцию, формирующую такой защитный барьер.

Когда система проектируется вокруг различного оборудования на месте, учет требований

безопасности, даже без определения конкретного оборудования, может быть экономически предпочтительным для осуществления мониторинга на основе существующих устройств (таких как контроллер или PLC). В этом случае датчики серии DVC 1000 обеспечивают простоту использования и необходимую изоляцию. Подобные измерения становятся еще проще при использовании стандартного сигнала (± 10 В или 4–20 мА) на выходе датчика DVC 1000, совместимого с аналоговыми входами контроллера. Универсальность сенсора DVC 1000 для измерений AC- и DC-сигналов позволяет работать с ним в широком диапазоне применений (рис. 3).

Для уменьшения габаритов системы сенсоры DVC 1000 доступны в версии для монтажа на печатную плату. С другой стороны, конструкция датчиков для установки на панель DVC 1000-P является самодостаточной и не предусматривает дополнительных компонентов.

Требования по снижению габаритов устройств привели LEM к разработке нового метода измерения напряжения, основанного на технологии изолирующих усилителей, в результате чего появилась серия DVC.

Для того чтобы расширить ассортимент цифровых датчиков напряжения за счет более компактных компонентов, компания LEM разработала новый датчик, позволяющий измерять номинальное напряжение до 1000 В_{rms} с пиковым уровнем 1500 В.

Для измерения напряжения (V_p) в сенсорах серии DVC используются только хорошо проверенные электронные компоненты, основным из которых является изолирующий усилитель. Измеряемый сигнал (V_p) непосредственно подается на вход датчика, далее проходит через внутреннюю резистивную цепь и другие элементы, необходимые для работы изолирующего усилителя.

Это позволяет получить изолированный выходной сигнал, а также нормировать его для формирования стандартного токового сигнала или сигнала по напряжению на выходе датчика, в результате чего он будет точно отображать измеряемое напряжение. Встроенный изолированный DC/DC-преобразователь используется для питания входных каскадов (рис. 4).

Особенности технологии изолирующего усилителя

- измерение сигнала любого вида: DC, AC, импульсного, комплексного;
- гальваническая развязка между первичной (силовой) и вторичной (слаботочной) цепью;
- быстрый динамический отклик для обеспечения широкой полосы частот;
- малые габариты.

Новое семейство датчиков DVC содержит две основные версии: первая предназначена для монтажа на PCB (DVC 1000-P), вторая — для монтажа на панель (DVC 1000), в качестве опции предлагается адаптер для установки на DIN-рейку (рис. 5). Основные параметры сенсоров серии DVC представлены в таблице 2.

1. DVC 1000-P (установка на плату) питается от напряжения +5 В, преобразует биполярное входное напряжение в выходное напря-

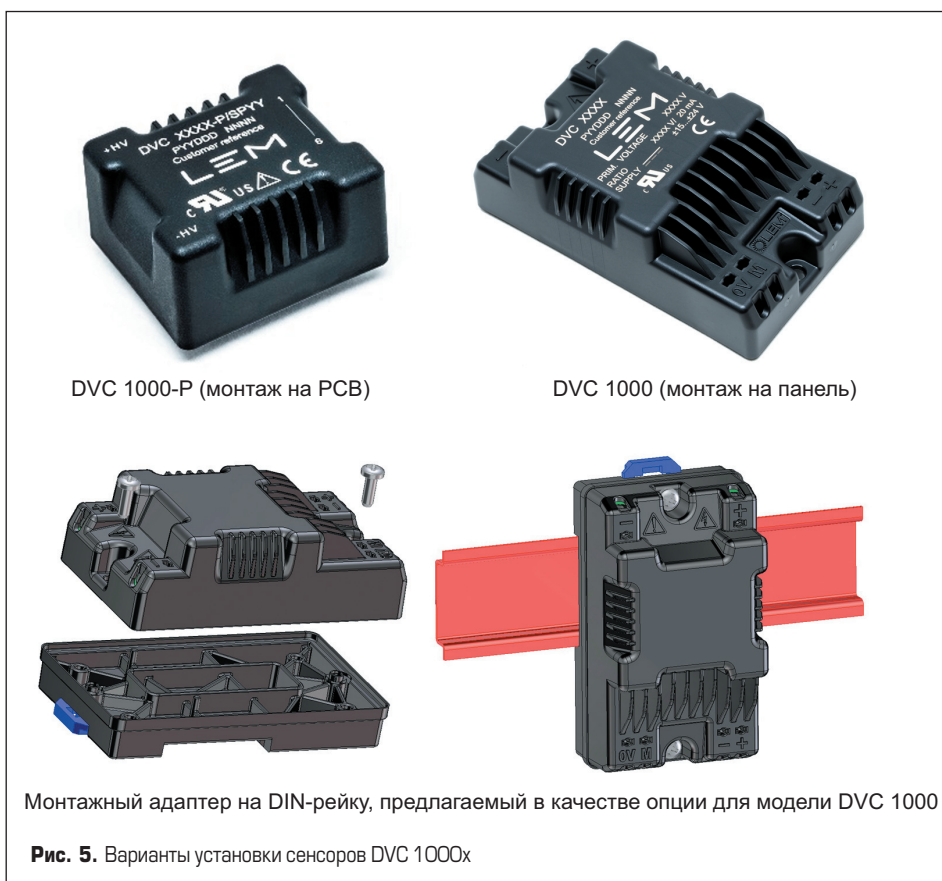


Рис. 5. Варианты установки сенсоров DVC 1000x

жение, центрированное относительно внутреннего опорного напряжения 2,5 В; выход опорного напряжения доступен пользователю, который может при необходимости использовать и внешний опорный сигнал.

2. DVC 1000 (установка на панель) питается от напряжения $\pm 15 \dots 24$ В, преобразует двуполярное входное напряжение 1000 В_{rms} (± 1500 В в пике) в биполярный выходной ток: ± 30 мА (модель DVC 1000) или выходное напряжение ± 10 В (модель DVC 1000-B) или униполярный выходной ток 4–20 мА (мгновенный выход) при входном напряжении 0...+1000 В DC (модель DVC 1000-UI, только режим измерения однополярного DC-напряжения).

Применение такой технологии позволяет заметно сократить занимаемое в изделии пространство. Для сравнения, стандартный датчик напряжения с цифровым способом изоляции занимает объем около 304 см³, в то время как для DVC 1000-P требуется всего 37,4 см³. Экономия около 87% пространства обеспечивается за счет использования этой новой модели.

Таблица 2. Основные параметры сенсоров серии DVC.

Параметр	DVC 1000 DVC 1000 B	DVC 1000 UI	DVC 1000-P
Входное напряжение (номинальное), В	± 1000	1000	± 1000
Диапазон измеряемых напряжений, В	± 1500	1000	± 1500
Выходной сигнал	-30...+30 мА (макс.) -10...+10 В (макс.)	4–20 мА	0,5–4,5 В (макс.)
Напряжение питания	± 15 В DC (+5/-7%) ± 24 В DC (+5/-7%)	+15...24 В (+5/-7%)	+5 В DC ($\pm 5\%$)
Общая погрешность, % (при температуре -40...+80 °C)	$\pm 1,7$		$\pm 1,5$
Время отклика 90%, мкс	12	17	8
Полоса частот (тип.), Гц	35 000		44 000
Напряжение изоляции, кВ (50 Гц/1 мин)	4,2		
Уровень частичного разряда, В (< 10 pC)	1650		
Ток потребления, мА (макс.)	20	22	29

Экономится не только объем, вес нового датчика всего 22 г, что на 67% меньше по сравнению с моделью LV 25-1000, основанной на эффекте Холла с замкнутым контуром.

Например, панельные версии DVC 1000 с габаритами 29×51×89 мм занимают общий объем около 131,6 см³ при весе 57 г — это уникальные рыночные показатели.

Показатели сенсоров серии DVC соответствуют целому ряду международно признанных стандартов безопасности в дополнение к спецификациям IRIS. В них использованы материалы, соответствующие всем требованиям пожарной безопасности и дымозащитности (EN 45545), обязательным для железнодорожных применений.