

КонтрАвт: Нормирующие преобразователи действующих значений напряжения и тока

Статья посвящена особенностям применения нормирующих преобразователей для измерения и преобразования действующих значений напряжения и тока несинусоидальной формы, а также в случае плавающей частоты сети.

Широко известны функции нормирующих преобразователей, которые оказываются наиболее ценными в системах с большим числом разнообразных сигналов и удаленными датчиками.

Кратко напомним их.

Во-первых, нормирующие преобразователи реализуют схему и метод измерения первичных сигналов. Особенно это важно при измерении сигналов термометров сопротивления и термоэлектрических преобразователей (термопар) при измерении температуры. Нормирующие преобразователи обеспечивают трех-, четырехпроводную схему подключения (для термосопротивлений), компенсацию влияния «холодных спаев» (для термопар), линеаризацию нелинейных статических характеристик, фильтрацию помех и проч. Тем самым нормирующие преобразователи разгружают и упрощают второй уровень измерительной системы.

Во-вторых, нормирующие преобразователи, как правило, обеспечивают гальваническую развязку сигналов. Это позволяет подключать удаленные датчики, находящиеся под разными потенциалами, и сокращает уровень электромагнитных помех, проникающих в измерительный тракт.

В-третьих, нормирующие преобразователи унифицируют сигналы в системе, что опять же упрощает построение второго уровня многоканальных систем.

В данной статье речь пойдет о преобразовании переменных сигналов тока и напряжения в сети частотой 50 Гц. Роль гальванической развязки и унификации сигналов при измерении параметров электрических сигналов тока и напряжения очевидна и стандартна. Вопросом, достойным обсуждения, является метод измерения действующих значений переменных сигналов, реализованный в нормирующем преобразователе, а также некоторые особенности измерения реальных сигналов.

В задачах контроля и управления технологическими процессами, учета электроэнергии, контроля за работоспособностью и функционированием сило-

вой коммутационной техники и прочих важно знать энергетические свойства переменного сигнала, характеризующие его способность совершать работу. Таким параметром переменного сигнала является его среднеквадратичное значение. Не менее широко применяются также термины «действующее значение», «эффективное значение». В дальнейшем мы будем использовать термин «действующее значение».

В соответствии с ГОСТ 16465-70 «Сигналы радиотехнические измерительные. (Термины и определения)» среднеквадратичное значение (действующее, эффективное значение) есть корень квадратный из среднего значения квадрата сигнала. Усреднение проводится по времени за период переменного сигнала T , поэтому выражение можно переписать для сигналов напряжения и тока в следующем виде:

$$U_D = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u^2(t) dt} \quad I_D = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2(t) dt}$$

где $u(t)$, $i(t)$ - мгновенные значения напряжения и тока.

Физический смысл среднеквадратичного значения напряжения заключается в том, что оно равно такому постоянному напряжению, которое выделяет на активной нагрузке такое же тепло. Отсюда и другие термины «действующее» или «эффективное» значение. Таким образом, действующее значение позволяет сравнивать с энергетической точки зрения переменный сигнал с постоянным.

Для гармонического (синусоидального) сигнала действующие значения напряжения U_D и тока I_D линейно связаны со средневыпрямленными:

$$U_D = \frac{\pi U_{CB}}{2\sqrt{2}} \quad I_D = \frac{\pi I_{CB}}{2\sqrt{2}}$$

В связи с этим для измерения среднеквадратичного значения часто используют результаты измерения средневыпрямленного. Метод измерения действующего значения на основе средневыпрямленного весьма распространен,



Рис. 1. Внешний вид нормирующего преобразователя действующих значений сигналов НПСи-ДНТВ, выпускаемого НПФ «КонтрАвт»

прежде всего, потому, что его реализация аналоговыми схемотехническими решениями достаточно проста.

Однако, недостаток этого метода заключается в том, что это соотношение справедливо только для синусоидального сигнала. На практике сигналы тока и напряжения могут сильно отличаться от правильной синусоидальной формы. Поэтому попытка измерения среднеквадратичного значения с помощью выпрямительных приборов приводит к большим погрешностям измерения. Это значит, что, выбирая измерительный прибор для измерения действующих значений напряжения и тока, следует выяснить, является ли сигнал синусоидальным, и какой метод измерения действующего значения реализует измерительный прибор.

В реальных условиях вследствие использования нелинейной нагрузки потребителем, в результате процесса передачи и преобразования электроэнергии и ряда других факторов, форма напряжения и тока отличается от синусоидальной формы. Измерение действующих значений на таком оборудовании с помощью обычных аналоговых измерителей с выпрямленными показаниями может оказаться некорректным.

Применение цифровых методов измерения и обработки сигналов, позволяет проводить измерение действующих значений более точно и для сигналов несинусоидальной формы. Однако, и в этом случае есть некоторые особенности измерения, которые надо учитывать.

Первая особенность заключается в том, что при цифровой обработке точность напрямую зависит от периода дискретизации Δt . При измерении действующих значений синусоидальных сигналов погрешность вычис-

лений пропорциональна отношению $(\Delta t \times f_{\text{макс}})^2$, где $f_{\text{макс}}$ – максимальная частота сигнала. Предположим, что частота дискретизации составляет 10 кГц и нас интересует погрешность измерения действующего значения не ниже 0,5%. Для сетевого напряжения 50 Гц погрешность вычислений составляет всего 0,0025 % и ее можно не принимать в расчет. На частоте 300 Гц эта вычислительная погрешность составляет уже 0,1%. Поэтому при частоте дискретизации 10 кГц можно измерять действующие значения сигналов с частотой до 300 Гц без появления дополнительной погрешности, а на частоте 1 кГц погрешность составляет 1%.

Практический интерес представляет ситуация, когда измеряется действующее значение напряжения (тока) сети частотой 50 Гц, но форма сигнала не является чисто гармонической (синусоидальной). Как известно, периодический негармонический сигнал сети можно представить в виде суперпозиции гармонических составляющих с частотами, кратными 50 Гц. Относительную погрешность вычислений δ в этом случае можно оценить по следующей формуле:

$$\delta = 0,0025 \% \sqrt{1 + \sum K_n n^2}$$

где $K_n = U_n / U_1$ – коэффициент гармоник n-й гармоники. Суммирование ведется по всем учитываемым гармоникам.

Вторая особенность заключается в том, что усреднение должно производиться на периоде сетевого напряжения T, который, вообще говоря, заранее неизвестен, поскольку частота сети может изменяться. Российскими стандартами установлено, что нормально допустимые и предельно допустимые отклонения частоты сети не должны превышать соответственно $\pm 0,2$ Гц и $\pm 0,4$ Гц. Отклонение частоты на 0,4 Гц от частоты 50 Гц вызывает погрешность измерения, связанную с несовпадением периодов усреднения и сигнала, около 0,8%. Такой уровень погрешности не позволяет достичь требуемый уровень погрешности измерения 0,5%.

Табл. 1. Типы и диапазоны переменных входных и постоянных выходных сигналов преобразователя НПСИ-ДНТВ

| Типы и диапазоны переменного входного сигнала (программируется пользователем) | Переменный ток | Переменное напряжение |
|--|------------------------------------|---|
| | 0...1 А 0...2,5 А 0...5 А | 0...150 В 0...300 В 0...400 В |
| Типы и диапазоны постоянного выходного сигнала (программируется пользователем) | Постоянный ток | Постоянное напряжение |
| | 0...5 мА 0...20 мА 4...20 мА | 0...1 В 0...2,5 В 0...5 В 0...10 В |

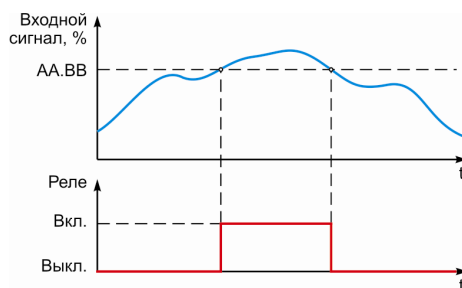


Рис.2. Диаграмма работы сигнализации «превышение» без защелки

Один из способов устранения указанной погрешности заключается в том, что увеличивают время усреднения по сравнению с периодом сигнала. Это простой метод, но его применение приводит к повышению инерционности измерения. Для отклонений частоты на 0,4 Гц требуется около 10 периодов усреднения, чтобы погрешность, вызванную несовпадением периодов усреднения и сигнала, свести к уровню 0,1%. Таким образом, при времени инерции измерения 0,2 с мы практически устраняем влияние изменений частоты сигнала, если частота лежит в пределах $50 \pm 0,5$ Гц.

Характеристики преобразователей унифицированных сигналов

Рассмотрим основные характеристики и особенности, которые необходимо учитывать при выборе нормирующих преобразователей действующих значений переменных сигналов. В качестве примера приведем нормирующие преобразователи НПСИ-ДНТВ, выпускаемые Научно-производственной фирмой «КонтрАвт» (см. рис. 1).

В силу своего основного функционального предназначения, нормирующие преобразователи, прежде всего, характеризуются типами и диапазонами входных и выходных сигналов.

В преобразователях НПСИ-ДНТВ выбор входных и выходных сигналов программируется пользователем. Устанавливаются не только диапазоны преобразования, но и типы сигналов (ток и

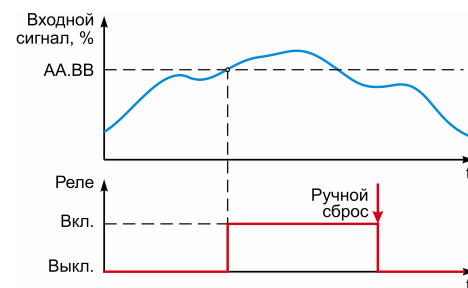


Рис.3. Диаграмма работы сигнализации «превышение» с защелкой

напряжение). Типы и диапазоны преобразования приведены в табл. 1.

Особенность нормирующих преобразователей НПСИ-ДНТВ заключается в том, что наряду с переменным напряжением и током они могут измерять и преобразовывать постоянные напряжения и ток. С учетом физического смысла действующего значения, измеренное действующее значение постоянного сигнала будет равно уровню самого постоянного сигнала.

Преобразователи НПСИ-ДНТВ обеспечивают гальваническую развязку входных и выходных сигналов. Напряжение изоляции составляет 1500 В.

Основная погрешность измерения действующих значений напряжения и тока в сети частотой 50 Гц и их преобразования в постоянные унифицированные сигналы тока и напряжения составляет 0,5%. Частота выборки в преобразователе равна 10 кГц, это позволяет измерять с указанной точностью синусоидальные сигналы кратные 50 Гц вплоть до частот 300 Гц (на частоте 1 кГц погрешность составляет 1%). Преобразователь можно использовать и для измерения действующих значений напряжения и тока и несинусоидальной формы, например, в цепях с симисторными коммутаторами. В этом случае может появиться дополнительная погрешность, которую следует оценить по приведенным выше формулам.

С точки зрения надежности и безопасности, в системе должна присутствовать сигнализация, которая должна срабатывать при достижении сигналами недопустимых уровней. Поскольку нормирующие преобразователи находятся на переднем крае на пути прохождения сигналов, то представляется целесообразным возложить выполнение функций сигнализации именно на них.

Преобразователи НПСИ-ДНТВ выпускаются как с функцией сигнализации, так и без нее. В модификациях с сигнализацией выполняемая функция выбирается пользователем из четырех возможных вариантов:

- Функция 1. Сигнализация срабатывает, если сигнал больше заданного уровня;



Рис. 4. Органы индикации и управления на передней панели преобразователя

- Функция 2. Сигнализация срабатывает, если сигнал меньше заданного уровня;
- Функция 3. Сигнализация срабатывает, если сигнал больше заданного уровня, и фиксируется в этом состоянии до сброса пользователем;
- Функция 4. Сигнализация срабатывает, если сигнал меньше заданного уровня, и фиксируется в этом состоянии до сброса пользователем.

Действие сигнализации для функций 1 и 3 иллюстрируют рис. 2, 3. Функции 3 и 4 представляют собой сигнализацию с защелкой. Сбросить его может пользователь только с передней панели преобразователя. Даже временное отключение питания не может сбросить защелку — после возобновления питания сигнализация будет включена. Таким образом, сигнализация с защелкой позволяет зафиксировать факт аварийной ситуации, а необходимость выполнения процедуры сброса с панели гарантирует,

что обслуживающий персонал обнаружит аварийную ситуацию и предпримет действия, предусмотренные технологическим регламентом.

Помимо выполнения функций сигнализации, преобразователи обнаруживают аварийные ситуации, которые могут возникнуть в системе: обрыв линий связи входных и выходных сигналов (только для 4...20 мА), выход сигналов за допустимый диапазон, целостность параметров в энергонезависимой памяти. При обнаружении аварийных ситуаций (не путать с работой сигнализации) на преобразователе зажигается индикатор АВАРИЯ, на дисплее отображается код аварийной ситуации, а выходной ток принимает значение, которое при конфигурировании задает пользователь — низкий или высокий аварийный уровень. Измерительные системы, принимающие сигналы преобразователей, регистрируют эти аварийные уровни, и следовательно, обнаруживают аварийные ситуации.

Питание преобразователей НПСИ-ДНТВ в зависимости от модификации производится либо от сети переменного напряжения 220 В (допустимый диапазон рабочих напряжений 85...265 В), либо от постоянного напряжения 24 В (допустимый диапазон рабочих напряжений 10...42 В).

Конструктивно преобразователи НПСИ-ДНТВ выполнены в корпусе с габаритными размерами (D×H×W) 115 × 110 × 22,5 мм, который обеспечивает монтаж на DIN-рельс 35 мм по стандарту EN 50 022.

Настройка преобразователя (конфигурирование) осуществляется пользователем с передней панели с помощью кнопок с контролем по цифровому

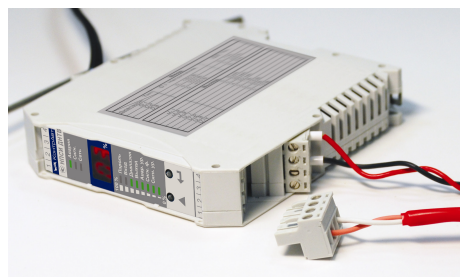


Рис. 5. Подключение внешних линий с помощью разъемных клеммных соединителей

двухразрядному дисплею (см. рис. 4). На цифровом дисплее отображается уровень сигнала в процентах от диапазона. Уровень сигнала наглядно показывает и линейный бар-граф.

Для удобства монтажа и обслуживания подключение внешних соединений производится с помощью разъемных клеммных соединителей (см. рис. 5).

Нормирующие преобразователи НПСИ-ДНТВ, выпускаемые НПФ «КонтрАвт», рассчитаны на эксплуатацию при температуре от -40 до +70 оС и относительной влажности 95%.

А.Г.Костерин,
генеральный директор
Д.В.Громов,
технический директор
ООО НПФ «КонтрАвт»,
Нижний Новгород



ООО НПФ «КонтрАвт»

Нижний Новгород;
тел./факс: (831) 260-13-08;
e-mail: sales@contravt.nnov.ru;
www.contravt.ru