

Измерение параметров трехфазной промышленной сети: ВОЗМОЖНОСТИ современных преобразователей



В статье описывается задача контроля электрических параметров в трехфазной промышленной сети в энергетических и технологических установках, которая выполняется с помощью измерительного преобразователя НПСИ-500-МС3 от научно-производственной фирмы «КонтрАвт».

НПФ «КонтрАвт», г. Нижний Новгород

В современных энергетических и технологических установках контроль параметров трехфазной промышленной сети является обязательным условием безопасной и эффективной эксплуатации оборудования. От точности измерения напряжений, токов, активной и реактивной мощности, частоты, коэффициента мощности и других величин зависят не только защита электрооборудования от аварийных режимов, но и рациональное использование электроэнергии, диагностика состояния сети, соблюдение требований к качеству электроснабжения.

Традиционно для решения этих задач применялись отдельные измерительные приборы и преобразователи, что усложняло схему, увеличивало стоимость и снижало надежность системы контроля. Современные измерительные преобразователи позволяют объединить измерение практически всех основных параметров трехфазной сети в одном компактном устройстве, обеспечивая при этом гальваническую развязку, высокую точность и передачу данных в системы верхнего уровня.

Одним из примеров таких устройств является измерительный преобразователь НПСИ-500-МС3, изготовленный научно-производственной

фирмой «КонтрАвт». Он предназначен для измерения параметров трехфазной промышленной сети (напряжения, тока, мощности, коэффициента мощности, частоты, энергии, разности фаз) и их преобразования в унифицированные сигналы тока 4–20 мА, что делает его востребованным компонентом автоматизированных систем управления, диспетчеризации и учета электроэнергии. Опишем подробнее, какие функции он выполняет, какие параметры измеряет и какие схемы подключения входов следует использовать.

Назначение

Преобразователь НПСИ-500-МС3 (рис. 1) предназначен для измерения следующих параметров трехфазной промышленной сети: действующих значений напряжения и тока по каждой из фаз, межфазных (линейных) значений между всеми парами фаз, различных видов мощности нагрузки сети по каждой из фаз (активной, реактивной, полной) и их суммарных значений по всем фазам, коэффициентов мощностей, разности фаз, частоты сети.

Для всех измеренных параметров вычисляются усредненные значения.

Усреднение производится по времени (интервал времени усреднения задается пользователем при конфигурировании прибора) и по фазам. Конкретный набор измеряемых параметров зависит от схемы подключения преобразователя. Любой из измеренных параметров может быть транслирован в унифицированный сигнал тока 4–20 мА.

Преобразователь НПСИ-500-МС3 имеет 1 или 2 токовых выхода в зависимости от модификации. Отдельные модификации преобразователя оснащены двумя дискретными выходами на электромеханическом реле, основ-



Рис. 1. Внешний вид измерительного преобразователя НПСИ-500-МС3 производства НПФ «КонтрАвт»

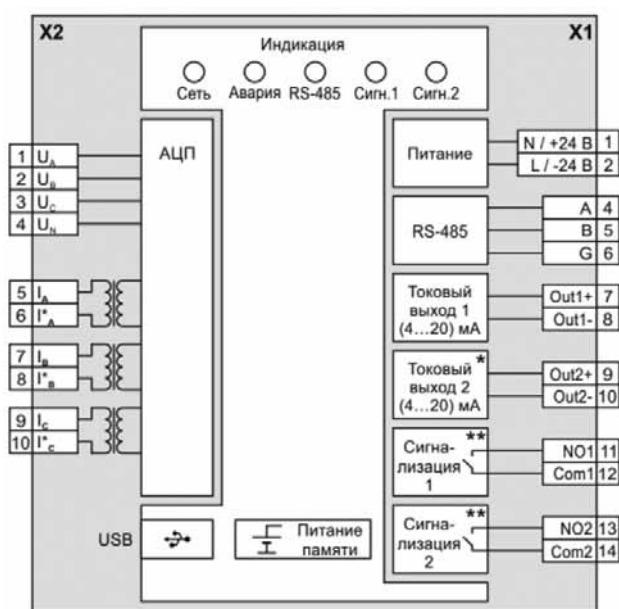


Рис. 2. Функциональная схема измерительного преобразователя НПСИ-500-МС3

ное предназначение которых — сигнализация. Доступно два вида сигнализации: параметрическая по уровню сигнала (сигнализация при пересечении порога) и функциональная (сигнализация при обнаружении различных аварийных ситуаций).

Преобразователи имеют интерфейсы RS-485 и USB. С их помощью можно передавать все измеренные параметры по сети на удаленный контроллер, дистанционно управлять токовыми и дискретными выходами, а также производить конфигурирование (то есть настройку) прибора.

Цепи прибора гальванически изолированы между собой. Дополнительно реализована индивидуальная гальваническая изоляция каналов изме-

рения тока при помощи встроенных измерительных трансформаторов.

Функциональность преобразователя: измерение

Функциональная схема преобразователя приведена на рис. 2. На ней отображены его основные функциональные блоки, реализующие перечисленную функциональность. Рассмотрим их.

Преобразователь имеет четыре входа для подключения напряжений и шесть входов для подключения тока. Сигналы напряжения можно подключать как напрямую ко входам, так и через внешние трансформаторы. В первом случае возможно измерение переменного напряжения и постоян-

ного напряжения в диапазоне от 100 до 500 В. Если необходимо измерять большие значения, то сигналы напряжения подключаются через внешние измерительные трансформаторы. В этом случае измеряются только переменные напряжения.

В цепях измерения тока уже присутствуют на входе встроенные в преобразователь измерительные трансформаторы. Сигналы тока можно подключать непосредственно ко входам преобразователя и мерить ток в диапазоне от 1 до 5 А. Если необходимо измерять большие значения, то следует использовать внешние трансформаторы тока. Очевидно, что и в том, и в другом случае можно измерять только переменный ток.

Измерение переменных напряжений и тока производится методом True RMS, что позволяет измерять несинусоидальные сигналы с границей спектра до 400 Гц без потери точности измерения. Набор измеряемых параметров будет разным для разных схем подключения преобразователя.

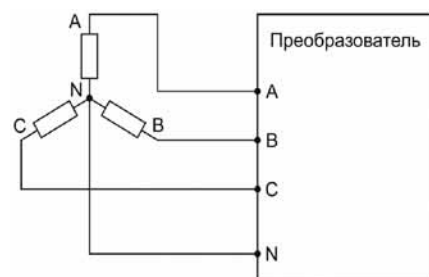


Рис. 3. Подключение нагрузки к сети по схеме «звезда»

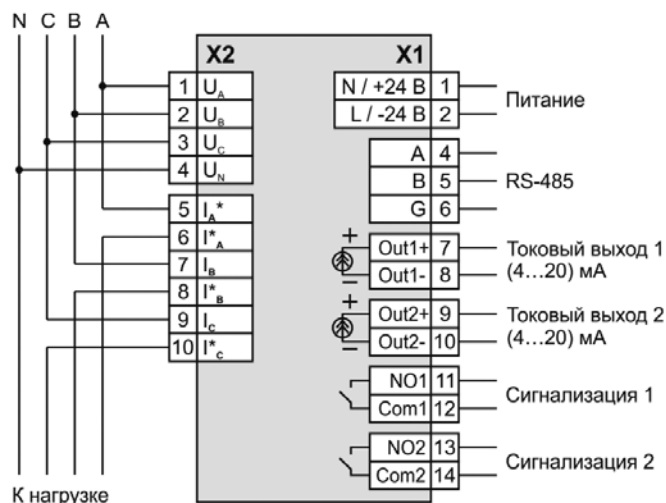


Рис. 4. Подключение по схеме «звезда» без применения внешних измерительных трансформаторов

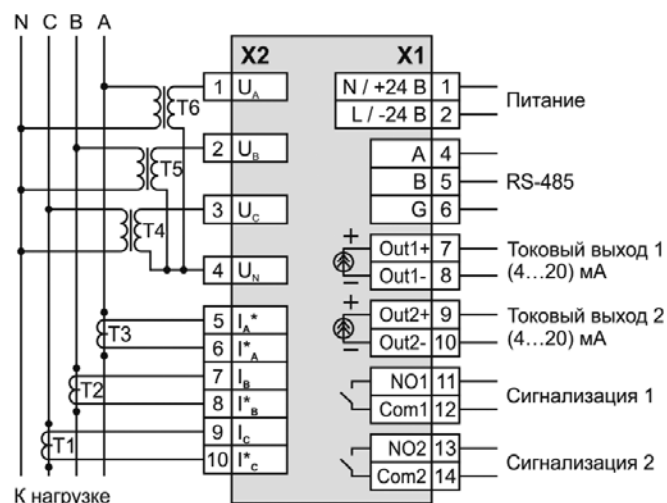


Рис. 5. Подключение по схеме «звезда» с использованием внешних измерительных трансформаторов

Схемы подключения входных цепей

Подключение нагрузки к сети по схеме «звезда». Четырехпроводная схема подключения преобразователя

Если нагрузка трехфазной сети подключена по схеме «звезда», то для подключения преобразователя используется четырехпроводная схема с наличием нейтрального провода (рис. 3). На рис. 4 представлена данная схема без применения внешних измерительных трансформаторов. Вариант схемы с использованием внешних измерительных трансформаторов представлен на рис. 5. Такая четырехпроводная схема подключения преобразователя применима и для симметричной, и для несимметричной нагрузки в сети. Для симметричной нагрузки допускается не подключать нейтраль.

Подключение нагрузки к сети по схеме «треугольник». Трехпроводная схема подключения преобразователя – схема Арона

Если в электрической установке используется другая схема подключения нагрузки – «треугольник», то для

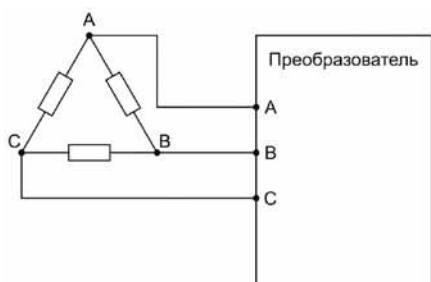


Рис. 6. Подключение преобразователя по схеме «треугольник»

подключения преобразователя применяется трехпроводная схема Арона (рис. 6). Вариант схемы Арона без применения измерительных трансформаторов приведен на рис. 7. Здесь линейные напряжения фаз A и C измеряются относительно фазы B, линейные токи измеряются в проводах A и C. Аналогичным образом могут быть организованы и другие трехпроводные схемы, где линейные напряжения и токи измеряются относительно других фаз.

У трехпроводной схемы Арона доступен вариант с использованием внешних измерительных трансформаторов. Соответствующая схема приведена на рис. 8. Схема подключения Арона также может использоваться и для симметричной, и для несимметричной нагрузки в сети.

При конфигурировании преобразователя пользователь должен указать, какая схема подключения используется. Также необходимо указать, используются ли внешние измерительные трансформаторы, и если да, то с какими коэффициентами трансформации. При необходимости можно скорректировать фазовый сдвиг, вносимый трансформатором.

Как мы уже сказали, для рассмотренных схем подключения входных цепей набор измеряемых параметров будет разным. При подключении нагрузки к сети по схеме «звезда» и, соответственно, при использовании четырехпроводной схемы подключения преобразователя доступен весь набор измеряемых параметров. Если нагрузка подключена к сети по схеме

«треугольник» и преобразователь подключен по трехпроводной схеме Арона, то доступен ограниченный набор измеряемых параметров. Посмотреть доступные измеряемые параметры для используемой схемы можно в руководстве по эксплуатации прибора в отдельной таблице.

Мы обсудили входной блок измерительного преобразователя НПСИ-500-МС3. Вернемся к его функциональной схеме и обсудим выходы прибора.

Выходы преобразователя НПСИ-500-МС3

Измерительный преобразователь НПСИ-500-МС3 имеет два типа выходов: токовые аналоговые и дискретные выходы на электромеханическом реле.

Токовые выходы

В зависимости от модификации преобразователь имеет один или два токовых выхода. Есть два варианта использования токовых выходов:

- ▶ первый – трансляция измеренных параметров трехфазной сети в унифицированные аналоговые сигналы 4–20 мА и их передача во внешние измерительные системы;

- ▶ второй – удаленное управление токовыми выходами с внешнего контроллера по интерфейсу RS-485. В этом случае преобразователь фактически становится модулем ввода/вывода.

Токовые выходы в преобразователе активные, поэтому дополнительные источники питания не требуются. Транслировать в токовый сигнал

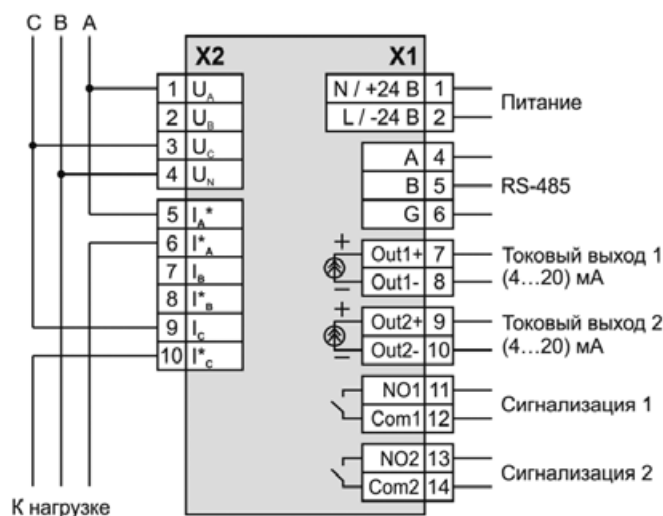


Рис. 7. Вариант схемы Арона без применения измерительных трансформаторов

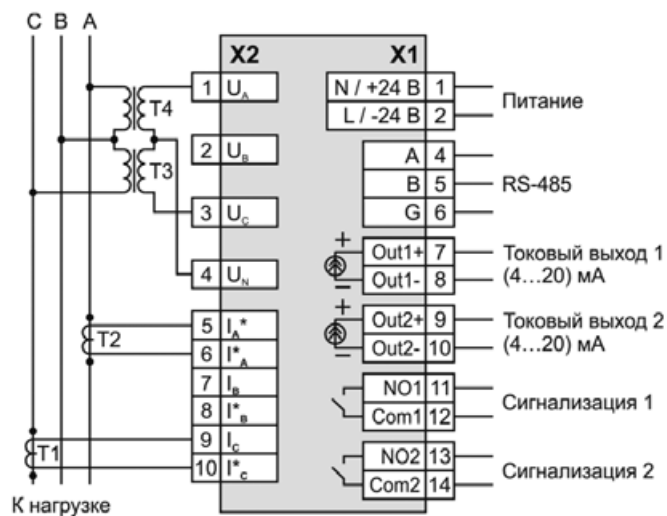


Рис. 8. Подключение по схеме Арона с применением внешних измерительных трансформаторов

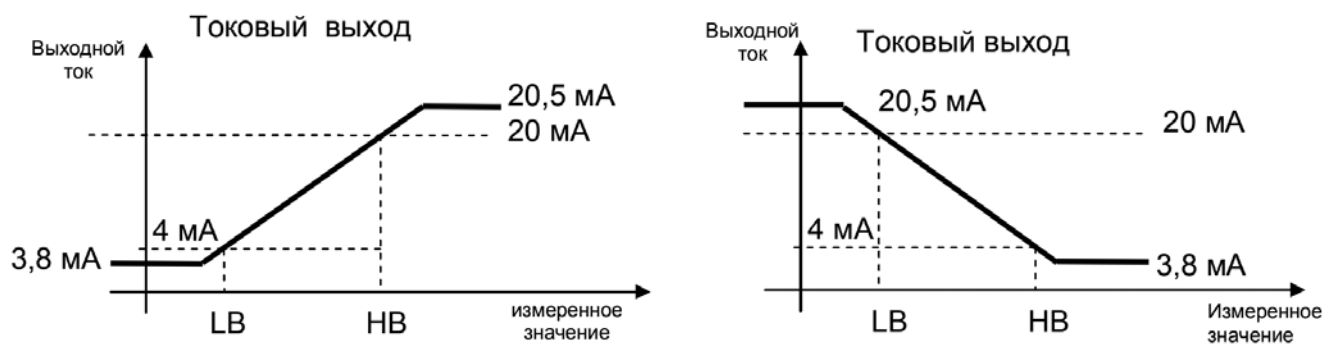


Рис. 9. Прямая и обратная трансляция по токовому выходу

4–20 мА можно любой из измеренных параметров. Его выбирает пользователь. Также при настройке прибора пользователь может выбрать вид функции трансляции — прямая или обратная. Они различаются наклоном графика (рис. 9). В случае выбора прямой трансляции с ростом измеренного значения выходной ток увеличивается, в случае обратной трансляции — уменьшается. Оба типа трансляции производятся с масштабированием. Масштабирование осуществляется в соответствии с выбранными границами диапазона преобразования, которые также задаются самим пользователем (то есть используется режим «лупы»).

Второй вариант применения токового выхода связан с удаленным управлением. Контроллер по интерфейсу задает числовое значение тока, а токовый выход его формирует в виде тока. Пользователь при конфигурировании прибора может выбрать способ задания выходного значения: либо в миллиамперах, либо в процентах от диапазона 4–20 мА.

Преобразователь выявляет целый ряд аварийных событий:

- ▶ выход измеренного значения входного сигнала за границы диапазона измерения и предупредительные границы;
- ▶ обрыв цепи выходного тока;
- ▶ ошибку чередования фаз;
- ▶ ошибку установки границ преобразования;
- ▶ нарушение целостности параметров в энергонезависимой памяти;
- ▶ отсутствие обмена по RS-485.

При обнаружении аварийных ситуаций токовые выходы могут быть переведены в аварийное состояние (низкое 3,6 мА или высокое 21,5 мА). Измерительная система верхнего уровня видит эти сигналы и понима-

ет, что имеет место аварийная ситуация. Пользователь может задать, какие именно аварийные ситуации влияют на работу токового выхода, а также задает аварийный уровень токового выхода — низкий или высокий.

Дискретные выходы

Рассмотрим дискретные выходы преобразователя. Они выполнены на электромеханических реле с контактом на переключение с нагрузочной способностью до 3 А при напряжении до 250 В.

Есть три варианта их использования:

- ▶ первый и основной — выходы сигнализации: параметрической или функциональной;
- ▶ второй — удаленное управление их состоянием по интерфейсу с внешнего контроллера;
- ▶ третий — автономное формирование сигналов с параметрами, задаваемыми по интерфейсу с внешнего контроллера.

Это могут быть сигналы реле времени (функция автовозврата) либо непрерывная последовательность импульсов с ШИМ. В зависимости от конкретной модификации преобразователь НПСИ-500-МС3 может или

совсем не иметь дискретных выходов, или иметь два таких выхода. В последнем случае они могут использоваться независимо друг от друга.

Основной вариант использования дискретных выходов — сигнализация. Она может быть как параметрической (то есть сигнализация при пересечении выбранным измеряемым параметром заданного порога), так и функциональной (сигнализация при обнаружении аварийных ситуаций). Пользователь сам может выбрать, какой тип сигнализации передавать на дискретный выход. В случае выбора параметрической сигнализации (по уровню) измеренное значение сравнивается с заданными порогами. При пересечении порога формируются дискретные сигналы в соответствии с выбранной функцией сигнализации. Параметрическая сигнализация реализована встроенным программным компаратором. Измеренный параметр, по которому выполняется сигнализация, а также тип функции и пороги сигнализации задаются пользователем (рис. 10).

Дополнительно могут быть заданы задержка срабатывания и режим отложенной сигнализации при включении. Время задержки срабатывания — это

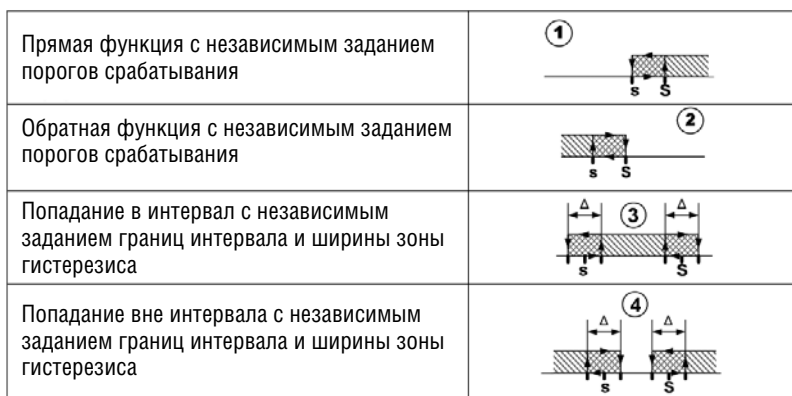


Рис. 10. Схемы сигнализации

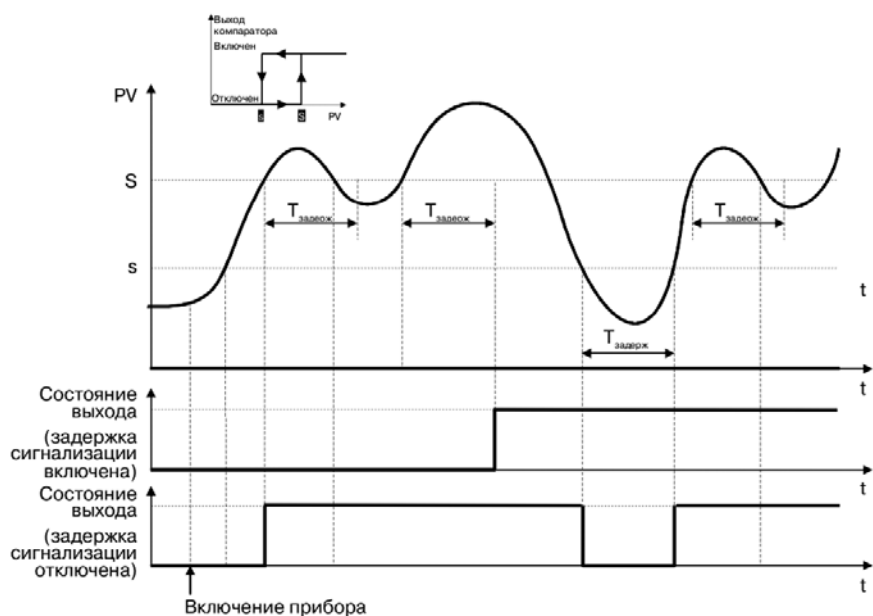


Рис. 11. Задержка сигнализации

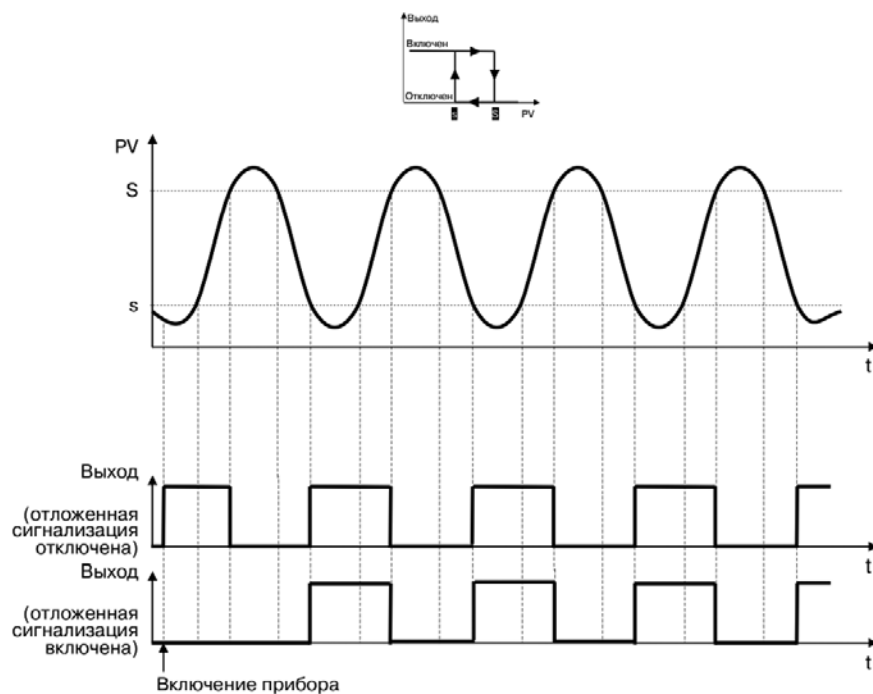


Рис. 12. Отложенная сигнализация

время, в течение которого должно сохраняться условие для срабатывания сигнализации, чтобы она сработала (рис. 11). В режиме отложенной сигнализации игнорируется первое условие срабатывания сигнализации после включения питания. Сигнализация начинает обрабатывать только при повторном выполнении условия срабатывания (рис. 12). Это позволяет избежать ложных срабатываний сигнализации в процессе установления режимов работы оборудования при включении питания.

Еще одним типом сигнализации, на работу с которой можно настроить дискретный выход преобразователя, является функциональная сигнализация, то есть сигнализация аварийных ситуаций. Ранее мы уже говорили, что аварийные ситуации способны перевести токовый выход в аварийное состояние. Дискретный выход тоже может обрабатывать аварийные ситуации. Конкретный набор аварийных ситуаций, приводящих к срабатыванию дискретных выходов, задается пользователем.

Завершая тему аварийных ситуаций, отметим, что они записываются в регистры преобразователя и, следовательно, могут быть считаны по интерфейсу. Кроме того, заданный пользователем набор ситуаций может отражаться индикатором АВАРИЯ на передней панели преобразователя.

Второй вариант использования дискретных выходов — удаленное управление ими по интерфейсу с внешнего контроллера. Контроллер принудительно переводит дискретный выход в нужное состояние.

Третий вариант использования дискретных выходов — формирование временных импульсов в автономном режиме под управлением внешнего контроллера. Это могут быть одиночные импульсы, момент возникновения и длительность которых задаются контроллером (функция автовозврата), либо непрерывная последовательность импульсов, период и длительность которых также задаются контроллером.

Во втором и третьем вариантах, когда управление дискретным выходом происходит по интерфейсу, преобразователь может рассматриваться как модуль удаленного ввода/вывода.

Интерфейсы USB и RS-485

Измерительный преобразователь НПСИ-500-MC3 имеет два интерфейса: RS-485 (протокол Modbus RTU) и USB. Первое их назначение — конфигурирование (то есть настройка) преобразователя. Конфигурирование выполняется с помощью сервисного программного обеспечения SetMaker, установленного на ПК. В случае конфигурирования по USB прибор подключается к персональному компьютеру через обычный USB-кабель.

Конфигурирование преобразователя можно выполнять и удаленно по интерфейсу RS-485. В этом случае преобразователь также подключается к ПК, но уже через COM-порт с помощью отдельного преобразователя интерфейса RS-232/RS-485.

Второе назначение интерфейсов — обмен данными между преобразователем и внешним устройством (ПК или внешним контроллером). То есть преобразователь по запросу может передавать измеренные значения в системы управления верхнего уровня (управляющий контроллер или ПК). Наконец, третье назначение интер-

фейсов — удаленное управление токовыми и дискретными выходами преобразователя. Заметим, что функционирование интерфейсов USB и RS-485 происходит независимо друг от друга.

Индикаторы

Преобразователь имеет блок индикаторов, которые отображают состояние преобразователя на его передней панели с помощью светодиодов. Индикаторы показывают включенное состояние преобразователя, аварийные ситуации, срабатывание сигнализации, а также обмен по интерфейсу RS-485.

Гальваническая изоляция

Цепи входов, токовых выходов, выходов сигнализации, питания преобразователя и интерфейса RS-485 гальванически изолированы между собой. Специально еще раз отметим, что в приборе реализована дополнительная индивидуальная гальваническая изоляция каналов измерения тока с помощью встроенных измерительных трансформаторов.

Технические характеристики

Измерительный преобразователь НПСИ-500-МС3 имеет высокую точ-

ность преобразования 0,5%. Измерения могут происходить в расширенном диапазоне рабочих температур ($-40...+70^{\circ}\text{C}$) с высокой температурной стабильностью (0,025%/градус). Диапазон напряжений питания $\sim 85...265\text{ В}$, $=120...360\text{ В}$ или $=12...36\text{ В}$.

Модификации и система обозначений

В заключение скажем несколько слов о возможных модификациях преобразователя и системе обозначения, в которой зашифрована функциональность прибора. В наименовании преобразователя НПСИ-500-МС3 цифра «500» указывает на наличие в приборе интерфейса RS-485 и USB, а код МС3 — что это измеритель параметров в трехфазной сети. Различные модификации преобразователя могут иметь один или два токовых выхода. Модификации МС3.1 имеют один токовый выход, МС3.2 — два.

Следующий параметр системы обозначений указывает на наличие или отсутствие сигнализации в модификации: 0С — сигнализации нет вообще, 2С — сигнализация есть, реализована двумя дискретными выходами на электромеханическом реле.

Третий параметр системы обозначений определяет номинальное напря-

жение питания и соответствующий рабочий диапазон: значение 24 означает напряжение 24 В и диапазон 12...36 В постоянного тока, значение 220 — напряжение 220 В и диапазон 85...265 В переменного тока частотой 50 Гц.

И наконец, последний параметр системы обозначений М указывает на вид модификации. М0 — стандартная модификация; МХ — модификации по заказу. Таким образом, пример обозначения модификации НПСИ-500-МС3.2-2С-220-М0 можно прочитать так: измерительный преобразователь параметров трехфазной сети НПСИ-500-МС3 с интерфейсами RS-485 и USB, двумя активными токовыми выходами 4...20 мА, имеющий сигнализацию с двумя выходами на электромеханическом реле, рабочий диапазон напряжений питания 85...265 В переменного тока частотой 50 Гц, стандартная модификация.

А. Г. Костерин, генеральный директор,
НПФ «КонтрАвт», г. Нижний Новгород,
тел.: +7 (831) 260-1308,
эл. почта: sales@contravt.ru,
сайт: www.contravt.ru

Иллюстрации предоставлены
ООО НПФ «КонтрАвт»

Radel XXVI МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА
РАДИОЭЛЕКТРОНИКА & ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

23-25 СЕНТЯБРЯ 2026
САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
КВЦ ЭКСПОФОРУМ

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ
НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ
ПЕРЕДОВЫЕ АРХИТЕКТУРЫ
НОВЫЕ КОМПОНЕНТЫ
СУПЕРКОМПЬЮТЕРЫ

СОЗДАВАЙТЕ НОВОЕ!

ОРГАНИЗАТОР: **FarEXPO IFE** 18+