

# Интеллектуальный многофункциональный преобразователь TMTG

**ЭНЕРГОМЕТРИКА**  
www.energometrika.ru

В статье рассматривается интеллектуальный многофункциональный преобразователь TMTG, подробно описывается возможное назначение и технические характеристики прибора.

000 «Энергометрика», г. Москва

Выпускаемый венгерской фирмой Vertesz Elektronika интеллектуальный многофункциональный преобразователь TMTG разработан в полном соответствии с требованиями отраслевых стандартов для энергетических предприятий России. Прибор предоставляет полную картину параметров электрической сети 0,4 кВ с измерением свыше 65 параметров, регистрацией и передачей результатов измерений (в форме аналоговых и цифровых сигналов) следующих величин:

- ▶ напряжение: среднеквадратичные значения фазных и линейных напряжений, симметричные составляющие фазного напряжения, степень искажения напряжения, гармонические составляющие фазного напряжения (с 1 по 31 гармоники), форма сигнала за восемь периодов;

- ▶ ток: среднеквадратичное значение фазных токов, среднеквадратичное значение тока в нулевом проводе (рассчитанное), симметричные составляющие фазных токов, степень искажения фазных токов, гармонические составляющие фазных токов (с 1 по 31 гармоники), форма сигнала за восемь пе-

риодов, коэффициент амплитуды (пик-фактор);

- ▶ мощность: активные, реактивные и полные мощности в каждой фазе и общие, коэффициенты мощности в каждой фазе и общие;

- ▶ энергия: потребленная и генерируемая активная и реактивная энергия;

- ▶ частота.

Сегодня из-за большого количества нелинейных нагрузок в сети сигналы тока и напряжения, как правило, искажены высшими гармониками. Не все устройства способны измерять такие сигналы с большой точностью. Благодаря

уникальному алгоритму вычисления измеряемых значений преобразователи семейства TMTG гарантируют высокую точность измерения периодического сигнала любой формы, то есть коэффициент искажения синусоидальной формы кривой тока и напряжения может превышать 300%.

Одной из привлекательных особенностей преобразователя является возможность его использования в качестве регистратора помех. По определенному сигналу от триггера производится запись формы токов и напряжений (шесть измеряемых фазных величин) в течение восьми

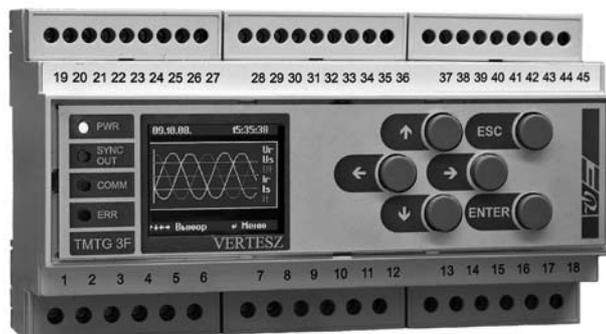


Рис. 1. Внешний вид интеллектуального многофункционального преобразователя TMTG

Таблица 1. Семейство приборов TMTG, их функциональное исполнение

| Матрица функций  |  |  |                                  |                       |
|--|--|--|----------------------------------|-----------------------|
| Функции  | Измеритель мощности<br>TMTG-1F,<br>TMTG-3F | Счетчик энергии<br>TMTG-1E,<br>TMTG-3E | Ограничитель нагрузки<br>TMTG-3M | Анализатор<br>TMTG-3R |
| <b>Измерения</b>   |  |  |                                  |                       |
| Ток, напряжение (действительные значения – True RMS)               | •  | •                                      | •                                | •                     |
| Симметричные составляющие тока и напряжения                        | •  | •                                      | •                                | •                     |
| Линейное напряжение  | •  | •                                      | •                                | •                     |
| Среднеквадратичное значение в нулевом проводе, IN (рассчитанное)   | •  | •                                      | •                                | •                     |
| Частота  | •  | •                                      | •                                | •                     |
| Форма сигнала тока и напряжения                                    | •  | •                                      | •                                | •                     |
| Мощность, коэффициент мощности                                     | •  | •                                      | •                                | •                     |
| Энергия  |  | •                                      | •                                | •                     |
| THD по току и напряжению   |  |  |                                  | •                     |
| Гармонические составляющие тока и напряжения                       |  |  |                                  | •                     |
| Коэффициент формы тока   |  |  |                                  | •                     |
| <b>Программируемые аналоговые выходы (3 шт.)</b>                   |  |  |                                  |                       |
| 0...5 мА, 0...20 мА, 4...20 мА и 10 В или $\pm 10$ мА, $\pm 20$ мА | •  | •                                      | •                                | •                     |
| <b>Регистрирование</b>   |  |  |                                  |                       |
| Массивы измерения  |  | •                                      | •                                | •                     |
| События в сети   |  | •                                      | •                                | •                     |
| <b>Цифровые входы</b>  |  |  |                                  |                       |
| Опрос цифровых входов  |  | •                                      | •                                | •                     |
| Сумматор импульсов   |  | •                                      | •                                | •                     |
| <b>Цифровые выходы</b>   |  |  |                                  |                       |
| Пороговые значения   | •  | •                                      | •                                | •                     |
| Импульсы энергии   |  | •                                      | •                                | •                     |
| Ограничитель мощности  |  |  | •                                | •                     |
| <b>Прочие функции</b>  |  |  |                                  |                       |
| Часы реального времени   |  | •                                      | •                                | •                     |

периодов. Эти данные сохраняются в оперативной памяти RAM до следующего сигнала регистрации или до выключения устройства.

Условие начала записи устанавливается пользователем. Им может являться достижение заданного уровня, включая условия «больше или равно», «меньше или равно», мгновенным или среднеквадратичным значением тока и напряжения в любом канале, а также определенные импульсы, в том числе импульсы синхронизации или импульсы ручного запуска. Всего можно установить шесть условий.

Поскольку во внутренней памяти устройства всегда находятся результаты измерения за последние 160 мс, то весь период регистрации (160 мс) можно произвольно разделить на две части: регистрация до выполнения условий записи и после.

Функция регистрации незаменима не только для визуального анализа помех, но и значительно облегчает подключение преобразователя к сети. По углу между фазами можно проверить правильность подключения. Особенно часто наблюдаются ошибки при подклю-

чении к трансформаторам тока: не принимается во внимание направление тока. При этом угол между отдельными фазами будет не  $120^\circ$ , а около  $60^\circ$  или  $300^\circ$ .

Важной функцией устройства является запись событий в сети. При выходе измеряемого напряжения за пределы 0,9–1,1 от номинального (то есть в сети произошло событие) делается запись в специальном отделе памяти. Причем перенапряжения и провалы напряжения классифицируются на восемь групп – в зависимости от величины перенапряжения и глубины провала.

Запись содержит время события, его продолжительность и значение напряжения. Всего возможны 3072 подобные записи. При переполнении памяти новые значения записываются на место самых старых. События в сети регистрируются с периодом в 10 мс.

Пользователь имеет возможность задать интервал усреднения измеряемых значений в промежутке 1–60 минут с шагом в 1 минуту. При этом в памяти устройства сохраняются усредненные, минимальные и максимальные значения

всех измеряемых преобразователем величин. Таким образом, функция записи событий напряжения и возможность регистрирования усредненных, минимальных и максимальных значений за выбранный интервал усреднения дает возможность мониторинга качества электросети согласно ГОСТ 13109.

Учитывая требования российского рынка, устройство способно работать в широком температурном диапазоне, от  $-30$  до  $+50$  °С, причем до  $-20$  °С – с сохранением погрешности измерения 0,1% для тока и напряжения, 0,2% – при измерении мощности, коэффициента мощности и энергии.

Преобразователь содержит встроенные управляемые трансформаторы тока для преобразования входных сигналов и обеспечения гальванической развязки. Преимуществом использования встроенных трансформаторов является обеспечение большей перегрузочной способности.

На вход TMTG подаются шесть измеряемых величин: токи и напряжения в каждой фазе. Расчет всех перечисленных выше параметров производится встроенным процессором DSP (Digital Signal Processor). Запрограммированный математический алгоритм позволяет получать точные результаты измерений независимо от формы входных сигналов. Еще один процессор DSP служит для управления аналого-цифровым преобразователем (АЦП) и передает второму процессору отфильтрованные и калиброванные выборки. Процессоры связаны между собой через оптические преобразователи, обеспечивая гальваническую развязку.

Таблица 2. Классификация событий в зависимости от значения перенапряжения, измеряемых прибором TMTG

| Диапазон (%) | Значение напряжения при $U_{NE} = 230,94$ (V) | Тип события       |
|--------------|---|-------------------|
| 120...       | 277,13  | Перенапряжение    |
| 115...120    | 265,58...277,13                               |                   |
| 110...115    | 254,03...265,58                               |                   |
| 70...90      | 161,66...207,85                               | Спад напряжения   |
| 40...70      | 92,376...161,66                               |                   |
| 20...40      | 46,188...92,376                               |                   |
| 10...20      | 23,094...46,188                               |                   |
| 0...10       | 0...23,094                                    | Провал напряжения |

Для достижения высокой точности действующего значения необходимо увеличивать число выборок, однако при этом увеличивается и время достижения установленного значения, что приводит к проблемам при измерении быстрых процессов. В преобразователях TMTG сигналы с АЦП поступают в блок измерения, где через каждые 20 мс происходит вычисление действующих значений токов и напряжений, расчет мощности, коэффициента мощности, энергии и других параметров за последние два периода (40 мс). Благодаря уникальному схемотехническому решению время достижения установленного значения составляет всего 100 мс при очень высокой точности измерения.

Преобразователь также может работать в режиме счетчика электрической энергии, суммируя отдельно потребленную и выдаваемую (генерируемую) активную (EP+, EP-) и реактивную энергию (EQ+, EQ-). Для каждого вида энергии есть по два счетчика, которые не обнуляются. Встроенной памяти достаточно на 5–7 лет непрерывного измерения. После этого происходит переполнение счетчика с последующим обнулением.

Кроме полного потребления TMTG измеряет интегрированное количество потребленной энергии за выбранный промежуток времени, например 30 минут. Информация об энергии сохраняется в памяти, защищенной литиевой батареей, поэтому она не теряется даже при выключении питания. Общий объем памяти для регистрации измеряемых значений, в том числе интегрированных значений энергии, составляет 1,8 Мб. Этой памяти достаточно для регистрации всех значений в течение 140 дней.

Полную потребленную энергию можно считать с русскоязычного дисплея на жидких кристаллах. Полную энергию и энергию, интегрированную за выбранный интервал времени, можно опросить через интерфейс RS-485 (протокол ModBus RTU).

Прибор имеет шесть программируемых дискретных входов/выходов. При измерении энергии четыре дискретных выхода исполь-

зуются как импульсные выходы, информирующие о потребляемой энергии. Модуль измерений генерирует логические импульсы, число которых пропорционально четырем измеренным значениям энергии. Эти импульсы через формирователи выходных импульсов выведены на выходные клеммы устройства.

Значение энергии, относящейся к одному импульсу, устанавливается пользователем и определяется в таблице параметров программы VERA-2, идущей в комплекте с прибором.

Программируемые входы/выходы служат и для синхронизации устройств. В системах ограничения потребления все счетчики энергии должны быть синхронизированы между собой. TMTG может как принимать внешний синхроимпульс (при этом внутренние часы синхронизируются к выбранному счетчику), так и выдавать синхроимпульс.

Все вышеперечисленные свойства TMTG позволяют использовать его в различных автоматизированных системах технического учета, в системах ограничения мощности.

С помощью имеющихся в TMTG шести дискретных портов возможно осуществление нескольких функций. Эти порты устанавливаются в различных соотношениях, например: 2 выхода – 4 входа, 3 выхода – 3 входа, 4 выхода – 2 входа. Требуемый вариант определяется при производстве устройства.

Дискретные входы могут быть использованы как сумматор импульсов, то есть устройство принимает сигналы измерительных датчиков, имеющих импульсный выход. Благодаря этой функции преобразователь TMTG может быть использован как счетчик не только электроэнергии, но и других энергоносителей, например воды, газа и т.д.

Состояние входов опрашивается с устанавливаемой частотой, последние 16 измерений могут быть считаны через линию связи.

Дискретные выходы могут работать по порогу срабатывания с гистерезисом. В этом случае состояние выхода меняется при пересечении заданного уровня, относящегося к любому измеряемому или вычисленному сигналу, а в случае

счетчиков импульсов – при достижении заданного числа импульсов. Дискретные выходы могут работать как импульсные (при этом их частота пропорциональна потребляемой энергии), или как источник синхроимпульсов для синхронизации, например других устройств TMTG. Об этом уже упомянуто выше.

По синхроимпульсу усредненные, максимальные и минимальные значения выбранных параметров, промежуточные значения потребленной энергии, состояния счетчиков импульсов записываются в архив FLASH (величиной 2 Мб). Количество записей зависит от набора архивируемых значений: при выборе всех опций возможно 6500 записей, что означает регистрацию значений с 15-минутным интервалом в течение 70 дней. Если же, например, не требуется регистрация минимальных и максимальных значений, то возможно 15 500 записей, что означает минутные значения за 11 дней. При переполнении памяти новые значения записываются на место самых старых.

Источником синхроимпульса, по которому происходит регистрация измеренных и вычисленных параметров или обнуление счетчиков импульсов, может быть любой цифровой вход или внутренние часы устройства (в интервале 1–60 минут с точностью до минуты), также может быть подана команда записи регистров ModBus через линию связи.

Многофункциональный преобразователь TMTG оснащен стандартным выходом последовательной связи RS-485, протоколом ModBus RTU. Прибор работает в режиме Slave. Через выход RS-485 возможно считывание измеряемых значений и параметров из таблицы данных, установка и считывание параметров генераторов тока (активных аналоговых сигналов), цифровых входов и выходов.

Для настройки, отображения и сохранения в файле измеренных текущих и записанных в памяти величин различных интеллектуальных преобразователей фирмы Vertesz Elektronika используется программное обеспечение VERA-2, поставляемое вместе с приборами и устанавливаемое на компьюте-

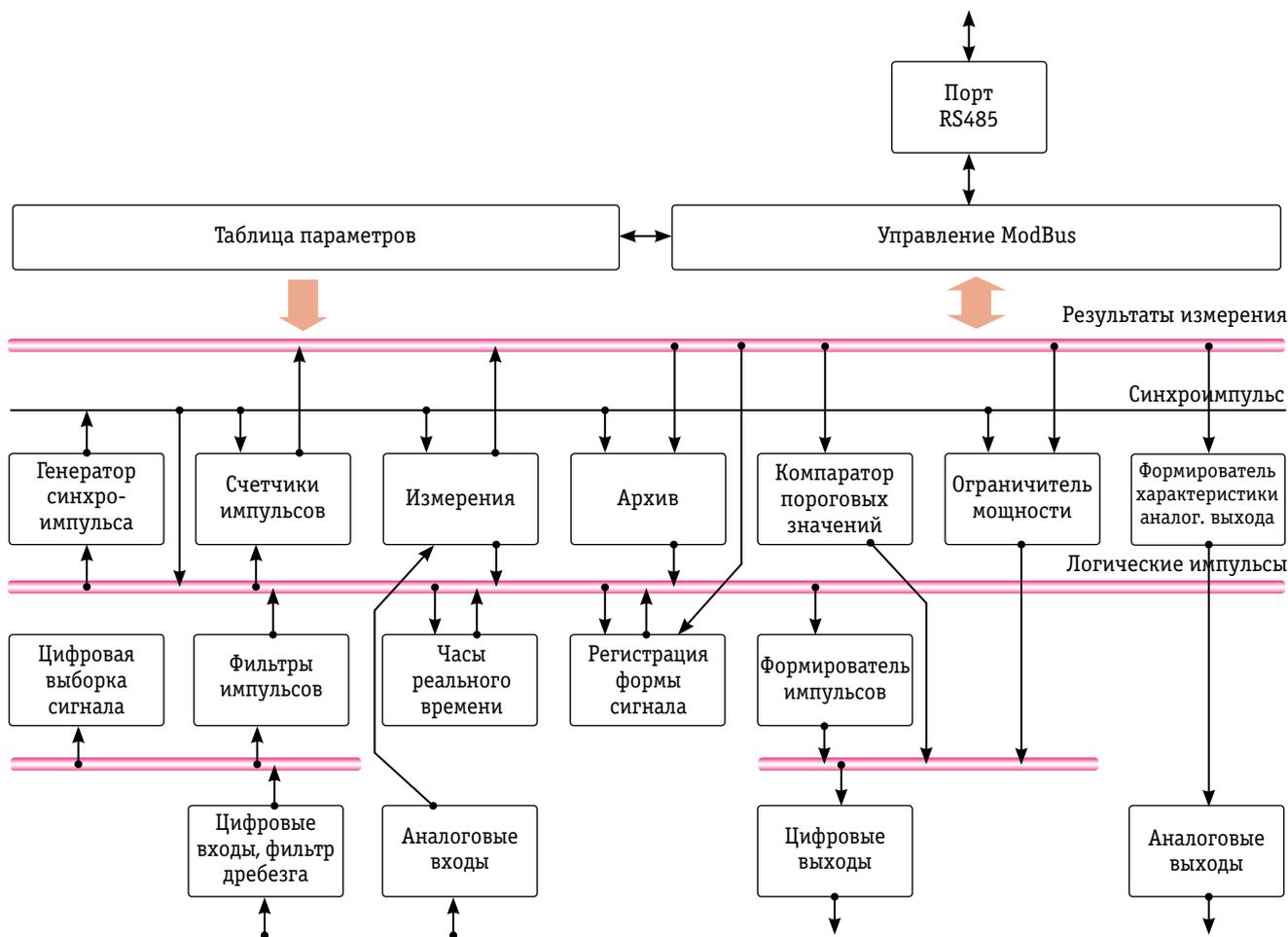


Рис. 1. Схема логическая структура прибора ТМТГ

ре пользователя. Число устройств, одновременно подключаемых к компьютеру, теоретически не ограничено при использовании сети Ethernet (с помощью конвертора интерфейса RS-485/Ethernet). Возможны различные варианты организации линий связи.

С помощью программного обеспечения устройства осуществляется измерение, хранение измеренных значений, управление цифровыми входами и выходами, коммуникация по каналу RS-485. Логическое построение программы представлено на рис. 1.

Отдельные логические части, установки и калибровочные коэффициенты могут задаваться по-разному через таблицу параметров, которая хранится в энергонезависимой памяти FLASH, и ее содержание не теряется при отключении устройства от сети питания.

Блок «аналоговые входы» осуществляет выборку мгновенных значений входных сигналов и умножение входной величины на кали-

бровочные константы (калибровка). Выборка входных сигналов синхронизирована с сигналами напряжения, что обеспечивает целое число проб (64 шт.) за период входного сигнала. Это особенно важно при вычислении гармонических составляющих. Постоянная погрешность входных цепей и АЦП компенсируется коэффициентами калибровки каждого канала, которые устанавливаются при настройке устройства, изменить их пользователь не может.

Цифровые входы оснащены фильтрами дребезга, которые отфильтровывают переходные процессы внешних механических элементов. Фильтры каждую миллисекунду опрашивают цифровые входы. Уровень считается стабильным, когда одно и то же значение было измерено за заданное число миллисекунд (которое задается и хранится в таблице параметров).

Полезной функцией преобразователя может оказаться спектральная обработка входных сигналов. За восемь периодов с частотой 3200 Гц

по алгоритму FFT (быстрое преобразование Фурье) вычисляются гармонические составляющие тока и напряжения (до 31 гармоники). Действующие значения гармонических составляющих можно считать из соответствующих регистров.

ТМТГ оснащен внутренними часами реального времени. В зависимости от настройки устройство может отслеживать переход между летним и зимним временем. Часы не останавливаются и не сбрасываются при отключении устройства от питания. Они имеют логический импульсный выход, который может быть использован для выработки внутреннего синхронного сигнала или выходного синхроимпульса. Часы можно синхронизировать с любым логическим импульсом.

Прибор содержит блок отслеживания пороговых значений (компаратор). Входом блока могут быть мгновенные значения измеряемых величин, промежуточные значения энергии, счетчики импульсов. Для каждого из пороговых значений

могут задаваться отдельно порог срабатывания, величина гистерезиса и полярность сигнала выхода компаратора.

В состав TMTG входят три генератора тока, которые могут выдавать ток величиной от  $-24$  до  $+24$  мА на нагрузке с максимальным сопротивлением 500 Ом. Каждый выход программируется отдельно и служит для вывода любого измеряемого значения. Характеристика линейная с задаваемой крутизной, программируемыми начальным и конечным значениями, то есть возможна установка диапазонов: 0–20 мА, 4–20 мА и др.

Формирователи аналоговых выходных характеристик производят согласование выходного тока с измеряемым сигналом. На вход формирователя может быть подан любой измеряемый параметр. Ли-

нейная характеристика ограничена нижним и верхним порогом насыщения. Например, при измерении мощности можно настроить аналоговый выход так, чтобы при мощности 0 Вт на выходе было 4 мА, а при номинальном значении — 20 мА. Каждый выход может быть настроен индивидуальным формирователем. Если выход не настроен формирователем, то управление выходами возможно посредством канала последовательной связи RS-485.

Преобразователь может быть использован для управления электропотреблением. Для этого он имеет три звена контроля превышения допустимого предела, которые на основе текущих значений промежуточных счетчиков энергии или импульсных счетчиков рассчитывают прогноз на конец заданного интервала времени. Если прогноз

превышает заданное предельное значение, на выбранный цифровой выход подается сигнал, который может быть использован для отключения нагрузки. Звенья контроля превышения могут быть включены в каскад и работать в трехкаскадном режиме контроля превышения. Информация о срабатывании каждого ограничителя и о превышении нагрузки регистрируется в архиве.

Необходимо отметить, что TMTG внесен в Госреестр СИ РФ за № 43323\_09 как прибор «Преобразователь измерительный многофункциональный» и допущен к применению на территории РФ.

Множество функций, которые способен выполнять преобразователь TMTG, делают этот прибор незаменимым инструментом измерений, мониторинга и передачи данных в системах электроснабжения.

Д.П. Кнышук, генеральный директор,  
ООО «Энергометрика», г. Москва,  
тел.: (495) 510-1104,  
e-mail: zakaz@energometrika.ru

Рекламными возможностями сайта журнала уже воспользовались такие компании, как:

**KLINKMANN**

АНАЛИТИКТС

**M3TA**  
mzta.ru

**РАКУРС**

**PROSOFT®**

**КРОК**

**GE** imagination at work

**ИНСАТ**  
www.inSAT.ru

**SIEMENS**

**Winncom**  
Technologies

**RISoft**  
СРЕДСТВА И СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ

**НИЕНШАНЦ**  
АВТОМАТИКА  
IndustrialPC

**AdAstrA**  
RESEARCH GROUP, LTD

**QUARTA**  
TECHNOLOGIES

**ЭНЕРГОМЕТРИКА**  
www.energometrika.ru

и еще сотни компаний ....

Любую справочную информацию можно получить по телефону: (495) 542-03-68, e-mail: reklama@isup.ru