

Преобразователи тока измерительные

LPW25-I-1-5-1,

LPW25-I-1-5-2.

Преобразователи напряжения измерительные

LPW25-U-2-230.

РУКОВОДСТВО ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ

Рассмотрены вопросы интеграции оборудования:

- Интеграция **LPW25** с АЦП **LTR24-2**, **LTR25** и со сторонним оборудованием.
- Тест-имитация **LPW25** посредством ЦАП **LTR35-2-8**.
- Коммутация интерфейса **LPW25** посредством **LTR42**.



Ревизия документа: 1.0.1

Февраль 2020



ООО "Л КАРД"

117105, г. Москва, Варшавское ш., д. 5, корп. 4, стр. 2

тел.: (495) 785-95-25 факс: (495) 785-95-14

Адреса в Интернет:

<http://www.lcard.ru>

E-Mail:

Отдел продаж: sale@lcard.ru

Техническая поддержка: support@lcard.ru

Отдел кадров: job@lcard.ru

Общие вопросы: lcard@lcard.ru

Отдел производства: pro@lcard.ru

Автор руководства: Гарманов А. В.

Ресурсы техподдержки в Интернет:

Выбор оборудования: http://www.lcard.ru/products/hardware_choice

Форум технической поддержки: <http://www.lcard.ru/forums/viewforum.php?id=1>

Форум выбора оборудования: <http://www.lcard.ru/forums/viewforum.php?id=2>

FAQ (вопросы и ответы): <http://www.lcard.ru/support/download>

Терминология: <http://www.lcard.ru/lexicon>

Статьи: <http://www.lcard.ru/articles>

Выбор датчиков: http://www.lcard.ru/info/sensors_vendors



История ревизий настоящего документа

Дата	Ревизия документа	Содержание изменения
02.2020	1.0.0	Первая ревизия документа
02.2020	1.0.1	Незначительная редакция

При чтении данного документа в электронном виде для облегчения навигации пользуйтесь электронным деревом оглавления (например, программы Acrobat Reader), а также гиперссылками внутри документа.

В тексте руководства встречаются гиперссылки на информационные разделы сайта www.lcard.ru : [Терминология](#), [FAQ](#), [Статьи](#).

Глава 1. Общее знакомство.

1.1. Введение

ООО “Л Кард” представляет техническое решение для исследований электросетей переменного тока с преобразователями LPW25¹, которые могут быть установлены на DIN-рейке (например, в электрощитке). Основная область применения LPW25: исследование переходных процессов в электросетях в полосе частот от 10 до 10000 Гц, исследование амплитудных, фазовых, спектральных характеристик до 200-ой гармоники промышленной частоты.

Каждый канал преобразователей LPW25 имеет 2-проводный низковольтный интерфейс, совместимый с устройствами сбора данных по технологиям ICP, IEPE, TEDS (IEEE 1451.4), например, с АЦП LTR24-2, LTR25 в составе Установки измерительной LTR. Подобная компоновка оборудования позволяет установить АЦП в зоне остальных низковольтных приборов измерительной системы (ориентировочно: до двух десятков метров от электрощитка), что решает проблему ЭМС в измерительной системе пользователя при проведении высокоточных измерений.

На основе преобразователей LPW25, АЦП LTR24-2 или LTR25 может быть создана измерительная система переменного тока с непрерывным сбором данных, с возможностью вычисления значений производных электрических величин (амплитудных, фазовых, мощности, энергии) и получения осциллограмм и спектрограмм.

2-канальные преобразователи LPW25-U-2-230 предназначены для измерения напряжения в электросетях ~0,4 кВ (электросетях большего напряжения при использовании внешних трансформаторов напряжения)². Каждый канал LPW25-U-2-230 измеряет напряжение относительно цепи заземления (диапазон измерения – от 2 до 460 В). Все напряжения в 3-фазной сети (фазные, линейные, напряжение нейтрали) могут быть вычислены по результатам измерения двух преобразователей LPW25-U-2-230 (в 4-канальной системе) соответствующих напряжений относительно клеммы заземления. Для однофазных измерений с цепью заземления понадобится один 2-канальный преобразователь LPW25-U-2-230.

1-канальные преобразователи LPW25-I-1-5-1 предназначены для измерения силы тока в цепях с номинальным током до 5 А (диапазон измерения – от 0,01 до 10 А) при условии отсутствия постоянной составляющей тока (типично такие условия присутствуют на выходах 5 А трансформаторов тока для электросетей ~0,4 кВ и большего напряжения).

1-канальные преобразователи LPW25-I-1-5-2 предназначены для измерения силы переменной составляющей тока в цепях с номинальным током до 5 А (диапазон измерения – от 0,01 до 10 А) при возможном присутствии постоянной составляющей тока.

Преобразователи LPW25-U-2-230 и LPW25-I-1-5-1 могут быть применены, в том числе, в задачах измерения фазы напряжения и тока соответственно. Однако, преобразователи LPW25-I-1-5-2 не предназначены для задач, где требуется измерение фазы тока, их типичное применение – измерение амплитудных характеристик тока.

¹ под “LPW25” подразумеваются любые модификации и варианты исполнения преобразователей, присутствующие в настоящем руководстве.

² при использовании преобразователей LPW25-U, LPW25-I без внешних трансформаторов напряжения или тока преобразователи будут выполнять функции **датчиков** напряжения или тока соответственно.



Преобразователи LPW25 не требуют внешнего блока питания. Двухпроводный интерфейс для каждого канала преобразователя LPW25 позволяет питать их постоянным током (от АЦП) и выдавать выходной сигнал (переменную составляющую напряжения) по той же паре проводов.

По своим техническим характеристикам преобразователи LPW25 совместимы со сторонним оборудованием, интерфейс которых соответствует стандартам IEC6 или IEEE 1451.4. Практические аспекты совместимости LPW25 со сторонним оборудованием рассмотрены в п. 1.4 на стр. 7.

Для преобразователей ООО “Л Кард” поддерживает программную библиотеку `lpw25api`. Программные аспекты применения LPW25 отражены в [руководстве программиста \[1\]](#).

Система обозначений приведена на [рис. 1-1](#).

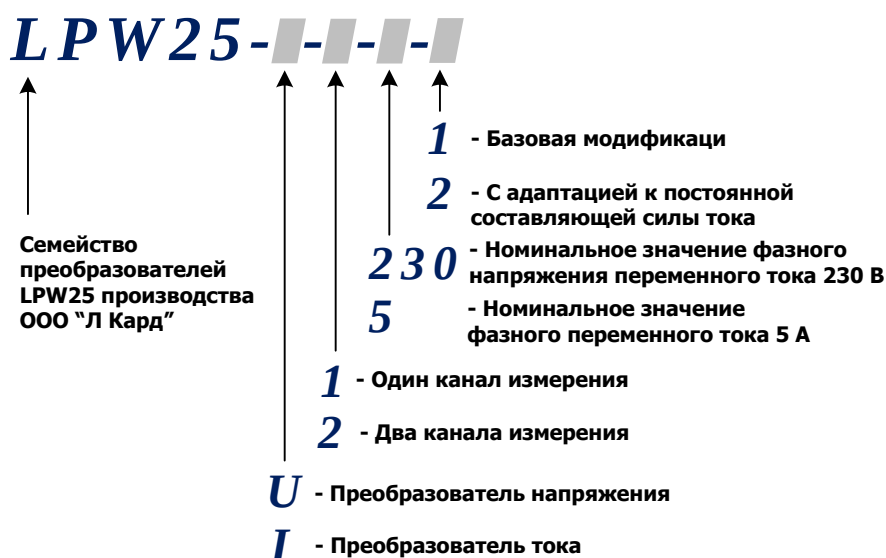


Рис. 1-1. Система обозначений модуля

1.2. Информация для заказа

- Преобразователь тока измерительный
LPW25-I-1-5-1 (5А, $\pm 0,1\%$, 1 канал, DC-несовместимый)
- Преобразователь тока измерительный
LPW25-I-1-5-2 (5А, $\pm 3\%$, 1 канал, DC-совместимый)
- Преобразователь напряжения измерительный
LPW25-U-2-230 (230 В, $\pm 0,1\%$, 2 канала)

1.2.1. Комплект поставки

В комплект с преобразователем LPW25 входят:

- паспорт;
- по запросу в комплект поставки преобразователей LPW25 может быть включён CD с документацией и ПО.

1.3. Внешний вид и основные элементы конструкции



Рис. 1-2. Общий вид преобразователей LPW25

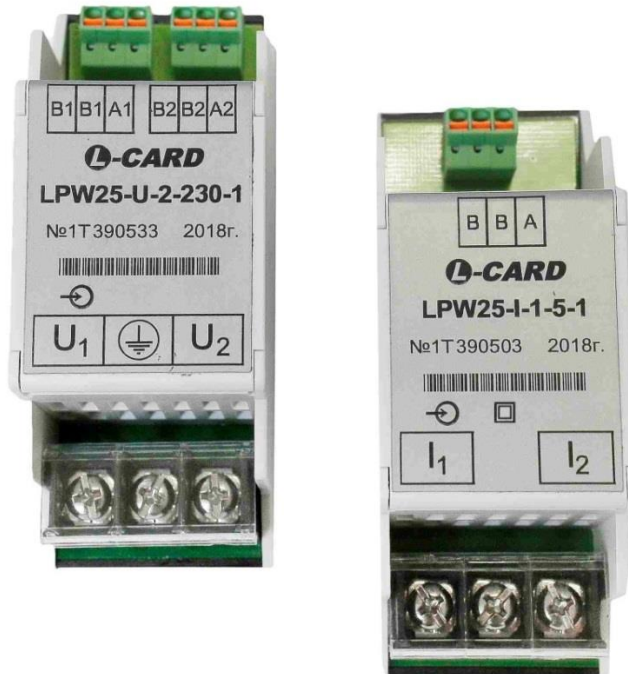


Рис. 1-3. Вид спереди преобразователей LPW25

1.4. Совместимость LPW25 с системами сбора данных

Как отмечалось выше, интерфейсы преобразователей LPW25 соответствуют стандартам IERE (ICP[®], CCLD, Isotron[®], Deltatron[®], Piezotron[®]), IEEE 1451.4 для двухпроводных датчиков класса 1 (TEDS[®]). В соответствии с этими стандартами сторонние производители оборудования выпускают различные *системы сбора данных* (ССД) с интерфейсами датчиков, в т.ч., под вышеупомянутыми названиями торговых марок.

Однако, имеются как программные, так и аппаратные аспекты совместимости с конкретной ССД в широком смысле, с точки зрения конкретной задачи пользователя. Далее рассмотрим подробнее эти вопросы.

1.4.1. Программная совместимость.

Если Вы хотите использовать преобразователи LPW25 исключительно по стандарту IERE (ICP[®]), то вопрос программной совместимости не стоит, поскольку будет использоваться только аналоговый режим интерфейса преобразователя LPW25 – аналогично классическим аналоговым [ICP-датчикам](#)³.

Если Вам требуется использовать преобразователи LPW25, в том числе, как [TEDS-датчик](#)⁴ с цифровым режимом доступа к внутренней электронной таблице преобразователя, то формат электронной таблицы и протокол доступа к ней соответствует IEEE 1451.4 для двухпроводных датчиков класса 1. Для программистов ООО “Л Кард” предоставляет библиотеку функций `lpw25api` для обработки данных от LPW25 и [руководство программиста](#) [1].

При интеграции преобразователей LPW25 с модулями LTR24-2, или с LTR25 (с первой цифрой серийного номера “4” или меньше), или с другими ССД с ICP- входами, будет поддерживаться только аналоговый режим интерфейса (калибровочные коэффициенты, приведённые в паспорте преобразователя⁵, могут быть учены программно).

При интеграции с модулями LTR25 (с первой цифрой серийного номера “5” или больше), либо с другими ССД, соответствующими IEEE 1451.4 для двухпроводных датчиков класса 1, будет поддерживаться как аналоговый режим интерфейса (ICP) для сбора данных, так и цифровой (присутствующий в TEDS) для программного чтения уникальных конфигурационных данных преобразователя.

³ https://www.lcard.ru/lexicon/icp_sensor

⁴ https://www.lcard.ru/lexicon/1451_4_cl1_2wire_sensor

⁵ в ООО “Л Кард” внедрена автоматизированная система создания паспортов на LPW25, которая исключает возможные ошибки ручного внесения значений калибровочных коэффициентов

1.4.2. Аппаратная совместимость...

1.4.2.1. ... по типу входа ССД

Вход ССД должен соответствовать стандартам IEC61010-1 или IEEE 1451.4 для двухпроводных датчиков класса 1.

Модули LTR24-2, LTR25 удовлетворяют этим требованиям.

1.4.2.2. ...по схеме заземления и наличию гальваноразвязки

Если в схеме измерения используются только преобразователи тока LPW25-I-1-5-1, LPW25-I-1-5-2, которые имеют гальваноразвязку, то данный аспект совместимости рассматривать не требуется.

Если в схеме измерения используются преобразователи напряжения LPW25-U-2-230, то данный преобразователь требует цепи защитного заземления. С цепью защитного заземления связан общий провод выходного двухпроводного интерфейса LPW25-U-2-230. Такая взаимосвязь предполагает два варианта подключений:

1. Если ССД не имеет гальваноразвязки входной цепи относительно цепи заземления, то точка защитного заземления этой системы и LPW25 должна быть одной и той же.
2. Если ССД имеет гальваноразвязку входной цепи относительно цепи заземления (например, как у модулей LTR24-2, LTR25), то точка заземления LPW25 и ССД может быть разной (если, конечно, у ССД предусмотрена цепь заземления). Вариант по п. 2 более благоприятен по критериям ЭМС и особенно важен для интеграции больших систем, а также систем, где точка разделения цепей заземления силовых и измерительных приборов отдалена от LPW25 или ССД.

В любом случае, при применении нескольких преобразователей LPW25-U-2-230, связанных с одним модулем ССД без поканальной гальванической развязки (например, LTR24-2, LTR25) необходимо, чтобы эти преобразователи подключались к одной точке заземления.

Более детально правила заземления описаны в п. 4.2.4.1.

1.4.2.3. ...с устройствами подачи питания ICP-датчиков

Устройства подачи питания на ICP-датчики для подключения ICP-датчиков к универсальным входам АЦП, как правило, содержат RC-цепи, которые на низких частотах (включая 50 Гц) будут вносить существенный фазовый сдвиг и завал АЧХ, если измерительный тракт Вы хотите использовать, в т.ч., для задач контроля показателей качества электроэнергии (ПКЭ). Коррекция влияния подобных факторов внутри модулей LTR24-2 и LTR25 поддержана в их библиотеках (ltr24ap1 и ltr25ap1 соответственно), но при использовании внешнего устройства подачи питания ICP-датчиков влияние находящейся там RC-цепи не будет учтено.

1.4.2.4. ...по полосе частот пропускания тракта измерения

При использовании преобразователей напряжения и тока LPW25 для измерения параметров электросетей следует учитывать, что они измеряют только переменную составляющую напряжения или тока соответственно.

Преобразователи LPW25 предназначены для измерения частот гармоник электросети до 10 кГц (до 200-ой гармоники частоты 50 Гц).



1.4.2.5. ...по требованию синхронности каналов ССД.

Поскольку каналы преобразователей LPW25-U измеряют напряжения относительно цепи заземления, то для измерения даже одного напряжения “фаза-нейтраль” или “фаза-фаза” Вам понадобится пара синхронных каналов ССД без фазового сдвига сбора данных между каналами для того, чтобы можно было программно вычислить необходимые напряжения простым вычитанием измеренных ССД значений по разным каналам.

Для измерения всех напряжений в 3-фазной сети Вам понадобится 4-канальная синхронная ССД. Если напряжение нейтрали измерять не требуется, понадобится 3-канальная синхронная ССД. При необходимости синхронных измерений фазных токов (между собой и по отношению к каналам измерения напряжения) количество необходимых синхронных каналов ССД, соответственно, растёт. Для максимально полной системы измерения в 3-фазной сети, включая измерение тока нейтрали и тока заземления, необходимо 8-канальная ССД. В частности, при использовании LTR:

- До 4-х каналов синхронной ССД поддерживает один модуль LTR24-2.
- До 8-ми каналов синхронной ССД поддерживает один модуль LTR25.

Между модулями LTR в одном крейте LTR система LTR уже сегодня⁶ имеет функциональную возможность синхронизации с точностью до 1-го периода сбора данных АЦП, что практически достаточно для сопоставления результатов измерений в разных сетях. Между разными крейтами также имеются варианты синхронизации по синхрометкам, но частоты сбора данных в разных крейтах LTR будут некогерентны.

1.5. Построение систем ПКЭ на основе LPW25-U-2-230-1, LPW25-I-1-5-1.

Возможно построение многоканальных систем измерений ПКЭ на основе LPW25-U-2-230-1, LPW25-I-1-5-1 с характеристиками, соответствующими требованиям класса А или S по ГОСТ Р 8.655-2009. Требования класса А могут быть удовлетворены при использовании модулей измерительных [LTR24-2](#) в качестве приемников сигнала от LPW25 и применении «сквозного метода» определения метрологических характеристик согласно МИ 2439-97. Может потребоваться утверждение системы измерений ПКЭ в качестве типа средств измерений при необходимости ее использования в сфере распространения государственного метрологического надзора. Требования класса S могут быть удовлетворены при использовании модулей измерительных [LTR25](#)⁷ в качестве приемников сигнала от LPW25 и применении расчетного способа определения метрологических характеристик согласно МИ 2439-97. Этот способ гораздо проще и дешевле «сквозного метода» определения метрологических характеристик, однако при этом система измерений ПКЭ не может использоваться в сфере распространения государственного метрологического надзора, т.к. преобразователи LPW25 не утверждены в качестве типа средств измерений.

⁶ имеется техническая возможность повышения точности синхронизации между модулями LTR в крейтах LTR-EU в случае внедрения в прошивки и в ПО крейтов LTR-EU логики синхронного старта модулей LTR

⁷ сертификация LTR25 как средства измерения в составе Установки измерительной LTR запланирована на 2020 год.

1.6. Тест-имитация ICP-интерфейса преобразователей LPW25 с помощью LTR35-2-8.

При профессиональной интеграции систем сбора данных (ССД) с преобразователями LPW25 (также как и с другими ICP-датчиками) становятся актуальными вопросы тестирования ССД со стороны ICP-интерфейса, а также вопросы тест-имитации сигналов ICP-интерфейса для целей отладки ПО и метрологии. Роль 8-канального эквивалента источника напряжения сигнала ICP-датчика в полосе частот до 50 кГц может выполнять модуль LTR35-2-8⁸.

Подробности о модулях LTR35 читайте в руководстве пользователя Установки измерительной LTR [4].

1.7. Тест-имитация полного TEDS-интерфейса преобразователей LPW25 с помощью LTR35-2-8 и “8-канального преобразователя ICP-TEDS”.

В п.1.6 шла речь о роли LTR35 как 8-канального источника аналогового сигнала на интерфейсе ICP. Для получения 8-канального эквивалента TEDS-датчика потребуется специальная плата-переходник (8-канальный преобразователь ICP-TEDS), устанавливаемый на разъём модуля LTR35. В эту плату-переходник будет встроена диодная развязка и память (EEPROM) TEDS-датчика – отдельная для каждого канала⁹. В ООО “Л Кард” будет прошита в EEPROM уникальная информация, которая позволит различать каналы при тестировании системы.

В настоящее время в номенклатуре аксессуаров ООО “Л Кард” пока отсутствует “8-канальный преобразователь ICP-TEDS” для модуля LTR35, но Вы имеете сегодня возможность не только запросить в нашем отделе продаж¹⁰ информацию о данном изделии, но и сформулировать Ваши техтребования к нему.

1.8. Коммутация ICP или TEDS интерфейсов.

Подобная коммутация в профессиональных измерительных системах может быть необходима не только для получения различных тестовых возможностей, но и для организации доступа с разделением времени к различному ICP- или TEDS- оборудованию при штатной работе системы.

Для решения задачи надёжной электронной коммутации ICP- или TEDS- интерфейсов могут быть применены модули LTR42 или LTR42-1, реализующие возможность управления 16-канальными оптореле.

⁸ Сертификация модулей LTR35 в качестве Средства измерения в составе Установки измерительной LTR запланирована в 2020 году

⁹ принцип устройства TEDS-датчика объяснён в статье https://www.lcard.ru/lexicon/1451_4_cl1_2wire_sensor

¹⁰ <mailto:support@lcard.ru>



Модули LTR42 (имеющие сопротивление замкнутого состояния оптореле не более 35 Ом), можно применить для коммутации сигнальной цепи “А” двухпроводных ICP-, TEDS-интерфейсов в случае коротких связей.

Модули LTR42-1 (имеющие сопротивление замкнутого состояния оптореле не более 0,8 Ом), можно применить для решения более широких задач, когда необходимо коммутировать не только сигнальную цепь “А”, но и цепь “В” общего провода двухпроводного ICP-, TEDS-интерфейса.

Подробности о модулях LTR42 и LTR42-1 читайте в руководстве пользователя Установки измерительной LTR [\[4\]](#).

Глава 2. Установка и настройка.

2.1. Установка LPW25

Конструкция крепления преобразователей LPW25 на DIN-рейку обеспечивает независимую установку преобразователей LPW25 на DIN-рейку и снятие с неё.

Положение корпуса LPW25 в пространстве значения не имеет, однако, перед установкой преобразователей LPW25 на DIN-рейку заранее решите вопрос, с какой стороны будут заходить высоковольтные цепи, а с какой – низковольтные для максимального отдаления этих цепей друг от друга. Параллельная прокладка соприкасающихся проводов высоковольтных и низковольтных цепей должна быть исключена.

Установка преобразователей напряжения LPW25-U-2-230 должна производиться в местах, оборудованных защитным заземлением.

Преобразователи LPW25 не требуют какой-либо предварительной настройки.

Условия эксплуатации преобразователей приведены в [5.2](#) на стр. [23](#).

Конструктивные характеристики преобразователей приведены в п. [5.5](#) на [24](#).

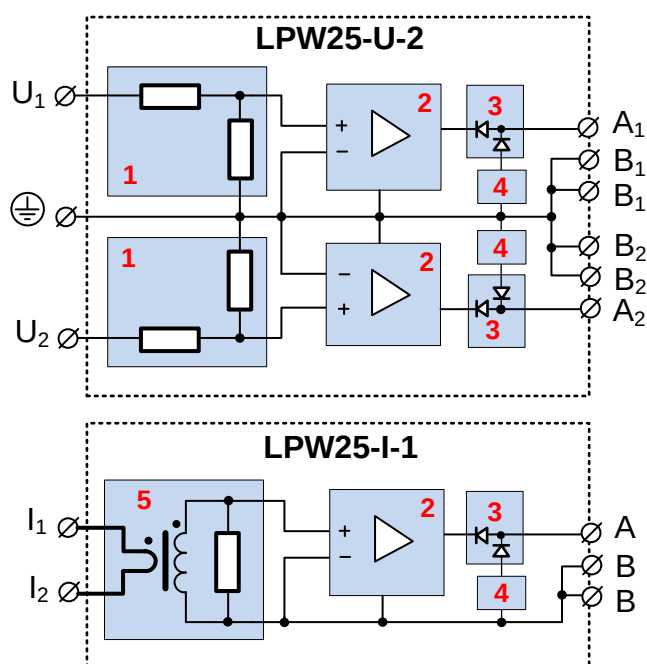
Вопросы подключения – см. [глава 4](#), стр. [16](#), в частности, инструмент для подключения – см. в [4.2.4.4](#), [20](#).



Глава 3. Устройство и принцип работы.

3.1. Функциональная схема

Функциональные схемы преобразователей LPW25 приведены на рисунке ниже.



Обозначения:

- 1 – делитель напряжения;
- 2 – усилитель напряжения переменного тока;
- 3 – узел диодной развязки;
- 4 – EEPROM (память TEDS);
- 5 – трансформатор тока с токовым шунтом;
- U_1 – вход измеряемого напряжения канала 1;
- U_2 – вход измеряемого напряжения канала 2;
- $\oplus$ – вход защитного заземления;
- I_1 – цепь измеряемого тока (от генератора);
- I_2 – цепь измеряемого тока (к нагрузке);
- A, B (A1, B1) – выходы канала 1, а A2, B2 – выходы канала 2 интерфейса IEEE 1451.4.

Из функциональной схемы следует, что преобразователи LPW25-U не имеют гальваноразвязки и требуют защитного заземления, а преобразователи LPW25-I имеют гальваноразвязку встроенного токового трансформатора. Высокоомный делитель напряжения (1) преобразователя LPW25-U с входным сопротивлением 4 МОм создаёт допустимый для электроприборов ток через клемму защитного заземления.

Преобразователи LPW25 имеют [интерфейсы двухпроводных датчиков класса 1 \(по классификации IEEE 1451.4\)](#). Двухканальный LPW25-U имеет, соответственно, два интерфейса IEEE 1451.4, гальванически связанных по общему проводу (цепь B).

В режиме измерения на клемму A по отношению к B подаётся положительный потенциал от источника постоянного тока питания, расположенного на стороне приёмника сигнала (источники тока питания входят в состав АЦП LTR24-2, LTR25). В режиме измерения EEPROM недоступна для внешнего доступа через интерфейс. LPW25 поддерживает на клемме A по отношению к B постоянную составляющую напряжения (от +8 до +12 В), а переменная составляющая напряжения является выходным сигналом преобразователя. В режиме измерения преобразователи LPW25 совместимы с обычными ICP-датчиками.

В режиме обращения к EEPROM преобразователей LPW25 на клемму А по отношению к В подаётся отрицательный потенциал (0...-5 В) от источника постоянного тока узла обращения к EEPROM датчика (присутствует в составе АЦП LTR25), и в данном режиме преобразователь LPW25 поддерживает только обращения к его EEPROM (по протоколу 1-wire¹¹) и не поддерживает режим измерения на входах U_1 , U_2 или I_1 , I_2 напряжений или токов. Узлы EEPROM каждого канала LPW25-U независимы друг от друга.

Электрические свойства входов U_1 , U_2 и I_1 , I_2 не зависят от режима (измерение, обращение к EEPROM или когда интерфейс А, В не подключен).

За исключением делителей напряжения (1) в LPW25-U и трансформатора тока с токовым шунтом (5), остальные узлы аналоговых трактов всех модификаций LPW25 идентичны. Усилитель (2), входящий в аналоговый тракт, содержит дифференцирующую RC-цепь, вносящую небольшой фазовый сдвиг (около 1°) на частоте 50 Гц. Модификации LPW25-I-1-5-1 и LPW25-I-1-5-2 отличаются только типом применённого трансформатора тока (5).

Коррекция данных от преобразователей LPW25, в соответствии с калибровочными коэффициентами, заключается в коррекции коэффициента передачи преобразователя LPW25 и коррекции его фазового сдвига на частоте 50 Гц, в соответствии с методом, изложенным в статье [2]. На данном методе основана коррекция данных, реализованная в библиотеке lpw25api.

Коэффициент передачи LPW25 нормируется при входном сопротивлении приемника сигнала не менее 300 кОм на частоте 50 Гц. Влияние входного сопротивления LTR24-2, LTR25 на коэффициент передачи и их собственного фазового сдвига учтено в ПО (библиотеки ltr24api, ltr25api). В частности, в этих библиотеках учтено выходное сопротивление источника сигнала, включая сопротивление кабеля (этот вопрос рассмотрен ниже).



Не поддерживают доступ к памяти EEPROM: модули LTR24-2, и LTR25 с серийными номерами, начинающимися с цифры "4" или меньше.

Поддерживают доступ к EEPROM: модули LTR25 с серийными номерами, начинающимися с цифры "5" или больше.

3.2. Влияние сопротивления кабеля

Здесь объясняется расчёт эквивалентной величины сопротивления кабеля R_K , имеющей физический смысл "добавки" к выходному сопротивлению LPW25. В случае значительной длины кабеля влияние сопротивления R_K на коэффициент передачи через кабель учтено в виде аргумента для соответствующих функций библиотек ltr24api, ltr25api.

Если известно сопротивление одного провода в кабеле R_W , и длина проводов в кабеле по цепям А и В одинакова, то для преобразователей LPW25-I:

$$R_K = 2 * R_W,$$

поскольку учитывается сопротивления проводов цепей А и В.

Для N задействованных каналов преобразователей LPW25-U, подключенных к одному модулю LTR24-2 или LTR25

$$R_K = R_W + R_W / N,$$

¹¹ <https://ru.wikipedia.org/wiki/1-Wire>



поскольку провода цепей В для N каналов LPW25-U оказываются включёнными параллельно при обязательном условии заземления входов LPW25-U. Между входами разных модулей LTR такого параллельного включения цепи В не возникает из-за наличия гальваноразвязки входов модулей LTR.

Вследствие параллельного включения цепей В для N каналов LPW25-U, подключенных к одному модулю LTR, возникающее межканальное прохождение в децибелах оценивается величиной $20 \cdot \log_{10}(R_W / (N \cdot R_{ICP}))$, где R_{ICP} – это входное сопротивление ICP-входа. Например, для 3-фазной схемы соединения четырёх каналов от двух преобразователей LPW25-U, подключенных к модулю LTR25, при $R_W = 5$ Ом, $R_{ICP} = 110$ кОм и $N = 4$ данное межканальное прохождение между модулями LPW25-U будет равно -99 дБ.

Глава 4. Подключение сигналов.

Подключение внешних цепей к LPW25 должно осуществляться в соответствии с обозначением контактов, указанным на корпусе, при отсутствии напряжения в электрической сети.

При установке и подключении нескольких LPW25 следует ориентировать все измерительные входы преобразователей по одну сторону от DIN-рейки. Провода низковольтных цепей, подключаемых к контактам A, B, A₁, B₁ и провода измерительных цепей, подключаемых к контактам I₁, I₂, U₁, U₂ следует прокладывать по разные стороны от DIN-рейки.

4.1. Описание контактов разъёмов.

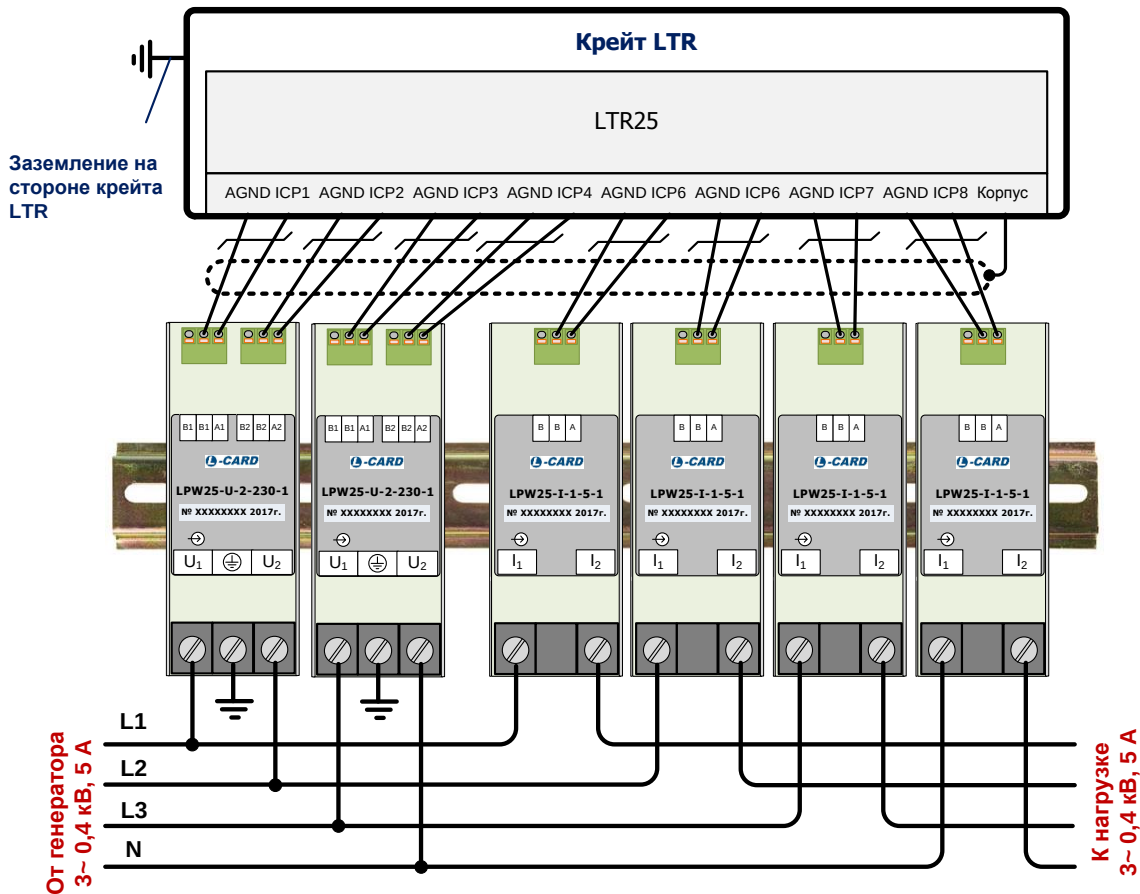
Обозначение на корпусе	Описание
	Клемма заземления преобразователя напряжения LPW25-U.
U ₁	Вход измерения напряжения первого канала преобразователя напряжения LPW25-U. Верхняя граница диапазона измерения напряжения – 460 В. Входное сопротивление – 4 МОм.
U ₂	Вход измерения напряжения второго канала преобразователя напряжения LPW25-U. Верхняя граница диапазона измерения напряжения – 460 В. Входное сопротивление – 4 МОм.
I ₁	Вход тока от генератора. Верхняя граница диапазона измерения тока – 10 А
I ₂	Вход тока к нагрузке. Верхняя граница диапазона измерения тока – 10 А
Не обозначенная клемма между клеммами I ₁ и I ₂	Данная клемма преобразователя тока LPW25-I не должна использоваться для каких-либо подключений (она может отсутствовать в конструкции преобразователя)
A	Сигнальный провод 2-проводного ICP-интерфейса преобразователя тока LPW25-I. Данная цепь изолирована от входов I ₁ , I ₂ .
B	Общий провод 2-проводного ICP-интерфейса преобразователя тока LPW25-I. Данная цепь изолирована от входов I ₁ , I ₂ (назначение одинаково обозначенных клемм идентично).
A ₁	Сигнальный провод 1-го канала 2-проводного ICP-интерфейса преобразователя напряжения LPW25-U.
B ₁	Общий провод 1-го канала 2-проводного ICP-интерфейса преобразователя напряжения LPW25-U (назначение одинаково обозначенных клемм идентично). Данная цепь связана с клеммой заземления внутри преобразователя LPW25-U



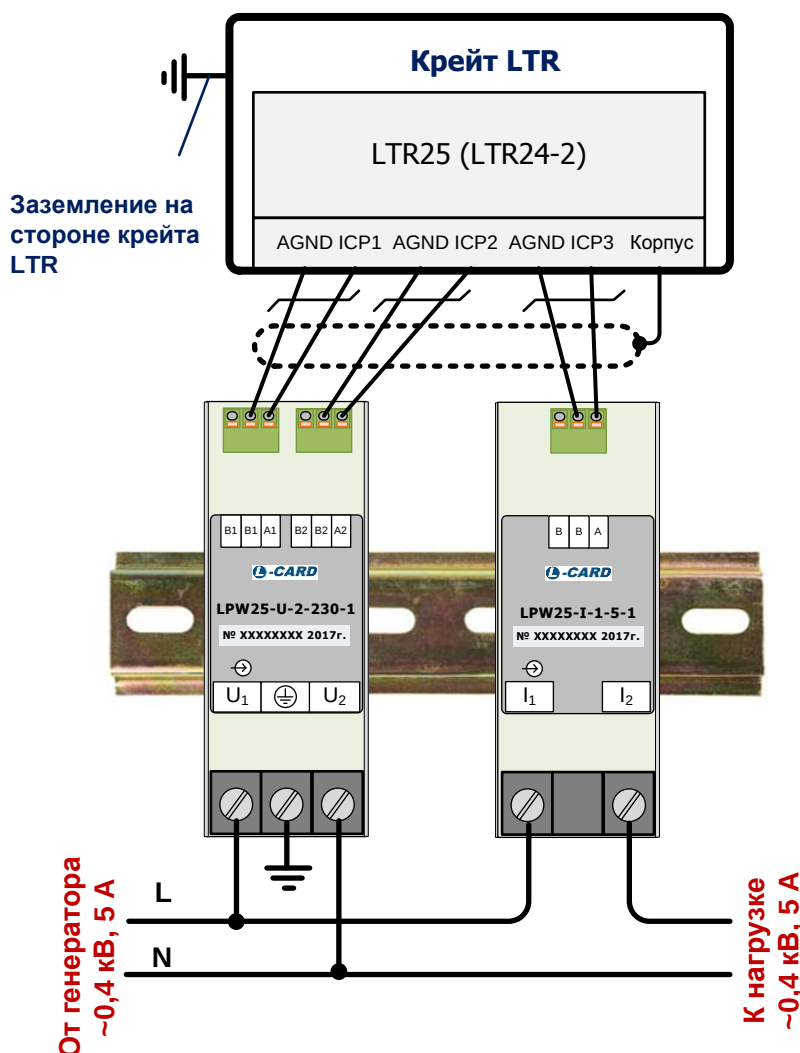
Обозначение на корпусе	Описание
A ₂	Сигнальный провод 2-го канала 2-проводного ICP-интерфейса преобразователя напряжения LPW25-U.
B ₂	Общий провод 2-го канала 2-проводного ICP-интерфейса преобразователя напряжения LPW25-U (назначение одинаково обозначенных клемм идентично). Общий провод 1-го канала 2-проводного ICP-интерфейса преобразователя напряжения LPW25-U (назначение одинаково обозначенных клемм идентично). Данная цепь связана с клеммой заземления внутри преобразователя LPW25-U

4.2. Примеры подключения

4.2.1. Подключение к 3-фазной сети 0,4 кВ, 5 А .



4.2.2. Подключение к 1-фазной сети 0,4 кВ, 5 А.



Примечания: На ограничение по длине кабеля от LPW25 до LTR влияют сопротивление проводов, ёмкость кабеля и требование верхней частоты полосы частот пропускания. Эти ограничения аналогичны ограничениям интерфейса ICP. По аналогичной схеме 3-фазной схеме (слева) преобразователи LPW25 могут быть подключены к ICP- входам модуля LTR24-2.

4.2.3. Правила подключения.

На рисунках выше показаны схемы подключения LPW25 к трёхфазным и однофазным цепям.

В трёхфазном случае подключения подразумевается, что результатом измерения фазных напряжений (по фазам L1, L2, L3) будет являться результат вычитания измеренных мгновенных значений напряжения нейтрали в канале ICP4 из значений напряжения в каналах ICP1, ICP2, ICP3 соответственно.

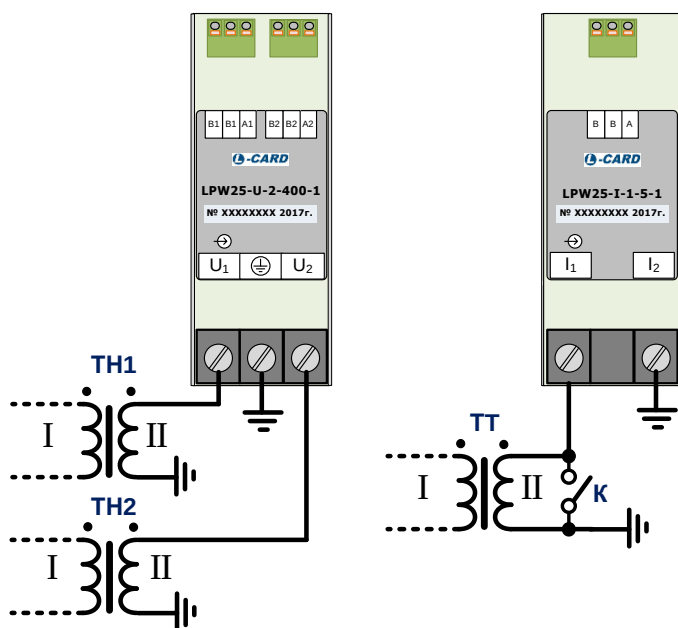


В однофазном случае подключения результатом измерения напряжения будет являться результат вычитания измеренных мгновенных значений напряжения в канале ICP2 из значений напряжения в канале ICP1.

Примечание: в частном случае однофазных измерений на стороне заземлённой нейтрали теоретически можно было бы обойтись без второго канала измерения напряжения, но практически этот случай глубоко проблематичен из-за наложения правил заземления (п. 4.2.4.1).

4.2.4. Подключение к LPW25 внешних трансформаторов напряжения и тока

Для реализации диапазона измерения напряжения большего 0,4 кВ (линейное) и силы тока больше 5 А должны применяться внешние трансформаторы напряжения (ТН) и тока (ТТ), соответственно. Первичные обмотки ТН и ТТ должны быть включены в измеряемые цепи, а вторичные (II) – подключены к LPW25 по схемам, приведённым на рисунке ниже. При подключении ТТ должен быть использован замыкатель К для безопасного¹² отсоединения LPW25.



4.2.4.1. Правила заземления

- Цепь [защитного заземления](#) всегда подключают первой, а отключают последней.
- Преобразователи LPW25-U обязательно должны быть заземлены со стороны измерительных входов.
- Преобразователи LPW25-I принципиально могут быть не заземлены со стороны измерительных входов, если применение соответствует характеристикам прочности

¹² Для включённого в первичную цепь трансформатора тока ситуация размыкания его вторичной обмотки является аварийной!

изоляции для данного преобразователя (п. 5.1, 21). Однако, заземление входа I_1 или I_2 безусловно повышает безопасность применения оборудования, если такое заземление возможно.

- Если к одному модулю LTR25 (LTR24-2) подключены только преобразователи LPW25-I (возможно, совместно с другими изолированными ИСР-датчиками на других каналах), то цепь AGND на стороне LTR25 (LTR24-2) рекомендуется заземлить.
- Соединение к точке заземления должно быть выполнено "звездой", а не "последовательным обходом".

Для исключения сквозных токов по общему проводу:

- Точка заземления разных преобразователей, подключенных к одному и тому же модулю LTR25 (LTR24-2), должна быть одна и та же.
- Если к одному модулю LTR25 (LTR24-2) подключён хотя бы один преобразователь LPW25-U, то на стороне LTR25 (LTR24-2) цепь AGND нельзя заземлять (поскольку LPW25-U обязан быть заземлён на стороне измерительных входов). Другими словами, в более общем виде:

гальванически связанная система, состоящая из модулей LTR, преобразователей LPW25-U и других неизолированных датчиков, должна иметь не более одной общей точки сигнального заземления измерительных цепей.

4.2.4.2. Подключение неиспользованных цепей

- Чтобы избежать повышенных наводок помех на неподключенный вход напряжения U_1 или U_2 , его следует заземлить.
- Если один из двух каналов LPW25-U не используется, то соответствующие цепи U, A, B неиспользованного канала могут быть не подключены.

4.2.4.3. Конструкция кабеля подключения к LTR25 (LTR24-2).

- Цепи A и B одного и того же 2-проводного интерфейса должны трассироваться попарно (в кабелях, коммутационных устройствах и т.д). В кабелях рекомендуется использовать витые пары для цепей A и B.
- Каждая витая пара должна соответствовать одному каналу LTR25 (LTR24-2).
- Сопротивление каждого провода витой пары не должно быть более 5 Ом.
- Рекомендуется использовать экранированный кабель с общим внешним экраном.

4.2.4.4. Инструмент для подключения

- Для подключения проводов к винтовым клеммникам (измерительных цепей и цепи заземления) применяйте шлицевую отвертку с шириной шлица 6 мм.
- Для подключения проводов к нажимным клеммникам (цепей A, B) применяйте шлицевую отвертку с шириной шлица 2,5 мм.



Глава 5. Спецификации.

5.1. Метрологические и технические характеристики

Параметр	Значение
Количество каналов измерения: – LPW25-U-2-230-1 – LPW25-I-1-5	2 1
Номинальное значение входного сигнала: – LPW25-U-2-230-1 – LPW25-I-1-5	230 В (фазное напряжение переменного тока) 5 А (сила переменного тока в цепи фазы или нейтрали)
Входной диапазон измерения: – LPW25-U-2-230-1 – LPW25-I-1-5	от 2 до 460 В от 0,01 до 10 А
Влияние постоянной составляющей силы тока на погрешность измерения: – LPW25-I-1-5-1 – LPW25-I-1-5-2	Значительная Незначительная
Номинальное значение коэффициента передачи преобразователей на частоте 50 Гц (см. Примечание 1): – LPW25-U-2-230-1 – LPW25-I-1-5-1, LPW25-I-1-5-2	0,0077 В/В 0,49 В/А
Пределы допускаемой основной относительной погрешности коэффициента передачи для LPW25-U-2-230-1, LPW25-I-1-5-1 в диапазоне частот: – свыше 30 до 300 Гц – от 10 до 30 Гц и свыше 300 до 2500 Гц – свыше 2500 до 10000 Гц	$\pm 0,1\%$ $\pm 3\%$ $\pm 30\%$

Пределы допускаемой дополнительной относительной погрешности коэффициента передачи для LPW25-U-2-230-1, LPW25-I-1-5-1 в диапазоне частот свыше 30 до 300 Гц	$\pm 0,05\%$ на каждые 10 °C изменения температуры окружающей среды
Пределы допускаемой относительной погрешности коэффициента передачи для LPW25-I-1-5-2 в диапазоне частот: – свыше 30 до 2500 Гц – от 10 до 30 Гц и свыше 2500 до 10000 Гц	$\pm 3\%$ $\pm 30\%$
Постоянная составляющая выходного напряжения в режиме передачи аналогового сигнала	от 10 до 11 В
Диапазон выходного напряжения в режиме доступа к EEPROM	от -5 до 0
Входное сопротивление (LPW25-U-2-230-1) относительно клеммы заземления	(4000 $\pm$ 30) кОм
Входное сопротивление (LPW25-I-1-5)	Практически определяется контактными сопротивлениями "клемма-провод" клеммника ¹³ относительно внешних проводов
Объем EEPROM каждого канала преобразователя для записи калибровочных коэффициентов и идентификационной информации	1 Кбит

Примечание 1: Фактические коэффициенты передачи указываются в паспорте на преобразователь и записываются в его EEPROM.

5.1.1. Электрические характеристики 2-проводного интерфейса питания и передачи сигнала

Параметр	Значение
Ток питания	2,8 - 20 мА
Величина постоянной составляющей напряжения	8-12 В
Типичные значения выходного сопротивления в режиме измерения:	
– При токе 2,8 мА на частоте 50 Гц	20 Ом
– При токе 2,8 мА на частоте 10 кГц	22 Ом
– При токе 10 мА на частоте 50 Гц	13 Ом
– При токе 10 мА на частоте 10 кГц	14 Ом

¹³ тип клеммника: DEGSON DG48C-B-03P



Параметр	Значение
Предельно допустимые условия	Ток до 25 мА любого направления (устойчивость к неправильной полярности подключения интерфейсных проводов А, В обеспечивается)
Совместимость с АЦП	LTR24-2, LTR25 (обращение к памяти LPW25 модуль LTR24-2 не поддерживает)

5.1.2. Характеристики изоляции

Параметр	Значение
Испытательное напряжение на объединённых входах U_1 , U_2 с одной стороны, относительно объединённых клеммы заземления и клемм A_1 , B_1 , A_2 , B_2 с другой стороны	2,2 кВ (50 Гц в течение 1 минуты)
Испытательное напряжение на объединённых входах I_1 , I_2 относительно объединённых клемм А и В	3,5 кВ (50 Гц в течение 1 минуты)

5.2. Условия эксплуатации

Нормальные условия применения – в соответствии с ГОСТ 22261-94.

- температура окружающего воздуха $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$;
- относительная влажность воздуха от 30 до 80 %;
- атмосферное давление от 84 до 106 кПа.

Рабочие условия применения – в соответствии с ГОСТ 22261-94, группа 4 с расширенным температурным диапазоном:

- нижнее значение температуры окружающего воздуха минус $40 ^\circ\text{C}$;
- верхнее значение температуры окружающего воздуха плюс $60 ^\circ\text{C}$;
- верхнее значение относительной влажности воздуха 90 % при температуре $30 ^\circ\text{C}$;
- атмосферное давление от 70 до 106,7 кПа.

5.3. Хранение

Преобразователи LPW25 должны храниться при температуре от 0 до плюс $40 ^\circ\text{C}$ и относительной влажности воздуха не более 80 % при температуре $35 ^\circ\text{C}$.

В помещениях для хранения содержание пыли, паров кислот и щелочей, агрессивных газов и других вредных примесей, вызывающих коррозию, не должно превышать содержания коррозионноактивных агентов для атмосферы типа I по ГОСТ 15150-69.

5.4. Транспортирование

Транспортирование преобразователей LPW25 должно производиться в закрытых транспортных средствах любого вида при температуре окружающей среды от минус 50 до плюс 70 °С и относительной влажности воздуха не более 95 % при температуре 25 °С.

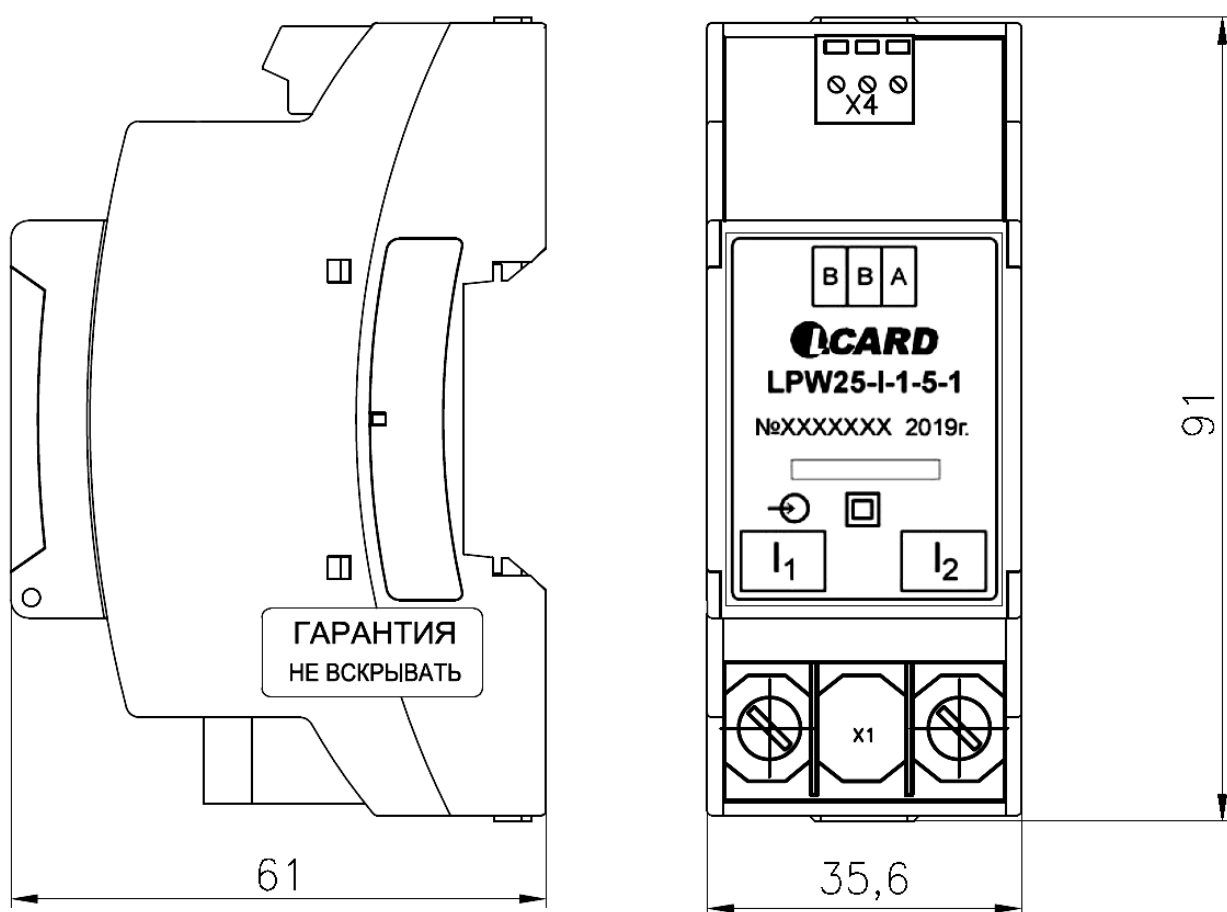
Во время погрузочно-разгрузочных работ и транспортирования преобразователи LPW25 не должны подвергаться резким ударам и воздействиям атмосферных осадков.

Условия транспортирования в части воздействия механических факторов – в соответствии с ГОСТ 22261-94, группа 4.

5.5. Конструктивные данные

<i>Конструктивные характеристики LPW25</i>	
Конструкция корпуса	Соответствует DIN 43880
Габаритные размеры, не более	37 x 62 x 92 мм
Присоединительные характеристики нажимных клеммников (цепей А и В): – Сечение жесткого проводника, мм ² – Сечение гибкого проводника, мм ² – Сечение гибкого проводника с кабельным наконечником, без пластмассовой втулки, мм ² – Сечение гибкого проводника с кабельным наконечником, с пластмассовой втулкой, мм ²	0,2 – 1,5 мм ² 0,2 – 1 мм ² 0,25 – 0,75 мм ² 0,25 – 0,75 мм ²
Присоединительные характеристики винтовых клеммников измерительных цепей тока, напряжения и цепи защитного заземления: – Ширина лепестка винтовой клеммы – Диаметр винта	До 8 мм М4





Литература.

- [1] Борисов А.В. “LPW25. Руководство программиста”. - М.: ООО “Л Кард”, 2019 – URL: <https://www.lcard.ru/download/lpw25api.pdf>
- [2] Гарманов А.В., Колядин Р.С. “Фазовый корректор дифференцирующей RC-цепи”.- М.: ООО “Л Кард”, 2019 – URL: https://www.lcard.ru/download/articles/iir_phase_corrector.pdf
- [3] Гарманов А.В. "Подключение измерительных приборов. Электросовместимость и помехозащита". - М.: L-Card, 2003 – URL: <http://www.lcard.ru/articles/11>
- [4] Гарманов А.В. "Установка измерительная LTR. Руководство ". - М.: ООО “Л Кард”, 2020 – URL: <http://www.lcard.ru/download/ltr.pdf>
- [5] Терминология по измерительным системам – раздел техподдержки на сайте ООО “Л Кард” – URL: <http://www.lcard.ru/lexicon>
- [6] Типичные вопросы и ответы (FAQ) - раздел техподдержки на сайте ООО “Л Кард” – URL: www.lcard.ru/support/faq

Оглавление

ГЛАВА 1. ОБЩЕЕ ЗНАКОМСТВО.....	4
1.1. Введение.....	4
1.2. Информация для заказа.....	5
1.2.1. Комплект поставки	5
1.3. Внешний вид и основные элементы конструкции.....	6
1.4. Совместимость LPW25 с системами сбора данных	7
1.4.1. Программная совместимость.....	7
1.4.2. Аппаратная совместимость.....	8
1.5. Построение систем ПКЭ на основе LPW25-U-2-230-1, LPW25-I-1-5-1.....	9
1.6. Тест-имитация ICP-интерфейса преобразователей LPW25 с помощью LTR35-2-8.....	10
1.7. Тест-имитация полного TEDS-интерфейса преобразователей LPW25 с помощью LTR35-2-8 и “8-канального преобразователя ICP-TEDS”.	10
1.8. Коммутация ICP или TEDS интерфейсов.....	10
ГЛАВА 2. ИНСТАЛЛЯЦИЯ И НАСТРОЙКА.....	12



2.1. Установка LPW25.....	12
ГЛАВА 3. УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИП РАБОТЫ.....	13
3.1. Функциональная схема	13
3.2. Влияние сопротивления кабеля.....	14
ГЛАВА 4. ПОДКЛЮЧЕНИЕ СИГНАЛОВ.....	16
4.1. Описание контактов разъёмов.....	16
4.2. Примеры подключения	17
4.2.1. Подключение к 3-фазной сети 0,4 кВ, 5 А	17
4.2.2. Подключение к 1-фазной сети 0,4 кВ, 5 А.	18
4.2.3. Правила подключения.	18
4.2.4. Подключение к LPW25 внешних трансформаторов напряжения и тока	19
ГЛАВА 5. СПЕЦИФИКАЦИИ.....	21
5.1. Метрологические и технические характеристики	21
5.1.1. Электрические характеристики 2-проводного интерфейса питания и передачи сигнала 22	
5.1.2. Характеристики изоляции.....	23
5.2. Условия эксплуатации.....	23
5.3. Хранение.....	23
5.4. Транспортирование	24
5.5. Конструктивные данные	24