

Подлежит публикации  
в открытой печати

СОГЛАСОВАНО

Заместитель Генерального  
директора НПО "ВНИИМ  
им. Д. И. Менделеева"

В. Н. Хажуев

1993 г.



---

! Счетчик электрической	! Внешнегосударственный
! энергии однофазный	! реестр средств измерений,
! электронный ЦЭ 2701	! прошедших Государственные
!	! испытания
!	! Регистрационный № <u>13906-94</u>

---

Выпускается по ЭС2.720.100 ТУ

#### НАЗНАЧЕНИЕ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Предназначен для измерения активной энергии в однофазных цепях переменного тока и подключаемый через встроенный трансформатор тока.

Применяется для нужд народного хозяйства.

#### ОПИСАНИЕ

Принцип работы счетчика основан на перемножении сигналов пропорциональных току и напряжению в энергосети, преобразовании результата перемножения в импульсы, частота следования которых пропорциональна активной мощности, потребляемой нагрузкой, и накоплении полученных импульсов с помощью отсчетного устройства.

Перемножение сигналов, пропорциональных току и напряжению в энергосети, производится электронной схемой, реализующей метод модуляции ширины и амплитуды импульса (метод ШИМ - АИМ).

Структурная схема счетчика включает в себя следующие блоки:

преобразователь напряжения энергосети (ПН);

преобразователь тока энергосети (ПТ);

широтно-импульсный модулятор (ШИМ);

амплитудно-импульсный модулятор (АИМ);

преобразователь тока в частоту (ПТЧ).  
 делитель частоты (ДЧ);  
 кварцевый генератор (КГ);  
 блок управления отсчетным устройством, основным передающим устройством, поверочным выходом и светодиодным индикатором (БУ);  
 отсчетное устройство (ОУ);  
 основное передающее устройство и поверочный выход (ППУ);  
 блок питания (БП).

Преобразователь напряжения представляет собой резистивный делитель напряжения, выполненный на резисторах R2, R4, R5 и конденсаторе C2. Конденсатор C2 обеспечивает компенсацию фазового сдвига между сигналом тока и напряжения, возникающего в схеме счетчика.

Преобразователь тока выполнен на трансформаторе тока, содержащем кольцевой сердечник из специального сплава с высокой начальной магнитной проницаемостью и малым значением остаточной индукции.

Широтно-импульсный модулятор выполнен на основе интегратора DA1, порогового устройства, в качестве которого использован D-триггер DD1.1, и сумматора на резисторах R12, R13.

ШИМ работает следующим образом. Напряжение с выхода D-триггера поступает на вход интегратора, постоянная времени которого определяется значениями сопротивления R9 и конденсатора C6. На выходе интегратора формируется линейно изменяющееся напряжение, которое поступает на вход сумматора. На второй вход сумматора поступает напряжение с выхода D-триггера.

В момент времени, когда напряжение на выходе сумматора достигнет уровня Лог. "1" (Лог. "0") на входе D-триггера, по сигналу с кварцевого генератора меняется полярность выходного сигнала триггера и линейно изменяющееся напряжение на выходе интегратора меняет свое направление.

При отсутствии сигнала на выходе ПН на выходе D-триггера формируется импульсное напряжение с частотой следования импульсов порядка 2 кГц и скважностью равной 2.

При наличии сигнала на выходе ПН, подаваемого через резистор R6 на интегратор, и в зависимости от знака этого напряжения крутизна нарастающего (убывающего) напряжения на выходе интегратора уменьшается или увеличивается пропорционально напряжению на выходе ПН. Это приводит к изменению (модуляции) скважности (ширины) импульсов на выходе триггера.

Наличие сигналов синхронизации КТ на тактовом выходе D-триггера приводит к дополнительной импульсной модуляции фронтов сигналов с выхода ШИМ в пределах  $\pm 10$  мкс, что не влияет на работу счетчика.

Амплитудно-импульсный модулятор выполнен на резисторах R14, R15, R18, R19 и аналоговых ключах DA4.1 и DA4.2.

Последовательно соединенные резисторы R14 и R15 выполняют одновременно функцию сопротивления шунта трансформатора тока и обеспечивают получение противофазных напряжений в АИМ.

Работа АИМ осуществляется следующим образом. Аналоговый ключ DA4.1 открывается, когда на выходе 1 D-триггера DD1.1 уровень напряжения соответствует сигналу Лог. "0", а ключ DA4.2 открывается в случае сигнала Лог. "1" на выходе 1 D-триггера.

Таким образом, во время паузы между импульсами ШИМ через резистор R19 протекает ток пропорциональный мгновенному значению напряжения прямого сигнала с выхода ПТ, а через резистор R18 протекает ток пропорциональный мгновенному значению напряжения противоположного по фазе сигнала с выхода ПТ.

Токи, протекающие через резисторы R21 и R23, суммируются ПТЧ. Фазировка трансформатора тока выбрана таким образом, что при положительном значении сигнала на выходе ПН значение прямого сигнала с выхода ПТ отрицательно, а значение противофазного сигнала - положительно.

При положительном значении сигнала на выходе ПН импульсы тока с отрицательным значением на входе ПТЧ имеют большую ширину, чем импульсы тока с положительным значением. Аналогична ситуация и при отрицательных значениях сигнала с ПН. При суммировании токов на входе ПТЧ возникает постоянная составляющая тока отрицательного значения, пропорциональная разности площадей импульсов тока, протекающих через резисторы R18 и R19.

Количественно значение постоянной составляющей тока на входе ПТЧ может быть определено следующим образом.

Среднее значение тока на входе ПТЧ  $\bar{I}_{птч}$  за время одного периода ШИМ определяется:

$$\bar{I}_{птч} = \frac{U_{пт}}{R_{птч}} * \frac{T_1 - T_2}{T_1 + T_2},$$

где  $U_{пт}$  – среднее за период сигнала ШИМ значение напряжения на выходе преобразователя тока;

$$R_{птч} = R_{18} = R_{19};$$

$T_1$  и  $T_2$  – длительности импульса и паузы сигнала ШИМ.

Сигнал на выходе преобразователя напряжения связан с длительностями  $T_1$  и  $T_2$  следующим образом:

$$\frac{U_{пн}}{E} = \frac{T_1 - T_2}{T_1 + T_2},$$

где  $U_{пн}$  – среднее за период сигнала ШИМ значение напряжения на выходе ПН;

$E$  – напряжение на выходе D-триггера DD1.1.

Из этого следует выражение:

$$I_{птч} = \frac{1}{E R_{птч}} * U_{пт} * U_{пн},$$

т.е. среднее значение (постоянная составляющая) тока ПТЧ за период сигнала ШИМ пропорционально среднему значению мощности в энергосети за этот же период.

Схема ПТЧ выполнена по принципу уравнивания средних значений импульсного входного сигнала и сигнала с выхода генератора управляемого напряжением (ГУН).

Схема уравнивания выполнена на интеграторе DA5, аналоговом ключе DA4.3 и резисторах R17, R21. Схема ГУН выполнена на интеграторе DA6, аналоговом ключе DA4.4, D-триггере DD1.2 и двоичном счетчике DD2.2.

ПТЧ работает следующим образом. ГУН генерирует импульсы, длительность которых определяется КГ и счетчиком DD2.2 и равна 15 мкс (три полупериода частоты КГ). Период следования импульсов зависит от напряжения на входе интегратора DA6 (выходе уравнивающего интегратора DA5). Резистор R28 и конденсатор C12 выбраны так, чтобы при максимальном напряжении на входе ГУН период следования импульсов был меньше предельного рабочего значения равного 99,876 мкс.

На время действия стабильного по длительности импульса с выхода ГУН открывается аналоговый ключ DA4.3 и на вход уравнивающего интегратора протекает ток от опорного источника. Уравнивающий интегратор устанавливает на входе ГУН такое напряжение, при котором среднее значение тока от опорного источника равно среднему

значению тока  $\bar{I}_{птч}$  на входе ПТЧ. Среднее значение тока от опорного источника на интервале измерения пропорционально количеству импульсов (частоте) ГУН.

Импульсы с выхода ГУН накапливаются двоичными счетчиками DD2.1 и DD3 и с выходов счетчика DD3 поступают на БУ.

БУ с помощью схем ограничения длительности импульса (DD4.2, VD6, C13, R25 и DD5.1, VD7, C14, R26) формирует сигналы, необходимые для управления светодиодным индикатором и поверочным устройством, длительностью от 3 до 5 мс, а также сигналы для управления шаговым двигателем отсчетного устройства и основным передающим устройством длительностью от 35 до 65 мс.

Импульсы управления шаговым двигателем разделяются на два канала микросхемами DA7.2 и DA7.3 и поступают на входы управления аналоговых ключей DA7.2 и DA.3. Через эти ключи на выводы шагового двигателя поступают импульсы положительного и отрицательного напряжения с конденсаторов C18 и C19.

Последовательно с шаговым двигателем включен диодный мост VD9, сигналы с которого управляют основным передающим устройством, выполненным на оптопаре DA9.

Импульсы с DD5.1 управляют ключем DA7.1, который через токоограничивающий резистор R34 подает сигнал на последовательно включенные индикаторный диод и оптопару DAB поверочного выхода. Частота импульсов с поверочного выхода в 256 раз больше, чем с выхода основного передающего устройства.

Кварцевый генератор выполнен по обычной схеме на одном инверторе DD4.1 и имеет частоту следования импульсов, равную 200 кГц.

Блок питания выполнен по бестрансформаторной схеме с ограничением тока в сети с помощью конденсатора C1. Резистор R3 выполняет функцию разрядного резистора, уменьшающего броски напряжения при кратковременном выключении напряжения сети. Резистор R1 служит ограничителем тока при включении счетчика.

Однополупериодная схема выпрямления формирует на конденсаторах C3 и C4 положительное и отрицательное напряжения, величина которых ограничена стабилитронами VD3 и VD4 на уровне 9 В. Это напряжение служит для питания светодиодного индикатора, оптопар, шагового двигателя и усилителей тока DA2 и DA3 БП.

Из напряжения на стабилитроне VD5 с помощью делителя R10 и R11 на конденсаторах C7 и C8 формируются два напряжения плюс и минус 4,5 В, которые служат для питания операционных усилителей и цифровых схем. Для развязки опорного источника от цепей питания использованы повторители напряжения DA2 и DA3.

Конструктивно счетчик выполнен в виде электронного блока и корпуса. Корпус содержит основание, крышку корпуса и крышку клеммной колодки.

Электронный блок крепится к основанию корпуса и содержит: плату с радиоэлектронными элементами, электромеханическое отсчетное устройство и клеммную колодку, установленные на плате.

Крышка корпуса выступами в верхней ее части устанавливается в соответствующие пазы основания корпуса и через отверстие в выступе нижней части крышки крепится специальным пломбируемым винтом к клеммной колодке. Крышка клеммной колодки вставляется под нижнюю кромку крышки корпуса и крепится вторым пломбируемым винтом к клеммной колодке.

Отсчетное устройство счетчика содержит лицевую панель, размещенную под застекленным окном крышки корпуса. Лицевая панель содержит окно для считывания показаний об израсходованной электроэнергии и импульсный светодиодный индикатор, частота миганий которого пропорциональна потребляемой мощности. На лицевой панели нанесены реквизиты счетчика.

Клеммная колодка содержит две перемычки, устанавливаемые в соответствии со схемой подключения в зависимости от режима работы счетчика (эксплуатационный и поверочный режимы). Клеммная колодка содержит четыре клеммы для подключения энергосети и нагрузки.

#### ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

По точности учета электрической энергии счетчик соответствует классу точности 2,0 по ГОСТ 26035-83.

Рабочее напряжение от 187 до 242 В при частоте измерительной сети от 47,5 до 52,5 Гц.

Номинальное фазное напряжение 220 В.

Номинальная сила тока 5 А.

Диапазон изменения силы тока от 0,05 до 50 А.

Порог чувствительности счетчика - 5,5 Вт.

При отсутствии тока в последовательной цепи счетчика и значении напряжения сети от 154 до 264 В счетчик не должен измерять электроэнергию.

Полная мощность, потребляемая параллельной цепью счетчика не более 3,5 В·А.

Полная мощность, потребляемая последовательной цепью счетчика не более 0,03 В·А.

Передаточное число основного передающего устройства (импульсного выхода) - 100 импульсов/кВт.ч.

Суммирующее устройство счетчика дает показания непосредственно в киловатт-часах.

Счетчик имеет два поверочных выхода, выполняющих следующие функции:

поверочный выход I (импульсный выход) предназначен для поверки счетчика и имеет передаточное число  $256 \cdot 10^2$  импульсов/кВт.ч;

поверочный выход II (световая индикация) функционирует синхронно с поверочным выходом I и имеет передаточное число  $256 \cdot 10^2$  импульсов/кВт.ч.

Масса счетчика - не более 0,8 кг.

Габаритные размеры счетчика - 205 x 130 x 69 мм.

Межповерочный интервал - 16 лет.

Средний срок службы до первого капитального ремонта - 30 лет.

Рабочие условия применения счетчика:

температура окружающего воздуха от минус 30 до 50°C;

относительная влажность 90% при 30°C;

атмосферное давление от 70 до 106,7 кПа (537 - 800 мм рт. ст.).

форма кривой напряжения и тока измерительной сети синусоидальная с коэффициентом несинусоидальности не более 5%.

#### ЗНАК ГОСУДАРСТВЕННОГО РЕЕСТРА

Знак Государственного реестра наносится на шильдике, закрепленном на суммирующем устройстве счетчика способом офсетной печати или другим способом не ухудшающим качества и на титульный лист паспорта ЭС2.720.100 ПС.

#### КОМПЛЕКТНОСТЬ

Комплект поставки счетчика приведен в табл.1.

Таблица 1

Обозначение документа	Наименование и условное обозначение	Количество
ЭС2.720.100	Счетчик электрической энергии однофазный электронный ЦЭ 2701	1

Продолжение табл.1

Обозначение документа	Наименование и условное обозначение	Количество
ЭС2.720.100 ПС	Паспорт	1
ЭС4.170.101	Упаковка	1

Эксплуатационная и ремонтная документация, необходимая для поверки и проведения среднего ремонта, приведена в табл.2 и высылается по требованию организаций, производящих поверку и ремонт счетчиков, за отдельную плату.

Таблица 2

Обозначение документа	Наименование и условное обозначение	Количество
ЭС2.720.100 И2	Инструкция по поверке	1
ЭС2.720.100 ТО	Техническое описание	1
ЭС2.720.100 ВР	Ведомость документов для ремонта	1
ЭС2.720.100 РС	Руководство по среднему ремонту	1
ЭС2.720.100 ЗИ1	Ведомость ЗИП-Р0	1
ЭС2.720.100 ЗИ2	Ведомость ЗИП-Г	1

#### ПОВЕРКА

Поверка счетчика производится в соответствии с инструкцией по поверке ЭС2.720.100 И2.

#### Перечень образцовых средств измерений

Мегаомметр М1101М; класс точности 1,0, модификация прибора 500 В, 100 МОм.

Установка для поверки счетчиков электрической энергии ЦУ 6800; основная погрешность не более  $\pm 0,33\%$ , номинальное напряжение 220 В, диапазон изменения силы тока от 0,025 до 50 А.

Частотомер электронно-счетный ЧЗ-57; погрешность измерения пери-



ода следования импульсного сигнала не более  $\pm 1 \cdot 10^{-4} \%$ , число усредняемых периодов  $10, 10^2, 10^3, 10^4$ , диапазон измеряемых периодов от 1 мкс до  $10^4$  с.

Источник питания Б5-30; постоянное напряжение от 0 до 24 В, сила тока до 50 мА.

#### НОРМАТИВНЫЕ ДОКУМЕНТЫ

Технические условия ЭС2.720.100 ТУ, ГОСТ 26035-83, ГОСТ 22261-82.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Счетчик электрической энергии однофазный электронный ЦЭ 2701 соответствует требованиям технических условий ЭС2.720.100 ТУ.

Изготовитель: АО "Завод КРИЗО", Гатчина Ленинградской обл.

Генеральный директор



В. П. Завьялов