

## ПРИБОР ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОГРЕШНОСТИ СЧЕТЧИКОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Вороновский Г.К., д.т.н., Орловский И.В., Заратуйко А.В.

ОАО "Харьковская ТЭЦ 5"

Украина, 62371, Харьковская обл., Дергачевский р-н, пос. Подворки

тел. (0572) 20-50-50, факс (0572) 12-48-98

*У статті розглядаються основні вимоги до приладу для визначення похибки лічильників електроенергії, принцип його функціонування і алгоритм вимірювання потужності. Прилад може застосовуватися для перевірки індукційних і електронних лічильників електроенергії при використанні як зразковий електронний лічильник електроенергії.*

*В статье рассматриваются основные требования к прибору для определения погрешности счетчиков электроэнергии, принцип его функционирования и алгоритм измерения мощности. Прибор может применяться для проверки индукционных и электронных счетчиков электроэнергии при использовании в качестве образцового электронного счетчика электроэнергии.*

## ОБОСНОВАНИЕ РАЗРАБОТКИ

Одной из важнейших задач электроэнергетики в настоящее время является уменьшение технических и коммерческих потерь электроэнергии на всех этапах ее производства, передачи, распределения и потребления. Эта задача не может быть эффективно решена без улучшения достоверности и точности учета на всех этих этапах ее производства и потребления.

Увеличение достоверности и точности учета выработки и потребления электроэнергии в настоящее время обеспечивается заменой индукционных счетчиков на более точные электронные, охватом учетом большего числа электроприемников на электростанциях, подстанциях и у потребителей, внедрением на крупных предприятиях Автоматизированная система коммутации коммерческого учета электроэнергии (АСКУЭ) и систем АСУ электропотреблением.

Наряду с этими мероприятиями необходимо осуществлять регулярный контроль за работой большого количества приборов учета для своевременного выявления вышедших из строя и не соответствующих классу точности счетчиков электроэнергии.

Проверка счетчиков электроэнергии проводится на стационарных лабораторных установках в цехах по ремонту счетчиков Облэнерго или на месте их установки, при текущем значении мощности контролируемой сети.

Для предварительного контроля правильности работы большого количества счетчиков технического и коммерческого учета на электростанциях, подстанциях и у крупных промышленных предприятий совсем не обязательно покупать дорогостоящие образцовые переносные счетчики. Достаточно иметь несколько относительно недорогих, тщательно отрегулированных и поверенных промышленных счетчиков класса точности 0,5 или 1,0 с импульсным выходом и использовать их в качестве образцовых. Но для этого необходимо еще устройство, которое позволяло бы определять погрешность поверяемого счетчика электроэнергии (ПСЭ) по отношению к "образцовому". Кавычки здесь указывают на относительную условность названия образцовый, поскольку для проверки может использоваться поверенный электронный счетчик даже одного типа с поверяемым. Для увеличения точности проверки желательно иметь данные протокола предварительной проверки счетчика, используемого в качестве "образцового". В дальнейшем будем под термином образцовый счетчик (ОСЭ) подразумевать любой, используемый для проверки счетчик, и кавычки будем опускать.

Целью настоящей работы являлось разработка прибора для определения погрешности счетчиков электроэнергии.

Ниже описывается разработанный на кафедре "Электрических станций" НТУ "ХПИ" прибор - приставка для определения погрешностей счетчиков электроэнергии (ПОПСЭ) как индукционных, так и электронных. Прибор реализует способ, основанный на модулировании сигналов счетчиков электроэнергии импульсами высокой частоты (порядка единиц МГц) и подсчете этих импульсов, что позволяет повысить точность измерения времени и, в конечном итоге, повысить точность учета электрической энергии.

## ТРЕБОВАНИЯ К ПРИБОРУ И ПРИНЦИП ЕГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ

Ниже сформулированы требования к ПОПСЭ:

— прибор должен воспринимать и подсчитывать выходные импульсы ОСЭ;

— прибор должен воспринимать и подсчитывать выходные импульсы ПСЭ, имеющих импульсный выход, (например, индукционных счетчиков с встраиваемой приставкой Е870, Е8043 или др.) или же должен обеспечивать фиксацию числа оборотов диска индукционного счетчика в режиме ручного пуска и останова.

Должна быть предусмотрена возможность ввода, индикации и хранения, следующих параметров:

- передаточного числа ОСЭ (имп/кВт·ч);
- передаточного числа ПСЭ (имп/кВт·ч или обороты/кВт·ч);
- числа периодов (оборотов) ПСЭ, за время которых проводится проверка;
- должна быть предусмотрена возможность измерения и индикации мощности контролируемой сети по показаниям ОСЭ.
- прибор должен вычислять и индцировать погрешность поверяемого счетчика.

Принцип работы ПОПСЭ заключается в подсчете числа периодов выходной частоты ОСЭ в заданном числе периодов ПСЭ, и определении по известным значениям передаточных чисел ОСЭ и ПСЭ погрешности.

ПСЭ вычисляется по формуле

$$d = \frac{\mathcal{E}_{нов} - \mathcal{E}_{обр}}{\mathcal{E}_{обр}} 100\% = \left( \frac{n_{нов} \mathcal{A}_{обр}}{n_{обр} \mathcal{A}_{нов}} - 1 \right) 100\%, \quad (1)$$

где  $\mathcal{E}_{нов}$  - энергия, отсчитанная ПСЭ;  $\mathcal{E}_{обр}$  - энергия, отсчитанная ОСЭ;  $n_{нов}$  - число заданных периодов выходных импульсов (оборотов) ПСЭ;  $n_{обр}$  - число сосчитанных периодов выходной частоты ОСЭ;  $\mathcal{A}_{нов}$  - передаточное число ПСЭ имп/кВт·ч или об/кВт·ч;  $\mathcal{A}_{обр}$  - передаточное число ОСЭ имп/кВт·ч.

Для получения достаточной точности и умень-

шении времени проведения поверки нужно, чтобы выходная частота "образцового" счетчика была значительно выше выходной частоты или скорости вращения диска (об/с) ПСЭ. Так, например, для получения погрешности измерения не превышающей 0,01% (без учета собственной погрешности ОСЭ) необходимо, чтобы в заданном числе периодов ПСЭ укладывалось не менее  $2/0,01 \cdot 10^2 = 20000$  периодов ОСЭ. Тут двойка в числителе обусловлена тем, что максимальная погрешность при заполнении интервалов при нестабильной мощности в сети может достигать в пределе 2-х периодов заполняющей частоты ОСЭ. Эта величина и определяет необходимое время для проведения поверки при данной мощности контролируемой сети.

Число периодов ПСЭ, обеспечивающее заданную точность, можно определить, округляя результат до ближайшего целого числа, по формуле

$$n_{нов} = 2 \cdot 10^2 \frac{A_{нов}}{\gamma \cdot A_{обр}}, \quad (2)$$

где  $\gamma$  - заданная погрешность измерения в процентах.

Время проведения поверки при текущей мощности сети определится по формуле

$$t_{II} = n_{нов} T_{нов} = 2 \cdot 10^2 \cdot T_{обр} / \gamma = \frac{2 \cdot 10^2 \cdot 3,6 \cdot 10^6}{\gamma \cdot P \cdot A_{обр}}, \quad (3)$$

где  $P$  - текущая мощность сети;  $T_{нов}$ ,  $T_{обр}$  - текущие периоды выходных импульсов (числа оборотов для индукционных счетчиков) ПСЭ и ОСЭ соответственно.

Обычно для образцовых счетчиков нормируется не передаточное число, а номинальная частота выходных импульсов, соответствующая номинальной мощности трехфазной сети при трансформаторном включении (100 В, 5 А или 1 А), равной 866,025 Вт или 173,205 Вт. Связь между частотой выходных импульсов  $f$  передаточным числом  $A$  и текущей мощностью для счетчиков электроэнергии выражается формулой

$$f = A \frac{P}{3,6 \cdot 10^6} \text{ Гц}. \quad (4)$$

Для номинальных условий следует подставлять номинальное значение мощности. В этом случае формулы (2) и (3) примут вид:

$$n_{нов} = 2 \cdot 10^2 \frac{A_{нов} P_{ном.обр}}{3,6 \cdot 10^6 \cdot \gamma \cdot f_{ном.обр}}, \quad (5)$$

$$t_{II} = n_{нов} T_{нов} = 2 \cdot 10^2 \cdot T_{обр} / \gamma = \frac{2 \cdot 10^2 \cdot P_{ном.обр}}{\gamma \cdot P \cdot f_{ном.обр}}, \quad (6)$$

где  $P_{ном.обр}$  и  $f_{ном.обр}$  - номинальные мощность и частота ОСЭ.

Обычно у действительно образцовых счетчиков номинальная частота выходных импульсов находится в пределах нескольких килогерц. Поэтому время поверки, обеспечивающее указанную точность, даже при текущей мощности сети, значительно меньшей номинальной будет не слишком велико. Так при номинальной частоте выходных импульсов ОСЭ  $f_{ном} = 5000$  Гц ( $A_{обр} = 20784609$  имп/кВт·ч) и мощности в сети, контролируемой ПСЭ, равной  $0,1 P_{ном}$  получим из (5) и (6), что при  $A_{нов} = 1000$  имп/кВт·ч для обеспечения точности 0,01% -  $n_{нов} = 10$ , время поверки  $t_{II}$  равно 40 с. Такая величина времени поверки вполне приемлема, что позволяет вообще пренебречь погрешностью заполнения, равной весу двух периодов ОСЭ.

При снижении мощности сети до 1%, где тоже нормируются погрешности рабочих счетчиков, время поверки при указанных параметрах возрастет до 400 с, что вряд ли приемлемо. Но в этой точке можно снизить требования к точности поверки до 0,1% и даже ниже. При снижении выходной частоты ОСЭ время поверки, обеспечивающее указанную погрешность, будет расти обратно пропорционально частоте ОСЭ.

При высокой частоте выходных импульсов ОСЭ можно не учитывать интервалы времени между запускающим фронтом выходных импульсов (стартовым импульсом) ПСЭ и первым заполняющим импульсом ОСЭ, а также между последним заполняющим выходным импульсом ОСЭ и последним (стоповым) импульсом ПСЭ. Но если частота выходных импульсов ОСЭ значительно ниже указанной, то учет этих интервалов может вызвать значительную погрешность.

Это особенно важно учесть при использовании в качестве ОСЭ поверенного рабочего счетчика, у которого передаточное число поверочного выхода обычно находится в диапазоне 10000...64000 имп/кВт·ч.

Если в качестве образцового использовать счетчик с низкой выходной частотой, например, 10000 имп/кВт·ч, то в соответствии с формулой (3) при нагрузке в 1000 Вт (115,47% от номинальной) для получения погрешности 0,01% нужно ожидать

$$t_{1000} = \frac{2 \cdot 10^2 \cdot 3600}{10000 \cdot 0,01} = 7200 \text{ с}.$$

Даже при максимальной мощности ждать 2 часа нереально. Для значительного уменьшения времени поверки и сохранения точности при использовании в качестве ОСЭ рабочего электронного счетчика, предлагается учитывать доли периодов низкочастотного ОСЭ при пуске и останове процесса поверки за целое число периодов выходных импульсов ПСЭ.

Для этого в алгоритме работы ПОПСЭ используется несколько модернизированный метод нониуса, который заключается в следующем.

При запуске по фронту стартового импульса поверяемого счетчика запускается таймер времени и сохраняется код, зафиксированный в таймере, по фронту первого и второго импульсов образцового счетчика. Это дает возможность вычислить добавку к первому периоду ОСЭ, условно считая, что не изменялась мощность в течение 2-х периодов ОСЭ, предшествующих моменту пуска и следующего за ним.

Для коррекции последнего периода ОСЭ нужно зафиксировать значение кода в таймере в начале и конце последнего периода ОСЭ, полностью попавшего в интервал измерения, и значение кода в момент фронта импульса останова. Предположив, что в течение последних двух периодов ОСЭ мощность изменялась незначительно, можно также вычислить добавку к его последнему периоду. Допустимые изменения мощности за время поверки можно отслеживать, сравнивая последующий период ОСЭ с предыдущим. Поскольку мгновенной оценки погрешности не требуется, вычисления можно проводить по завершению измерения.

Диаграмма рис.1 иллюстрирует предлагаемый метод. В отличие от классического метода измерения интервалов времени [1, 2], когда заполнение этих интервалов происходит импульсами генератора постоянной частоты, в рассматриваемом случае частота ОСЭ не остается постоянной, как при поверке при разных нагрузках, так и в течение времени самой поверки. Эта особенность не дает возможности утверждать, что абсолютная погрешность дискретности в

данном случае составляет 1 период частоты ОСЭ. Она может в пределе достигать двух периодов частоты ОСЭ, точнее сумме первого периода в начале интервала измерения и последнего периода – конце этого интервала. Поэтому и двойка в формулах (2) – (4) относится к случаю, когда мощность за время первого и последнего периодов ОСЭ отличается не более чем в два раза. В противном случае такой опыт проверки необходимо исключить и провести проверку заново.

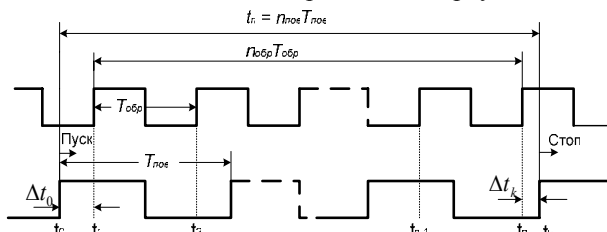


Рис. 1. Временные диаграммы для подсчета импульсов ОСЭ с низкой выходной частотой

Для обеспечения необходимой точности следует отдельно учитывать интервалы  $\Delta t_0$  и  $\Delta t_k$  соответствующие появлению первого фронта импульсов ОСЭ после запуска измерения и последнего его фронта перед моментом останова. И корректировать на величину этих интервалов код, соответствующий целому числу импульсов ОСЭ внутри интервала измерения.

Для организации коррекции нужно сохранить показания таймера в следующие моменты времени:

$t_0$  – момент запуска измерения. Этот момент определяется фронтом первого импульса поверяемого счетчика и может быть принят, равным нулю;  $t_1$  – момент времени начала первого импульса образцового счетчика;  $t_2$  – момент времени начала второго импульса образцового счетчика;  $t_{n-1}$  – момент времени начала предпоследнего импульса образцового счетчика;  $t_n$  – момент времени начала последнего импульса образцового счетчика;  $t_k$  – момент времени завершения последнего импульса поверяемого счетчика.

Указанный метод использован в ПОПСЭ, который реализован на микроконтроллере AT90S8515 фирмы Atmel.

После разрешения запуска контроллер сканирует наличие импульсов на выходе поверяемого счетчика. В момент появления первого за сигналом разрешения импульса ПСЭ (фронта) в момент  $t_0$  фиксируется начало измерения, запускается предварительно обнуленный ТАЙМЕР1 контроллера, устанавливается флажок SELEKT и разрешаются прерывания по входу INT0.

Импульсы ОСЭ подаются на вход внешнего прерывания. ТАЙМЕР1 работает непрерывно в интервале времени измерения. Каждый очередной импульс ОСЭ вызывает прерывание, не останавливая таймер. Обработка прерывания заключается в сохранении младшего байта таймера. При тактовой частоте контроллера 8 МГц и частоте заполнения ТАЙМЕР1 МГц эта операция легко осуществима. Сохранив значение кода таймера в момент фронта очередного импульса ОСЭ, между двумя его следующими импульсами, можно успеть произвести необходимые программные действия – а именно запомнить значение кода старшего байта таймера, изменить значение кодов двух регистров, расширяющих таймер, вычислить и сохранить длительность очередного периода ОСЭ. Значения кода таймера, соответствующие моментам времени  $t_1$  и  $t_2$ , записываются

в отдельные регистры по дополнительным признакам начала и конца преобразования. На время обработки следует запретить возможное прерывание по факту переполнения ТАЙМЕРА1 и выполнять его только после обработки прерывания по входу INT0.

Для сохранения промежуточной информации требуется сохранить 6 четырехбайтных значений таймера времени. Предполагается частота ТАЙМЕР1 МГц. Это даёт возможность отсчитать интервалы времени 0,065536 с непосредственно 16-разрядным таймером. Если таймер расширить с помощью двух 8-ми разрядных регистров ОЗУ, то интервал времени, отведенный на проверку, достигнет до 4294,967296 с (71,5828 мин), что более чем достаточно для всех проверок. Для реализации вычислений необходимо производить деление с плавающей точкой и трехбайтной мантисой. Это дает возможность ограничить сосчитанные импульсы числом 16777216, которого вполне достаточно для обработки результатов измерения с точностью до 0,01%.

Импульсы ПСЭ подаются на вывод 3 порта D. Их появление или прекращение обнаруживается программным сканированием этого вывода. Число этих импульсов накапливается в двух регистрах и сравнивается с заданным числом. При достижении равенства цикл измерения заканчивается и вычисляется погрешность ПСЭ по формуле (1).

Если ПСЭ не имеет частотного выхода, то пуск и останов процесса измерения производится вручную соответствующими кнопками прибора.

Количество импульсов (точнее периодов) поверяемого счетчика между  $t_0$  и  $t_k$  определяет только заданный интервал измерения. Это может быть и 1 импульс, если он обеспечит необходимое время проверки. Вычисление энергии ОСЭ производится по формуле

$$\mathcal{E}_{обр} = n_{обр} / A_{обр}, \quad (7)$$

при скорректированном числе его импульсов

$$n_{обр} = IMPOBR + VT'_0 + VT'_k, \quad (8)$$

где  $IMPOBR$  – число полных периодов выходной частоты ОСЭ, запомненных в ячейке памяти ОЗУ контроллера с символическим именем  $IMPOBR$ ;

$$VT'_0 = \frac{TMT_{-1}}{TMT_{-2} - TMT_{-1}} = \frac{VT_0}{T_{обр1}}, \quad (9)$$

где  $TMT_{-1}$ ,  $TMT_{-2}$  – показания таймера, сохраненные в одноименных ячейках ОЗУ в моменты  $t_1$  и  $t_2$  соответственно;  $T_{обр1}$  – длительность первого периода ОСЭ внутри интервала измерения.

$$VT'_k = \frac{TMR_{-k} - TMR_{-n}}{TMR_{-n} - TMR_{-n-1}} = \frac{VT_k}{T_n}, \quad (10)$$

где  $TMR_{-k}$  – показания таймера в момент  $t_k$ ;  $TMR_{-n-1}$  – показания таймера в момент  $t_{n-1}$ ;  $T_n$  – длительность  $n$ -го (последнего) периода ОСЭ внутри интервала измерения.

Таким образом, ошибка дискретизации при пуске отнесена к первому периоду, а при останове к последнему периоду ОСЭ.

Разность показаний таймера можно вычислять в целочисленном формате как разность двух четырехбайтных чисел без знака. Затем эту разность нужно преобразовать в формат с плавающей точкой и выполнить деление, вычисляя  $VT'_0$  и  $VT'_k$ , а затем сложить эти два "довеска" с целым числом импульсов

ОСЭ, записанных в ячейке *ИМРОБР*. В общем случае скорректированная величина  $n_{обр}$  представится дробным числом.

Далее по формуле (1) вычисляется погрешность ПСЭ, которая отображается в пяти младших разрядах жидкокристаллического дисплея.

Если считать, что счетчик, принятый за образцовый, идеален, то за целое число периодов выходной частоты его погрешность будет равна нулю. А погрешность метода определится только неточностью вычисления интервалов  $VT'_0$  и  $VT'_k$ , так как их вклад определяется по отношению к последующему и предыдущему периодам их действительного расположения. Если мощность за первые и последние два периода ОСЭ неизменна, то эта погрешность метода определится только неточностью измерения этих интервалов, которая не превышает одного периода частоты заполнения (0,64 мс) для каждого, и ею можно пренебречь.

Общая погрешность поверяемого счетчика определится суммой погрешности, вычисленной согласно (1) и погрешности "образцового" счетчика. Причем, если известна погрешность по результатам последней поверки ОСЭ, то знак этой погрешности будет определен. В противном случае ее нужно учитывать со знаками  $\pm$ , а за величину принимать класс точности ОСЭ.

#### РЕЖИМ ИЗМЕРЕНИЯ МОЩНОСТИ

Режим измерения текущей мощности очень актуален. Он необходим, для того, чтобы определить, в какой точке по нагрузке проводится поверка. Это дает возможность, во-первых, при стационарной поверке проводить ее в гостированных точках, а во-вторых, знание мощности дает возможность вводить поправки, учитывающие погрешность образцового счетчика. Как упоминалось выше, таблицу таких поправок желательно иметь, особенно если в качестве ОСЭ используется поверенный рабочий счетчик.

Для практического использования достаточно ограничиться допустимой погрешностью 1-2 %

Зная передаточное число или частоту образцового счетчика, легко вычислить текущее значение мощности

$$P = \frac{n_{обр} 3600}{A_{обр} t_{изм}}, \text{ кВт.} \quad (11)$$

Для этого нужно знать время, за которое сосчитаны импульсы, ОСЭ. Время можно отсчитывать внутренним ТАЙМЕРОМ1, а импульсы образцового считать внутренним ТАЙМЕРОМ0 или по прерыванию (реализовано по прерыванию).

Если период частоты таймера заполнить импульсами частоты 4МГц (кварц СК/256), то их отношение равно 15625, и переполнение 16-и разрядного таймера произойдет через 4,194304 с. Это и будет минимальным временем измерения мощности. Погрешность несогласования времени измерения с целым периодом частоты сети, равная 5,7 мс на уровне 4,19 с, очень мала, и ею можно пренебречь. Для вычисления и индикации мощности нужно энергию, соответствующую зафиксированному ТАЙМЕРОМ0 числу импульсов ОСЭ, разделить на время измерения и умножить на масштабный коэффициент. Для кварца с частотой 4 МГц это вычисляется так

$$P = \frac{\mathcal{E}_{обр} \cdot 3600 \cdot 5625}{t_{ТАЙМ}} \cdot 1000, \text{ Вт,} \quad (12)$$

где  $\mathcal{E}_{обр} = n_{обр} / A_{обр}$  - энергия отсчитанная образцовым счетчиком в соответствии с (7);  $t_{ТАЙМ}$  - время

отсчитанное таймером (в кварца СК/256);

Индикация мощности производится в ваттах с двумя десятичными знаками после запятой.

Для счетчиков с  $U_{ном}=100$  В и  $I_{ном}=5$  А, номинальная мощность составляет 866,025 Вт. Минимальное время измерения мощности 4,1943 с. Максимальная энергия, регистрируемая образцовым счетчиком энергии за это время составляет около 1 Вт·ч при 100% мощности:

$$W = \frac{866,025 \cdot 4,1943}{3600} \approx 1 \text{ Вт} \cdot \text{ч},$$

при 10% мощности - около 0,1 Вт·ч.

При низкой частоте счетчика может оказаться проблематичным измерение мощности при малых нагрузках, поскольку время измерения возрастает с уменьшением нагрузки, а для определения мощности нужно измерить хотя бы 1 период образцового счетчика. Период выходной частоты  $T$  связан с передаточным числом  $A_{обр}$  следующим соотношением:

$$T = \frac{3600}{A_{обр} P}, \quad (13)$$

где размерность  $P$  должна быть согласована с размерностью  $A_{обр}$  (если  $A_{обр}$  в имп/кВт·ч, то  $P$  должно быть в кВт).

Так для ОСЭ с  $A_{обр} = 20784609$  имп/кВт·ч ( $f_{ном.обр}=5000$  Гц) при коэффициенте мощности 0,1% ( $866 \cdot 0,001=0,866$  Вт)

$$t = \frac{3600}{20784609 \cdot 0,000866} = 0,2, \text{ с} \quad (14)$$

А для ОСЭ с передаточным числом  $A_{обр}=54000$  имп/кВт·ч

$$t = \frac{3600}{54000 \cdot 0,000866} = 76,98, \text{ с} \quad (15)$$

и, следовательно, таким счетчиком проблематично измерить мощность менее 0,1%. Более разумно остановиться на пределе в 0,5%, при котором время измерения будет 15,39 с.

Из сказанного можно сделать вывод, что если ограничить время измерения средней мощности величиной 30 с, то для счетчиков с постоянной выше 54000 имп/кВт·ч обеспечен нижний предел погрешности измеряемой мощности не хуже 0,5%.

Для ограничения времени измерения введены два переменные

$t_{max0}$  - максимальное время ожидания;

$t_{max1}$  - максимальное время измерения.

Время ожидания отсчитывается ТАЙМЕРОМ1 с момента выдачи разрешения на запуск. В схему переполнения введен дополнительный признак сброса флага **PRIOST**, если флажок **СЕЛЕКТ** установлен. В самом простом варианте таймер будет отсчитывать переполнения. Сравниваем количества переполнений таймера с заранее установленным значением, получается величина времени ожидания с дискретностью 4,19 с. При превышении установленной величины индицируется нуль мощности и происходит переход к следующему циклу ожидания.

Минимальная мощность, которую в состоянии измерить прибор, определяется выражением

$$P_{\min} = \frac{3600}{t_{\max 0} \cdot A_{obr}}, \quad (15)$$

Если при измерении по какой либо причине мощность упала до предельно-низкой величины, время измерения максимально ограничивается и расчет средней мощности производится по результату измерения.

Максимальные величины времени ожидания  $t_{\max 0}$  и времени измерения  $t_{\max 1}$  установлены 8,4 с. В перспективе эту величины можно рассчитывать в зависимости от передаточного числа ОСЭ и вводить в программу контроллера.

#### АЛГОРИТМ ИЗМЕРЕНИЯ МОЩНОСТИ

Процесс измерения мощности сводится к точному подсчету импульсов образцового счетчика. Для управления режимами измерения мощности используются 2 дополнительных флажка: PRIOST – бит разрешения измерения, SELEKT –бит, отражающей фактическое время измерения. Их состояние и причины, вызывающие их изменение, описаны в табл. 1.

Таблица 1

SELEKT	PRIOST	Комментарий
0	1	SELEKT сбрасывается, а PRIOST устанавливается каждый раз при входе в цикл измерения мощности
1	1	SELEKT устанавливается программой обработки прерываний по входу импульсов образцового INT1 в режиме измерения мощности, если бит PRIOST был установлен.
1	0	Бит PRIOST сбрасывается программой обработки переполнений ТАЙМЕР1, указывая на то, что минимальное время измерения истекло и возможен синхронный останов по очередному фронту образцового счетчика
0	0	Бит SELEKT сбрасывается программой обработки прерываний по INT1, если получено разрешение на останов (бит PRIOST сброшен) Состояние 00 указывает на завершение измерения

Алгоритм измерения мощности приведен на рис. 2.

При первом входе в режим измерения мощности индицируется текущая постоянная поверяемого счетчика, по которой будет производиться вычисление мощности(блок 61). Далее происходит вход в цикл измерения мощности. При каждом новом цикле очищаются регистры под импульсы образцового счетчика (блок 62), устанавливается бит PRIOST и подтверждается сброшенное состояние бита SELEKT, запускается ТАЙМЕР1 для отчета максимального времени ожидания, разрешается прерывание по INT1 и происходит переход к контролю состояния кнопки РЕЖИМ и битов PRIOST и SELEKT. Запуск измерения производится синхронно с импульсом образцового счетчика в прерывании по INT1.

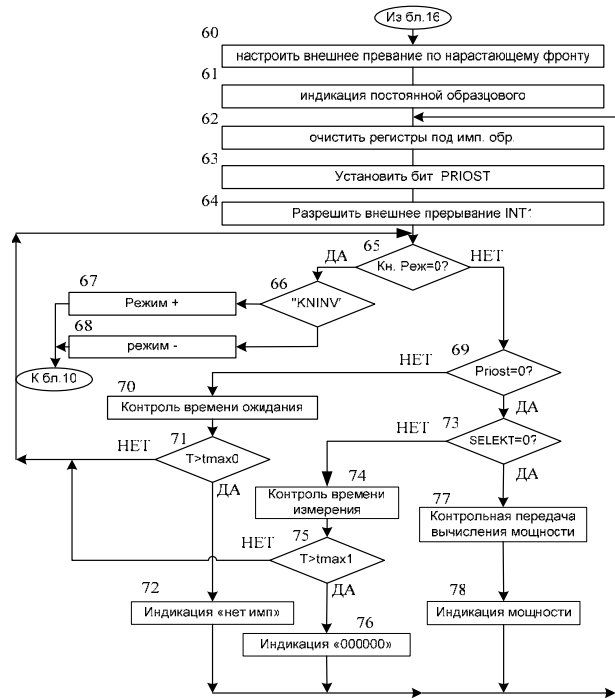


Рис. 2. Алгоритм режима мощность

Программа устроена так, что мощность измеряется циклически. Минимальное время измерения задано и равно 4,2 с. Максимальное время измерения  $t_{\max 1}$  ограничено величиной 8,4 с. Если по какой-либо причине в течение установленного времени ожидания не будет зафиксирован ни один импульс, то на индикаторе будут отображены нули и произойдет перезапуск на новый цикл измерения.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработан микропроцессорный прибор – определитель погрешности счетчиков электроэнергии (ОПСЭ). Прибор может применяться для проверки индукционных и электронных счетчиков электроэнергии при использовании в качестве образцового любого, заранее поверенного и откалиброванного электронного счетчика электроэнергии. Применение ОПСЭ позволяет проводить проверку СЭ без использования дорогостоящих образцовых счетчиков.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Курбангалиев У.К. Сборник нормативных и методических документов по измерению, коммерческому и техническому учету электрической энергии и мощности \М.: ЗАО Издательство НЦ ЭНАС, 1999. - 338 с.
- [2] Шляндин В.М. Цифровые измерительные устройства. - М.: Высш. школа, 1981.- 335 с.

Поступила 17.09.2004