

**Обработка статусной информации при расчете
параметров электроэнергии на основании потока
мгновенных значений IEC 61850-9-2LE**

Компания ДЭП

**Системы и средства промышленной автоматизации
к.ф-м.н. Ухов Владимир Иосифович**

*Филиал «Протвино» университет «Дубна»
старший преподаватель
Ковцова Ирина Олеговна*

Москва 2017

Тип данных *Quality*

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		derived	Operator Blocked	test	Source	Inaccurate	Inconsistent	Old data	Failure	Oscillatory	Bad reference	Out of range	Overflow	g/i/r/q	
Detail quality													Validity		

- Атрибут *Validity* (достоверность) может иметь значения: *Good* — достоверный признак. *Invalid* — недостоверный признак. *Questionable* — сомнительный признак.
- Атрибут *Detail quality* (Детализация качества) дает дополнительную информацию о причинах в тех случаях, когда данные приходят со статусом не *Good*.

Описание идентификаторов *Detail quality*

<i>Overflow</i>	Значение измеренной величины не может быть правильно представлено (например, простая ошибка типа переполнения).
<i>Out of range</i>	Значение измеренной величины выходит за пределы заданного допустимого диапазона значений.
<i>Bad reference</i>	Устройство потеряло калибровку.
<i>Oscillatory</i>	Сигнализирует о том, что за заданное время сигнал дважды изменил свое значение на одно и то же, фиксируется “дребезг”.
<i>Failure</i>	Обнаружена внутренняя или внешняя неисправность.
<i>Old data</i>	Данные не обновлялись в течение определенного времени.
<i>Inconsistent</i>	Обнаружено несоответствие данных действительности.
<i>Inaccurate</i>	Значение данных не соответствует требуемым точностным характеристикам.

Зависимость атрибута *Validity* от флагов *Detail quality*

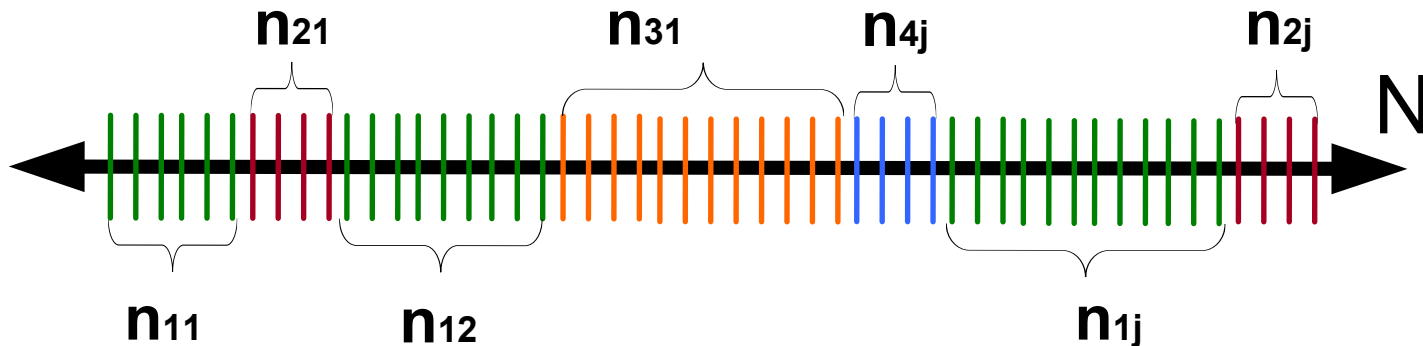
	<i>Detail quality</i>	<i>Invalid</i>	<i>Questionable</i>
1	<i>Overflow</i>	X	
2	<i>Out of range</i>	X	X
3	<i>Bad reference</i>	X	X
4	<i>Oscillatory</i>	X	X
5	<i>Failure</i>	X	
6	<i>Old data</i>		X
7	<i>Inconsistent</i>		X
8	<i>Inaccurate</i>		X

Расчет параметров ЭЭ

расчет действующего (среднеквадратичного) значения тока по фазе A , осуществляется на основе N срезов мгновенных значений ($N=12800$ за 1 секунду). N параметризуемая величина.

$$I_{\Phi A} = \sqrt{\sum_{i=0}^{N-1} \frac{(I_i)^2}{N}},$$

где I_i — мгновенное значение тока по фазе A .



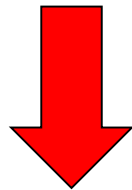


Открытый вопрос

В стандарте *IEC 61850* отсутствуют рекомендации по обработке статусной информации при расчете параметров ЭЭ.



Стандарт *IEC 61850* не регламентирует алгоритмы обработки пропаж выборок



Как выставлять статус рассчитанным действующим значениям тока, напряжения, мощности по каждой фазе и по сумме трех фаз?

Обработка статусной информации

- **Первый подход** — ее игнорирование.
 - Некоторые производители ИЭУ не осуществляют обработку *Quality* при расчетах. Данный способ является некорректным при наличии значительного количества ошибок в работе первичного оборудования и в работе сети передачи данных.
- **Второй подход** — это использование логического оператора ИЛИ на всем рассчитываемом интервале.
 - Недостатком такого подхода является то, что даже одно измерение с плохим статусом портит вычисленное значение, также можем получить некорректные битовые наборы.

Обработка статусной информации

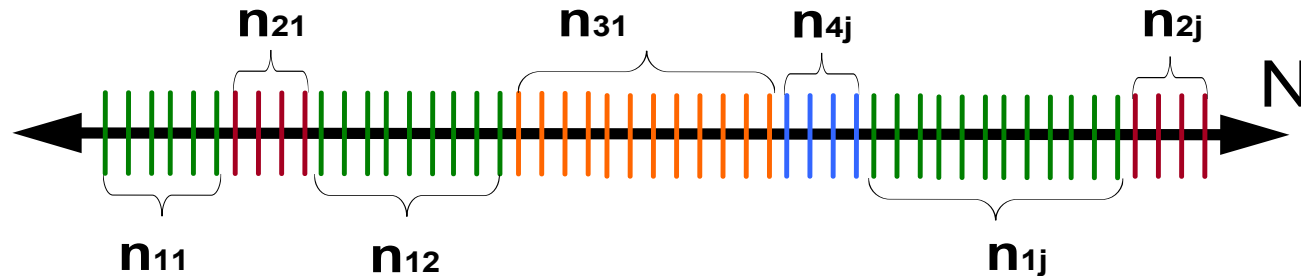
- **Третий подход** заключается в установке порогового уровня на количество значений со статусом не *Good*.
 - При расчете действующего значения пропуск нескольких мгновенных значений (распределенных на всем интервале) не может существенно повлиять на вычисленную величину. В случае, когда недостоверные данные расположены подряд, вычисленное значение может значительно отличаться от реального, например, можно пропустить провал напряжения и т.п.
- **Четвертый подход**, когда вводится дополнительное ограничение на количество подряд недостоверных значений.

Выставление идентификаторов *Detail quality* в статусе

- **Первый вариант**— выставляем все флаги, которые встречались. Нужно учитывать то, что флаг может противоречить атрибуту *Validity*.
- **Второй вариант**— выставляется один флаг наибольший по значимости (ранжируем идентификаторы — ошибки).
- **Третий вариант**— выставляется несколько флагов в конечном статусе (частота появления идентификатора выше порогового значения).

Предлагаемый алгоритм обработки статусной информации при расчете параметров ЭЭ на основании потока мгновенных значений

Подсчет числа мгновенных значений по атрибуту *Validity*



количество достоверных значений N_1 вычисляется по формуле:

$$N_1 = \sum_j n_{1j} \quad (1)$$

количество недостоверных значений N_2 вычисляется по формуле:

$$N_2 = \sum_j n_{2j} \quad (2)$$

количество сомнительных значений N_3 вычисляется по формуле:

$$N_3 = \sum_j n_{3j} \quad (3)$$

количество отсутствующих мгновенных значений N_4 вычисляется по формуле:

$$N_4 = \sum_j n_{4j} \quad (4)$$

Общее количество мгновенных значений N соответствует сумме:

$$N = N_1 + N_2 + N_3 + N_4 \quad (5)$$

Формула расчета

Если условие (6) выполняется, то расчет осуществляется по формуле (7).

$$N_1 \geq P_d, \quad (6)$$

где P_d — пороговое значение.

$$I_{\Phi A} = \sqrt{\sum_{i=0}^{N_1-1} \frac{(I_i)^2}{N_1}} \quad (7)$$

Если условие (6) не выполняется и $N_1 < P_d$, то расчет осуществляется по формуле (8):

$$I_{\Phi A} = \frac{\sqrt{\sum_{i=0}^{N_1-1} (I_{1i})^2 + \sum_{i=0}^{N_2-1} (I_{2i})^2 + \sum_{i=0}^{N_3-1} (I_{3i})^2}}{N_1 + N_2 + N_3}, \quad (8)$$

где I_{1i} — мгновенное значение тока по фазе А, имеющее достоверный статус,

I_{2i} — мгновенное значение тока по фазе А, имеющее недостоверный статус,

I_{3i} — мгновенное значение тока по фазе А, имеющее сомнительный статус.

$$I_{\Phi A} = 0 \quad (9),$$

если $N_4 < P_m$, где P_m — порогового значения

Определение атрибута *Validity*

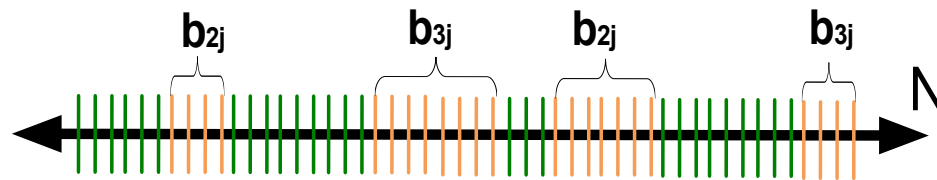
Выбор между недостоверным и сомнительным статусом для значения, рассчитанного по формуле (8), осуществляется на основе условия (10):

$$(N_1 + N_3) > (N_2 + N_4) \quad (10)$$

Если условие выполняется, то рассчитанное значение будет иметь статус *Questionable*.

Если данное условие не выполняется, то — *Invalid*.

Выставление идентификатора *Detail quality*



- 1) выставляется один флаг;
- 2) может быть выставлено несколько флагов.

Выставление идентификатора *Detail quality* для *Questionable*

$V_2 = \sum b_{2j}$ количество значений с флагом *Out of range*

$V_3 = \sum b_{3j}$ количество значений с флагом *Bad reference*

$V_4 = \sum b_{4j}$ количество значений с флагом *Oscillatory*

$V_6 = \sum b_{6j}$ количество значений с флагом *Old data*

$V_7 = \sum b_{7j}$ количество значений с флагом *Inconsistent*

$V_8 = \sum b_{8j}$ количество значений с флагом *Inaccurate*

Если выставляется один флаг, то определяем флаг по формуле:

$$V_x = \max(V_2 \times \omega_{b2}, V_3 \times \omega_{b3}, V_4 \times \omega_{b4}, V_6 \times \omega_{b6}, V_7 \times \omega_{b7}, V_8 \times \omega_{b8})$$

где ω_{b2} — весовой коэффициент для флага b_{2j} ;

ω_{b3} — весовой коэффициент для флага b_{3j} ;

ω_{b4} — весовой коэффициент для флага b_{4j} ;

ω_{b6} — весовой коэффициент для флага b_{6j} ;

ω_{b7} — весовой коэффициент для флага b_{7j} ;

ω_{b8} — весовой коэффициент для флага b_{8j} .

Таблица весовых коэффициентов

	<i>Detail quality</i>	<i>Invalid</i>	Весовой коэффициент для флага <i>Invalid</i>	<i>Questionable</i>	Весовой коэффициент для флага <i>Questionable</i>
1	<i>Overflow</i>	a_{1j}	$\omega_{a1} = 4$		
2	<i>Out of range</i>	a_{2j}	$\omega_{a2} = 2$	b_{2j}	$\omega_{b2} = 4$
3	<i>Bad reference</i>	a_{3j}	$\omega_{a3} = 3$	b_{3j}	$\omega_{b3} = 5$
4	<i>Oscillatory</i>	a_{4j}	$\omega_{a4} = 1$	b_{4j}	$\omega_{b4} = 2$
5	<i>Failure</i>	a_{5j}	$\omega_{a5} = 5$		
6	<i>Old data</i>			b_{6j}	$\omega_{b6} = 3$
7	<i>Inconsistent</i>			b_{7j}	$\omega_{b7} = 6$
8	<i>Inaccurate</i>			b_{8j}	$\omega_{b8} = 1$

Выставление идентификатора *Detail quality* для *Invalid*

$A_1 = \sum a_{1j}$ количество значений с флагом *Overflow*

$A_2 = \sum a_{2j}$ количество значений с флагом *Out of range*

$A_3 = \sum a_{3j}$ количество значений с флагом *Bad reference*

$A_4 = \sum a_{4j}$ количество значений с флагом *Oscillatory*

$A_5 = \sum a_{5j} + N_4$ количество значений с флагом *Failure*

Отсутствующие значения в наборе данных приравниваются к недостоверным с флагом *Failure*.

Если выставляется один флаг, то определяем флаг по формуле:

$$A_x = \max(A_1 \times \omega_{a1}, A_2 \times \omega_{a2}, A_3 \times \omega_{a3}, A_4 \times \omega_{a4}, A_5 \times \omega_{a5})$$

где ω_{a1} — весовой коэффициент для флага a_{1j} ;

ω_{a2} — весовой коэффициент для флага a_{2j} ;

ω_{a3} — весовой коэффициент для флага a_{3j} ;

ω_{a4} — весовой коэффициент для флага a_{4j} ;

ω_{a5} — весовой коэффициент для флага a_{5j} .

Выставление нескольких идентификаторов *Detail quality* в конечном статусе

Если статус сомнителен (*Questionable*) и выставляется несколько флагов —
то проверяется условие, что количество значений, имеющих определенной флаг больше порогового значения P_b :

$$B_2 > P_b$$

$$B_3 > P_b$$

$$B_4 > P_b$$

$$B_6 > P_b$$

$$B_7 > P_b$$

$$B_8 > P_b$$

если условие выполняется, то флаг отображается в конечном статусе.

Если статус недостоверен (*Invalid*) и выставляется несколько флагов —
то проверяется условие, что количество значений, имеющих определенной флаг больше порогового значения P_b :

$$A_1 > P_b$$

$$A_2 > P_b$$

$$A_3 > P_b$$

$$A_4 > P_b$$

$$A_5 > P_b$$

если условие выполняется, то флаг отображается в конечном статусе.

Выставление нескольких идентификаторов *Detail quality* в конечном статусе

Так как существуют общие флаги для *Invalid* и *Questionable*, например *Out of range*, *Bad reference*, *Oscillatory*.

То в предложенном варианте, когда выставляется несколько флагов, соответствующих статусу *Invalid*, дополнительно осуществляется проверка условий:

$$B_2 > P_b$$

$$B_3 > P_b$$

$$B_4 > P_b$$

если условие выполняется, то флаг отображается в конечном статусе.

Аналогично для статуса *Questionable* осуществляется проверка условий

$$A_2 > P_b$$

$$A_3 > P_b$$

$$A_4 > P_b$$

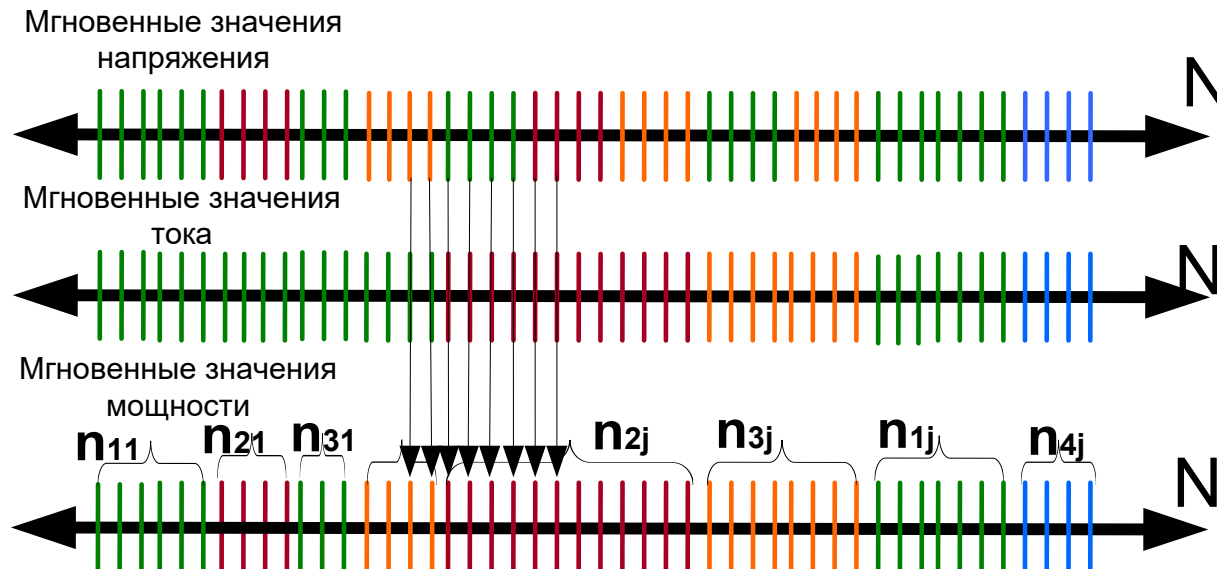
если условие выполняется, то флаг отображается в конечном статусе.

Определение *Validity* и *Detail quality* для значения, вычисляемого из двух величин

При расчете значения активной мощности по фазе А используются мгновенные значения тока и напряжения:

$$P_{\Phi A} = \frac{\sum_{i=0}^{N-1} P_i}{N},$$

где $P_i = U_i \times I_i$



Определение *Validity* и *Detail quality* для значения, вычисляемого из двух величин

Статус	Достоверный F_{11}	Сомнительный F_{12}	Недостоверный F_{13}
Достоверный F_{21}	Достоверный $G(F_{11}, F_{21})$	Сомнительный F_{12}	Недостоверный $G(F_{13})$
Сомнительный F_{22}	Сомнительный F_{22}	Сомнительный $G(F_{12}, F_{22})$	Недостоверный F_{13}
Недостоверный F_{23}	Недостоверный F_{23}	Недостоверный F_{23}	Недостоверный $G(F_{23}, F_{13})$

где F_{1j} — флаг первого значения (например, напряжения);

F_{2j} — флаг второго значения (например, тока);

$G(F_{1j}, F_{2j})$ — функция на основе, которой осуществляется выставление флага в статусе значения, вычисляемого из двух величин.

В случае если выставляется один флаг, то функция

$G(F_{1j}, F_{2j}) = \max(F_{1j}, F_{2j})$, выбирается флаг с наибольшим весовым коэффициентом.

В случае если выставляется несколько флагов, то функция

$G(F_{1j}, F_{2j}) = F_{1j} + F_{2j}$, выполняется операция побитового сложения (поразрядное ИЛИ).

Пороговые значения

В результате лабораторных испытаний и опытной эксплуатации были выбраны следующие значения параметров:

$P_d = 75 \times N/100$ — пороговое значение для достоверных значений (используется 75% уровень достоверности) при вычислении действующих значений тока и напряжения по фазам и нейтрали;

$P_m = 25 \times N/100$ — пороговое значение для недостоверных значений;

$P_p = \frac{SmpRate}{2}$ — пороговое значение для максимального интервала значений, не имеющих достоверного статуса, где *SmpRate* — количество мгновенных значений на период ($SmpRate = 256$).

$P_b = 25 \times N/100$ — пороговое значение для выставления флага в конечном статусе при расчете действующего значения тока и напряжения.

Заключение

- Предложенный алгоритм расчета параметров ЭЭ на основе потока *IEC 61850-9-2LE* с учетом статусной информации, с нашей точки зрения, является оптимальным.
- Может использоваться для выставления статуса в формате *IEC 61850* для параметров ЭЭ усредненных на интервале времени (профилей).
- Дополнительная настройка весовых коэффициентов для идентификаторов *Detail quality* и пороговых значений позволит вписаться в рамки стандартов на ИЭУ для ЦПС, когда они будут приняты.

БЛАГОДАРИМ ЗА ВНИМАНИЕ !



www.dep.ru

ООО «Компания ДЭП»

Москва, ул. Подольских курсантов, д.8/3

Тел. (495) 995-00-12

www.uni-protvino.ru

Филиал «Протвино» государственного университета «Дубна»

г. Протвино, Северный проезд, дом 9

Тел. (4967) 31-01-91