

ОТЧИТАНЕ НА ЕЛЕКТРИЧЕСКА ЕНЕРГИЯ ПО ПРОПОРЦИОНАЛНО СВЪРЗАНА С НЕЯ ИМПУЛСНА ПОСЛЕДОВАТЕЛНОСТ

MEASURING ELECTRICAL ENERGY BY PROPORTIONALLY CONNECTED WITH IT PULSE SEQUENCE

Андрей Илиев
 ТУ - Габрово

Abstract

The pulse weight in energy meters with pulse output is based in the article in order to include them as primary converters into automated systems intended for measuring and control of the consumed electrical energy. It is related with requirements for accuracy, number and the time for reading the measuring channels, current load, etc. .

Keywords: pulse weight, measuring

ВЪВЕДЕНИЕ

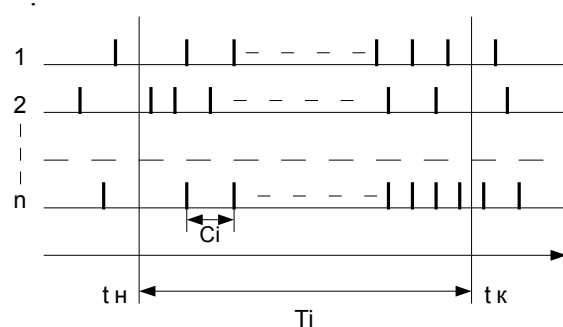
В съвременните автоматизирани системи за контрол и управление на електроснабдяването, в които като първични преобразователи на изразходваната електроенергия се използват прибори с импулсен изход, наред с отчитането на електроенергия за продължителни интервали от време /денонощие, месец и др./, е необходимо определянето ѝ за кратки временни интервали – от минути до моментни стойности. Това е особено важно при определяне на натоварването в пиковите моменти на енергосистемата, при спазване на определени лимити на потребителите и др.

По-голямата част от използваните сега системи за това не позволяват да се даде оперативна оценка за поведението на отделния потребител, за състоянието му в определен временен интервал, за резервите му по отношение на отпуснати лимити и т.н.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Очевидно е, че определянето на консумираната електроенергия по пропорционално свързана с нея импулсна последователност води до определена допълнителна грешка, особено при намаляване на времето за отчитане. При това тази грешка може да стане съизмерима или значително по-голяма от грешката на първичния преобразовател, което води до недопустимо изкривяване на получената информация. Механи-

змът за получаване на тази грешка при n канала за отчитане за време T_i е показан на фиг.1



Фиг.1. n – канална информация, получавана от прибори с импулсен изход

За всеки канал теглото на импулса електроенергия ще бъде $C_i = C_{пп} \cdot K_{тi} \cdot K_{нi}$ квт.ч/имп., където $C_{пп}$ – тегло на импулса от първичния преобразовател; $K_{тi}$, $K_{нi}$ – коефициенти на трансформация в токовата и напреженовата верига в i – тия канал на отчитане.

Независимо от типа на използваните първични преобразователи /индукционни, цифрови и др./ момента на генериране на изходен импулс съответства на преминаване на поток електроенергия, равен на теглото на импулса C_i . Честотата на следване на импулсите зависи от натоварването в канала за разглеждания временен интерв-

ал и се изменя от нула до известна максимална стойност. Взаимното разположение на импулсите във всеки канал по отношение на временната ос t ще бъде случайно и затова моментите за начало и край на измерване t_n и t_k също ще бъдат разположени случайно по отношение на тези импулси. В такъв случай грешката при отчитане на електроенергия за интервал от време T_i ще се определя от това, че при всеки измервателен канал част от периода за изработване на даден импулс се отнася към един цикъл на отчитане, а самия импулс, като информация за пълния период на неговото формиране, попада в друг цикъл на отчитане. Оттук могат да се направят следните твърдения:

- грешката, свързана с началото на отчитане на цикъла, ще бъде винаги положителна, а в края на отчитането – отрицателна. Положителните и отрицателни части от периода, формиращи импулса по даден канал, са равновероятни, т.е. те се разпределят по закона за равномерната плътност;

- по всеки канал може да бъде неотчетен само един импулс, за това възможната, но малко вероятна абсолютна грешка за цикъла на отчитане по n канала е равна на $\pm n$ импулса;

- има малка вероятност цикълът за отчитане да започне и завърши точно, без да се загуби част от импулса, пропорционален на натоварването в контролираната мрежа. Известно е [1], че ако непрекъсната случайна величина на участък A до B е подчинена на закона за равномерната плътност, дисперсията ѝ се определя от израза $G^2 = (B - A)^2 / 12$. В разглеждания случай $A = 0$, $B = C \cdot i$. Ако дисперсията се обозначи с G_{1+}^2 , където $1+$ означава, че е разгледан един канал и се определя грешка, свързана с началото на отчитане на цикъла, то $G_{1+}^2 = C^2 i^2 / 12$, и следователно средноквадратичното отклонение на случайната величина ще бъде $G_{1+} = C \cdot i / 2\sqrt{3}$. В края на цикъла за отчитане T_i по разглеждания канал се внася грешка със знак $-$, за това $G_{1-}^2 = C^2 i^2 / 12$, а средноквадратичното отклонение ще бъде $G_{1-} = -C \cdot i / 2\sqrt{3}$. Общата грешка от цикъла за отчитане по един канал ще се подчинява на закона за разпределение на сумата на две независими случайни величини или на компо-

зицията на два закона с равномерна плътност, зададени на участъци $/0, +C \cdot i/$ и $/0, -C \cdot i/$. Композицията на тези два закона на участъка $-C \cdot i, +C \cdot i/$ се дава със закона на Симпсон. Дисперсията съгласно теоремата за събиране на дисперсиите $G_{1\pm}^2 = G_{1+}^2 + G_{1-}^2$ ще бъде $G_{1\pm}^2 = C^2 i^2 / 6$, а средноквадратичното отклонение ще бъде равно на $G_{1\pm} = \pm C \cdot i / \sqrt{6}$.

Ако се определи законът за разпределение при два канала на отчитане, а след това при 3, 4 и n канала, ще се получи все устойчив нормален закон за разпределение на случайната величина с дисперсия

$$G_{n\pm}^2 = \sum_{i=1}^n C_i^2 / 6$$

и средноквадратично отклонение

$$G_{n\pm} = \pm \sqrt{\sum_{i=1}^n C_i^2} / \sqrt{6}$$

За нуждите на практиката с достатъчна точност може да се приеме за абсолютна грешка двойното средноквадратично отклонение на случайната величина $\Delta X = \pm 2 G$, на което в случая на нормален закон на разпределение съответства доверителна вероятност 0.95. Тогава абсолютната грешка при отчитане на електроенергия за всеки интервал от време ще бъде:

$$\Delta E_{Ti} = \pm \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}} C_0 \sqrt{\sum_{i=1}^n (K_T K_H)_i^2}$$

Сумарната електроенергия, получена по n канала за отчитане за време T_i се отразява като

$$E_{Ti} = T_i \sum_{i=1}^n P_i = T_i \sqrt{3} U \sum_{i=1}^n I_i (K_T K_H)_i \cos \varphi_i \cdot 10^{-3}$$

Ако K_T и K_H са еднакви за всеки канал, $\cos \varphi_i = 1$, $U = 100 \text{ V}$ и при средно токово натоварване I_{cp} , относителната грешка за време T_i ще се представи като:

$$\Delta E_{Ti} = \pm \frac{C_0 \cdot 0,4714 \cdot 10^3}{T_i \sqrt{n} I_{cp}}$$

Вижда се, че тя е право пропорционална на теглото на импулса от първичния преобразовател и обратно пропорционална на интервала от време за отчитане T_i , средното токово натоварване във всички канали I_{cp} и квадратен корен от броя на каналите n . С намаляване на броя на каналите относителната грешка се увеличава и е максимална при $n=1$.

Ако $n=1$, $C_0 = 0,001$ квт.ч/имп., T_i и I_{cp} се променят съгласно табл.1, за относителната грешка ще се получи:

T_i I_{cp}	1	2	5	10	20	30	60
1	28.28	14.14	5.66	2.83	1.41	0.94	0.47
2	14.14	7.07	2.83	1.41	0.71	0.47	0.24
3	9.43	4.71	1.89	0.94	0.47	0.31	0.16
4	7.07	3.53	1.41	0.71	0.35	0.24	0.12
5	5.66	2.83	1.13	0.57	0.28	0.19	0.09

Табл.1 Относителна грешка при посочените стойности на T_i /min/ и $I_{cp}/A/$

Допълнителната грешка при отчитане на електроенергия по пропорционално свързана с нея импулсна последователност няма да влияе съществено на общата грешка, ако

е четири до пет пъти по-малка от получаващата от първичните преобразователи. Ето защо теглото $C_0 = 0,001$ квт.ч/имп. е недостатъчно, особено при малко натоварване и малки времена на отчитане.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Първичните преобразователи, използвани в автоматизирани системи за отчитане и контрол на консумираната електрическа енергия, трябва да имат тегло на изходния импулс $0,0001$ квт.ч/имп. и по-малко, в зависимост от конкретните изисквания към системата – брой канали, време за отчитане, средно токово натоварване и др.

ЛИТЕРАТУРА

1. Андре Анго. Математика для электро и радиоинженеров. Наука, Москва, 1985.
2. Analog Devices. ИС счетчика электроэнергии с импульсным выходом ADE 7755. Analog Devices, Inc. 2002.