

УДК 620.98

## Блок коррекции работы трансформатора тока

Шеманаева Людмила Ивановна, к.т.н., доцент по кафедре электротехника  
 ФГБОУ ВПО «Ковровская государственная технологическая академия им.В.А.Дегтярева»  
 Ковров, Россия

**Аннотация.** Для усовершенствования работы трансформаторов тока, как вновь выпускаемых, так и уже работающих, предлагается блок коррекции вторичного тока, который подается на счетчик электроэнергии, тем самым появляется возможность вывести работу трансформатора тока на более высокий класс точности.

**Ключевые слова:** трансформатор тока, коррекция, коэффициент трансформации, погрешность.

### 1. Постановка задачи

Согласно федеральному закону об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации (с изменениями на 27 декабря 2018 года) (редакция, действующая с 16 января 2019 года), статья 3; была исследована работа трансформатора тока: опорный ТОП-0,66-5-0,5-15/5 УЗ с

номинальным током вторичной обмотки 5А и классом точности 0,5. С целью повысить его энергоэффективность и качество снимаемых параметров.

### 2. Гипотеза

Согласно требованиям ГОСТ 7746-2001 токовая погрешность трансформатора должна удовлетворять условиям (рис. 1):

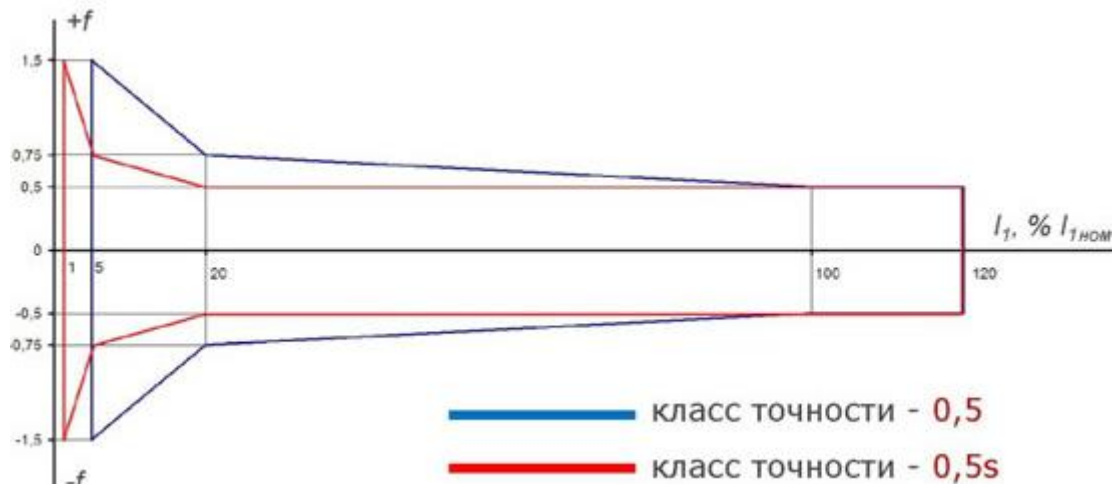


Рис. 2.1

Но, коэффициент трансформации трансформатора тока не является строго постоянной величиной и из-за погрешностей первичные и вторичные токи могут отличаться от номинальных значений. Погрешности трансформатора тока зависят главным образом от кратности первичного тока по отношению к номинальному току первичной обмотки и от нагрузки, подключенной к вторичной обмотке. При увеличении или уменьшении нагрузки или тока выше определенных значений погрешность возрастает и трансформатор тока переходит в другой класс точности. Особенно это сказывается на нелинейном участке в области малых токов. Что можно увидеть из эксперимента, проведенного на исследуемом трансформаторе, см таблица 2.1. и таблица 2.2.

В столбце 4 таблицы 2.1 рассчитан процент погрешности коэффициента трансформации на нелинейном участке, в таблице 2.2 – на линейном участке. Видим, что чем больше ток приближается к линейной области, тем более стабильным становится коэффициент трансформации. Или, можно это представить в графической форме рисунок 2.2. Следовательно, для более корректной работы счетчика необходимо ввести

дополнительные условия преобразования тока вторичной обмотки.

То есть в данном случае можно применить принцип предварительного напряжения, состоящий в том, что объекту придают изменения, противоположные недопустимым или нежелательным рабочим изменениям.

На нелинейном участке, где коэффициент трансформации имеет самые нестабильные значения, и соответственно погрешность трансформатора сильно гуляет, возможно, путем предварительной коррекции изменить коэффициент трансформации в соответствии с кривой намагничивания магнитопровода и вывести работу трансформатора тока на класс точности 0,5S корректируемого участка.

### 3. Описание схемы и алгоритм работы

В качестве опытного образца использован трансформатор тока опорный ТОП-0,66-5-0,5-15/5 УЗ с номинальным током вторичной обмотки 5А и классом точности 0,5.

Функциональная схема электронного устройства, предназначенного для расширения диапазона рабочих токов, приведена на рис. 3.1. В этом случае, с

трансформатора тока сигнал сначала поступает на датчики тока (на рисунке условно не показаны) электронного блока коррекции, в котором результат изме-

рения корректируется по заданному алгоритму и поступает на вход счетчика электрической энергии для дальнейшего учета и контроля.

Таблицы 2.1 и 2.2 Сравнение коэффициента трансформации на линейном и нелинейном участках исследуемого трансформатора

I1, mA	I2, mA	kt	%kt	I1, mA	I2, mA	kt	%kt
10	2,4	4,166667	6,944444	400	119,7	3,34169	5,56948
20	5,4	3,703704	6,17284	451	135,9	3,31862	5,53103
30	7,9	3,797468	6,329114	500	151,3	3,30469	5,50782
40	10,8	3,703704	6,17284	550	167,2	3,28947	5,48246
50	13,8	3,623188	6,038647	600	182,6	3,28587	5,47645
60	16,7	3,592814	5,988024	650	198,6	3,27291	5,45485
70	19,8	3,535354	5,892256	700	215	3,25581	5,42636
80	23	3,478261	5,797101	750	232	3,23276	5,38793
90	26,1	3,448276	5,747126	802	250	3,208	5,34667
100	29,3	3,412969	5,688282	850	268	3,17164	5,28607
120	35,4	3,389831	5,649718	900	286	3,14685	5,24476
150	44,7	3,355705	5,592841	951	303	3,13861	5,23102
180	53,9	3,339518	5,565863	1000	320	3,125	5,20833
200	60,8	3,289474	5,482456				
220	66,1	3,32829	5,547151				
250	75,4	3,31565	5,526083				
280	85,1	3,290247	5,483745				
300	91,6	3,275109	5,458515				
330	100,3	3,29013	5,483549				
350	106,8	3,277154	5,461923				

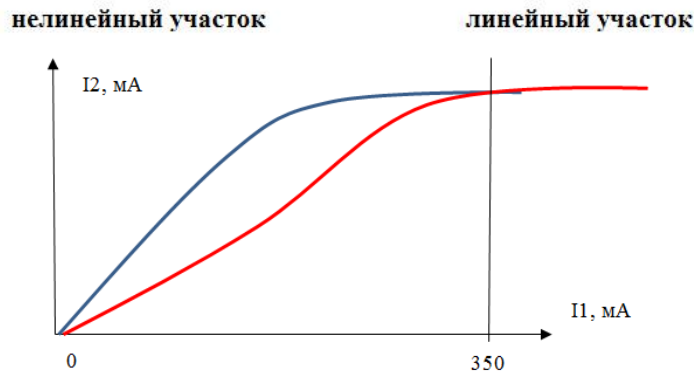


Рис.2.2 нелинейный участок токовой характеристики.  
Синий – без блока коррекции, красный, с блоком коррекции.

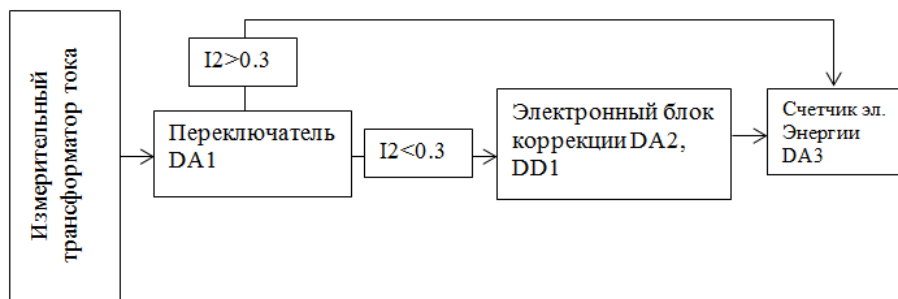


Рис. 3.1. Функциональная схема блока электронной коррекции

Предложенная электронная коррекция целесообразна к применению только при значениях тока менее 5% от номинальной величины, что в нашем случае составляет около 300 мА. Поэтому при увеличении тока вторичной обмотки измерительного трансформатора тока до значений, превышающих 300 мА работа электронного корректора шунтируется и сигнал переключается на обычную систему контроля.

Принцип работы переключателя основан на выделении области тока, текущего через вторичную обмотку трансформатора.

Переключатель предназначен для обеспечения работы измерительного трансформатора тока в линейной области без коррекции сигнала, если ток вторичной обмотки  $I_2$  превышает 5% номинального значения, что в нашем случае принимается равным по

величине более 0,3 А. В этом случае ток с измерительной обмотки трансформатора тока поступает непосредственно на электронный счетчик (см. рис. 3). Если же сила тока  $I_2$  составляет величину менее 300 мА, тогда ток сначала поступает на вход электронного блока коррекции с целью его «приведения к правильному» уровню согласно алгоритму.

Для исследования по разработанной функциональной схеме был разработан электронный блок коррекции и проведены эксперименты. Рассмотрим результаты:

При вычислениях, сделанных на основе испытаний, мы исходили не из общего коэффициента трансформации, равного трем. В самом трансформаторе

постоянно идет процесс намагничивания/размагничивания, следовательно, в каждый момент времени коэффициент трансформации немного гуляет от номинального значения. Это особенно сказывается в зоне малых токов, следовательно, эту зону необходимо корректировать. То есть, методом предварительного напряжения сделать коэффициент трансформации более стабильным и тем самым повысить класс точности и уменьшить погрешность учета электроэнергии.

Результаты эксперимента приведены в таблице 3.1 По полученным результатам построены графики, рис 3.2.

Таблицы 3.1. Результаты эксперимента

по результатам 2019 года с-минимизацией		без коррекции		с коррекцией	
без коррекции	с коррекцией	I1, mA	I2, mA	I1, mA	I2, mA
19,7086	56,3462	10	2,4	10,3	1,7
6,40761	4,43321	20	5,4	20	4,2
9,10148	1,58647	30	7,9	31,5	7,2
6,40761	0,90146	40	10,8	39,8	9,4
4,0944	0,38369	50	13,8	49,6	12,2
3,22175	0,22333	60	16,7	58,9	14,7
1,5709	0,00455	70	19,8	70,2	18,1
0,06937	0,01829	80	23	80,3	20,8
0,93084	0,10744	90	26,1	90,3	23,9
1,9452	0,10427	100	29,3	100,3	26,6
2,60998	0,21701	120	35,4	119	32,9
3,59042	0,19407	150	44,7	149,5	41,7
4,05547	0,1998	180	53,9	180	51,2
5,49324	0,18234	200	60,8	202	57,6
4,37803	0,17166	220	66,1	220	62,9
4,7412	0,17648	250	75,4	250	72,8
5,47103	0,16403	280	85,1	281	82,3
5,90593	0,1541	300	91,6	303	88,9
5,47439	0,15287	330	100,3	330	97,9
5,8472	0,14529	350	106,8	351	104,3



Рис. 3.2. Анализ погрешности работы трансформатора.

Если сравнить рисунок 2.1, сделанный согласно ГОСТу и рисунок 3.2, полученный по результатам эксперимента, то абсолютно точно можно сказать, что исследуемый трансформатор ТОП-0,66-5-0,5-15/5 изначально метрологически не удовлетворял требованиям ГОСТ 7746-2001. Результаты испытаний показали, что предварительное напряжение на передаточной характеристике посредством нелинейной электронной коррекции обеспечивает снижение токовой

погрешности. Это выгодно отличает электронную коррекцию от «обычного» трансформатора тока, имеющего нелинейный рост погрешности, вырастающей на пороге чувствительности счетчиков электроэнергии вплоть до 50%. Кроме того, уменьшение величины погрешности позволяет рассмотреть возможность применения электронной коррекции для «преобразования» трансформаторов класса точности 0,5 в класс точности 0,5S (трансформатор тока класса точности 0,5S имеет нижний порог чувствительности 1%).

#### **Литература:**

1. Информационно-измерительная техника в электроэнергетике. Е. С. Фомин. М.: Додэка. 2007.
2. Энергетическая электроника. Ю. П. Хаборов. Новосибирск: Изд-во НГТУ. 2004.