

ПОГРЕШНОСТИ ТРАНСФОРМАТОРОВ ТОКА

Федотов С.П., ОАО «ЭЛЕКТРОЗАВОД», Москва

В последнее время на ОАО «ЭЛЕКТРОЗАВОД» стали поступать заказы от энергосистем на изготовление четырех- или пятиобмоточных трансформаторов тока с различными коэффициентами трансформации токов для измерительных и релейных обмоток. Например, обмотки трансформатора тока для релейной защиты имеют коэффициент трансформации 600/5, а обмотки для цепей измерения имеют коэффициент трансформации 300/5 или 200/5.

Как правило, такие трансформаторы заказываются с обмотками для цепей измерения с высоким классом точности 0,2S. Различие коэффициентов трансформации релейных и измерительных обмоток можно объяснить желанием проводить точный коммерческий учет отпускаемой электроэнергии при незначительной токовой нагрузке высоковольтных линий. Стремление вполне понятное и закономерное.

Однако такой сиюминутный подход к существующей проблеме учета электроэнергии может оказаться плачевным в недалеком будущем. Что будет с трансформаторами тока и приборами измерительных систем контроля и учета электроэнергии через 7-10 лет? Будут ли они работать также эффективно, если токовые нагрузки высоковольтных линий станут номинальными? В таких трансформаторах в измерительных обмотках будет проходить удвоенный или утроенный ток то есть 10 или 15 А. При такой токовой перегрузке могут выйти из строя и измерительная аппаратура, и трансформаторы тока.

Трансформаторы тока с разными коэффициентами трансформации для релейных и измерительных обмоток должны быть специально рассчитаны на подобное увеличение токов в измерительных обмотках, следовательно, необходимо увеличивать сечение проводов в этих обмотках. Такой трансформатор выдержит увеличение токов, а измерительные приборы нет. Можно решить эту проблему при помощи переключения токов на вторичной стороне трансформатора, что увеличивает трудоемкость изготовления, усложняет получение заданной погрешности, особенно угловой, на всех отпайках вторичной обмотки. А главное — как часто дежурный персонал подстанций будет проводить переключение в таких трансформаторах и будет ли вообще переключать?

Специалисты ОАО «ЭЛЕКТРОЗАВОД» пошли по пути применения кольцевых витых магнитопроводов из аморфной стали. Эти материалы имеют большое удельное сопротивление $\rho = 1,3 \text{ мОм} \cdot \text{м}$, высокую магнитную

проницаемость $\mu > 300000$, которая практически постоянна в широких пределах изменения напряженности электромагнитного поля.

Одним из основных достоинств аморфной стали является достаточно высокая индукция В при низкой коэрцитивной силе.

Измерительные магнитопроводы трансформаторов тока зарубежных фирм (например АВВ) для получения высоких классов точности изготавливаются из сплава на никелевой основе и обозначаются в технической документации как «му-металл».

На рис. 1 приведены вольт-амперные характеристики отечественного магнитопровода и зарубежного аналога.

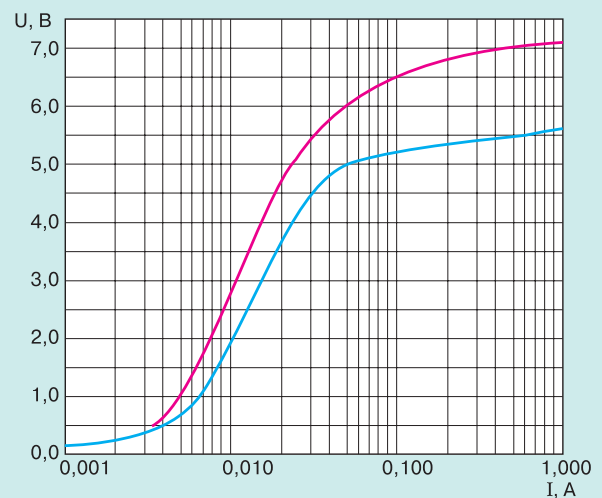


Рис. 1. Вольт-амперные характеристики магнитопроводов

— магнитопровод из аморфной стали;
— магнитопровод из му-металла, применяемый иностранными фирмами

На рис. 2 приведены расчетные значения индукции В и напряженности магнитного поля Н в тех же магнитопроводах.

Сравнивая эти характеристики, можно сказать, что магнитопроводы отечественного производства не уступают и даже превосходят зарубежные аналоги.

Для сохранения вышеперечисленных электромагнитных свойств кольцевые ленточные магнитопроводы после прохождения обязательной термической обработки укладываются в специальные защитные футляры. Защитные футляры изготавливаются из

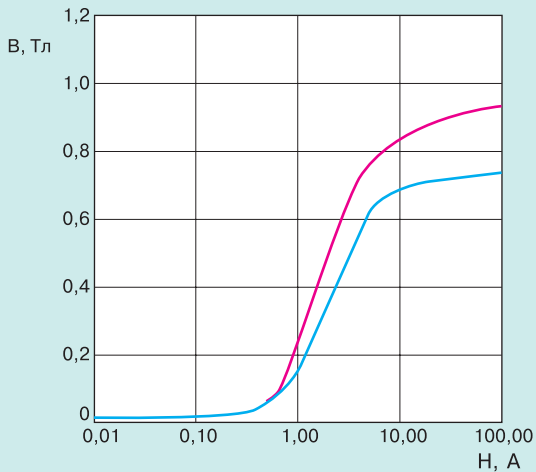


Рис. 2. Расчетные значения индукции В и напряженности магнитного поля Н в магнитопроводах
 — магнитопровод из аморфной стали
 — магнитопровод из му-металла, применяемый иностранными фирмами

стеклонаполненного полиамида, стойкого к воздействию горячего трансформаторного масла. На защитные футляры укладывается необходимое количество

изоляции и наматываются низковольтные токовые обмотки.

Применение таких магнитопроводов позволяет получать погрешность измерительных обмоток меньше 0,2 % (класс точности 0,2) во всем диапазоне изменения первичных токов от 1 до 120% номинального значения и изменения вторичной нагрузки от 5 до 40 ВА.

Рис. 3 и табл. 1 и 2 дают полное представление о границах изменения погрешностей трансформаторов тока ТФМ-35 и ТФМ-110 для классов точности 0,2S, 0,5S при изменении первичного тока от 1 до 120% и нагрузки от 25 до 100% номинального значения. На рис. 3 внутри этих пределов показаны зоны фактически получаемых токовых и угловых погрешностей трансформаторов тока ТФМ-110, выпускаемых ОАО «ЭЛЕКТРОЗАВОД».

Верхняя граница зоны измеренных значений погрешностей трансформаторов ТФМ-110 соответствует нагрузке 5 ВА, нижняя граница зоны соответствует нагрузке 40 ВА.

ГОСТ 7746-2001 раздел «Метрологические характеристики» определяет пределы допускаемых областей токовой и угловой погрешностей для различных классов точности при изменении первичного тока и вторичной нагрузки.

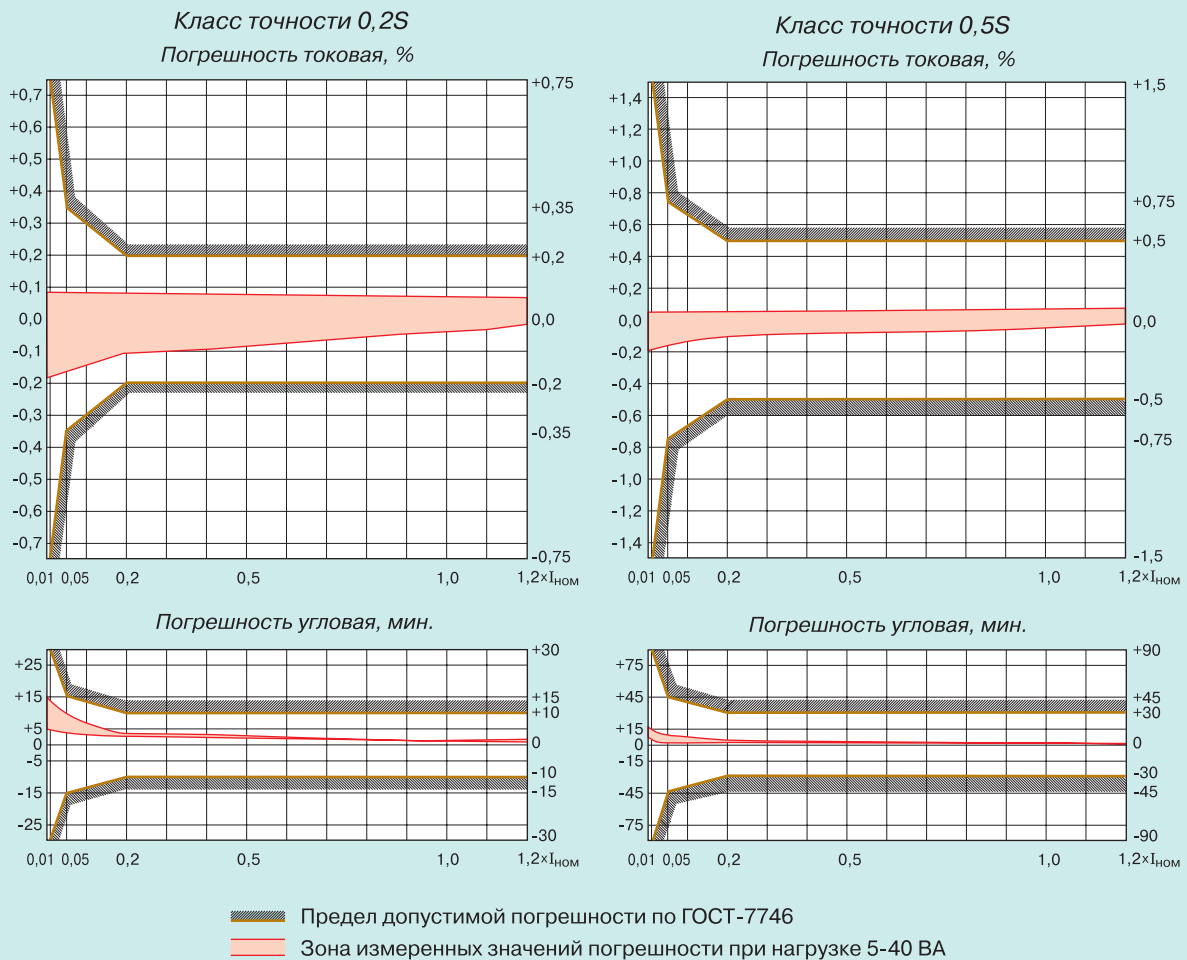


Рис. 3. Предельные допустимые погрешности трансформатора ТФМ-110

Таблица 1

Пределы допустимых областей токовой и угловой погрешностей трансформаторов тока, установленные ГОСТом 7746-2001

Класс точности	Первичный ток, % номинального значения	Предел допускаемой погрешности по ГОСТ 7746-2001		Предел вторичной нагрузки, % номинального значения
		Токовая, %	Угловая, мин.	
0,2S	1	± 0,75	± 30	25-100
	5	± 0,35	± 15	
	20	± 0,2	± 10	
	100	± 0,2	± 10	
	120	± 0,2	± 10	
0,5S	1	± 1,5	± 90	25-100
	5	± 0,75	± 45	
	20	± 0,5	± 30	
	100	± 0,5	± 30	
	120	± 0,5	± 30	

ВЫВОДЫ

ОАО «ЭЛЕКТРОЗАВОД» предлагает вместо трансформаторов тока с разными коэффициентами трансформации новые разработки с применением специальных магнитопроводов для измерительных обмоток.

Применение таких магнитопроводов позволяет получить любой класс точности, в измерительных обмотках, даже класс точности 0,1 при изменении первичного тока и вторичных нагрузок в широких пределах.

Таблица 2

Изменения погрешностей трансформаторов тока ТФМ-35 и ТФМ-110 в зависимости от первичного тока и нагрузки

Первичный ток, % номинального значения	Погрешность трансформатора				Вторичная нагрузка, ВА	Предел допустимой погрешности в классе точности 0,2S	
	ТФМ-35		ТФМ-110			Токовая, %	Угловая, мин.
	Токовая, %	Угловая, мин.	Токовая, %	Угловая, мин.			
1	-0,14	+12,3	-0,15	+13,5	40	± 0,75	± 30
5	-0,10	+6,3	-0,14	+9,6	40	± 0,35	± 15
20	+0,02	+1,8	-0,08	+3,6	40	± 0,20	± 10
100	+0,01	+1,4	-0,01	+1,1	40	± 0,20	± 10
120	+0,00	+2,1	+0,01	+1,6	40	± 0,20	± 10
1	-0,04	+8,1	-0,04	+8,1	20	± 0,75	± 30
5	-0,03	+4,7	-0,04	+6,7	20	± 0,35	± 15
20	+0,01	+1,6	-0,03	+3,6	20	± 0,20	± 10
100	+0,05	+0,5	+0,03	+0,6	20	± 0,20	± 10
120	+0,05	+0,6	+0,04	+0,7	20	± 0,20	± 10
1	+0,02	+4,2	+0,03	+5,9	10	± 0,75	± 30
5	+0,02	+4,5	+0,02	+5,2	10	± 0,35	± 15
20	+0,03	+2,2	+0,02	+3,5	10	± 0,20	± 10
100	+0,05	+0,9	+0,04	+1,2	10	± 0,20	± 10
120	+0,05	+0,8	+0,04	+1,1	10	± 0,20	± 10
1	+0,05	+4,5	+0,05	+5,0	5	± 0,75	± 30
5	+0,05	+3,6	+0,05	+3,6	5	± 0,35	± 15
20	+0,05	+1,8	+0,06	+2,6	5	± 0,20	± 10
100	+0,06	+0,6	+0,05	+1,0	5	± 0,20	± 10
120	+0,07	+0,5	+0,06	+0,7	5	± 0,20	± 10



ОАО «ЭЛЕКТРОЗАВОД»

Трансформаторы тока 35 и 110 кВ для АСКУЭ

Однофазные масляные трансформаторы тока ТФМ-35-II У1 (Т1, ХЛ1) и ТФМ-110-II У1 (Т1, ХЛ1) наружной установки предназначены для питания электрических измерительных приборов и защитных устройств в электросетях переменного тока 35 и 110 кВ соответственно.

Конструкция трансформаторов обеспечивает возможность дублирования релейных защит либо использование дополнительных защит в электрических сетях. Трансформаторы снабжены обмоткой для АСКУЭ с классом точности 0,2S.

Предусмотрены исполнения трансформаторов для умеренного, холодного и тропического климатов.

Трансформаторы выполнены в фарфоровой покрышке, заполненной трансформаторным маслом и установленной на металлическом основании, с маслорасширителем. Предусмотрена защита масла от атмосферного воздействия.

Концы первичной обмотки присоединены к съемным вводам, установленным на расширителе. Зажимы для заземления, низковольтные выводы измерительных и защитных обмоток размещены на основании трансформатора.

Россия, 107023, Москва, Электрозаводская ул., 21

Тел.: (495) 777-8225, 777-8226
Факс: (495) 777-8211

E-mail: trade@elektrozavod.ru
Web Site: www.elektrozavod.ru

Технические характеристики трансформаторов ТФМ-35

Обозначение типа трансформатора	Класс напряжения, кВ	Первичная МДС, Ампер/витки	Номинальные токи, А/А	Количество возможных переключений токов	Классы точности и номинальная вторичная нагрузка в классах точности, ВА, $\cos \varphi = 0,8$ (индуктивный)						Предельная кратность обмоток для защиты, не менее		Ток электро-динамической стойкости, кА	Ток термической стойкости, кА *	
					0,2S	0,2	0,5S	0,5	5P	10P	5P	10P		3 сек	1 сек
					ТФМ-35-II (У1, Т1, ХЛ1)	35	750	15/ 1; 5 30/ 1; 5 50/ 1; 5 75/ 1; 5 150/ 1; 5	Нет	20	20	20		20	-
900	100/ 1 300/ 1	Нет	20	20			30	30	20	20	15	17	6,4 19,2	2,5 8 14	4,3 14
800	200/ 1 400/ 1	Нет	20	20			30	30	20	20	14	16	13 25,6	5 10	8 17
1200	100/5 150/5 200/5 300/5 400/5 600/5 1200/1; 5	Нет	20	20			30	30	20	20	17	19	6,4 9,6 13 19,2 25,6 38,4 76,8	2,5 3,8 5 8 10 15 30	4,3 6,6 8,6 14 17 26 52
1500	750/1; 5 1500/1; 5	Нет	20	20			30	30	20	20	17	19	48 96	19 38	62 103
2000	500/1; 5 1000/1; 5 2000/1; 5	Нет	20	20			30	30	20	20	18	20	32 64 128	2,7 25,3 50,7	22 44 88
3000	3000/1; 5	Нет	20	20			30	30	20	20	18	20	145	57	-

Технические характеристики трансформаторов ТФМ-110

Обозначение типа трансформатора	Класс напряжения, кВ	Первичная МДС, Ампер/витки	Номинальные токи, А/А	Количество возможных переключений токов	Классы точности и номинальная вторичная нагрузка в классах точности, ВА, $\cos \varphi = 0,8$ (индуктивный)						Предельная кратность обмоток для защиты, не менее		Ток электро-динамической стойкости, кА	Ток термической стойкости, кА *	
					0,2S	0,2	0,5S	0,5	5P	10P	5P	10P		3 сек	1 сек
					ТФМ-110-II-1 (У1, Т1, ХЛ1)	110	1200	100 / 1; 5 150/1; 5 200/1; 5 300/1; 5 400/ ; 5 600/1; 5 1200/1; 5	6	30	30	30		30	30
1500	750/1; 5 1500/1; 5	1	30	30			30	30	40	40	18	20	92 163	36 60	62 103
2000	500/1; 5 1000/1; 5 2000/1; 5	2	30	30			30	30	40	40	22	24	46 92 163	18 36 60	31 62 103
ТФМ-110-II-1 (У1, Т1, ХЛ1)	110	1200	100/5 150/5 200/5 300/5 400/5 600/5 1200/5	6	30	20	30	30	30	30	18	20	15 23 31 46 61 92 163	6 9 12 18 24 36 60	10 15 20 31 41 62 103
		1500	750/5 1500/5	1	30	30	30	30	40	40	18	20	92 163	36 60	62 103

Обозначение типа трансформатора	Количество обмоток			Конструктивное исполнение	Уровень частичных разрядов изоляции не более 10 пКл
	Всего	Измерения	Защиты		
ТФМ-110-II (У1, Т1, ХЛ1)		1	3	С воздухо-осушителем	
	4	1	3		
ТФМ-110-II-I (У1, Т1, ХЛ1)		1	4	Масло-барьерная изоляция	
	5	1	3		

* Трансформаторы испытаны 3-х секундным током термической стойкости