

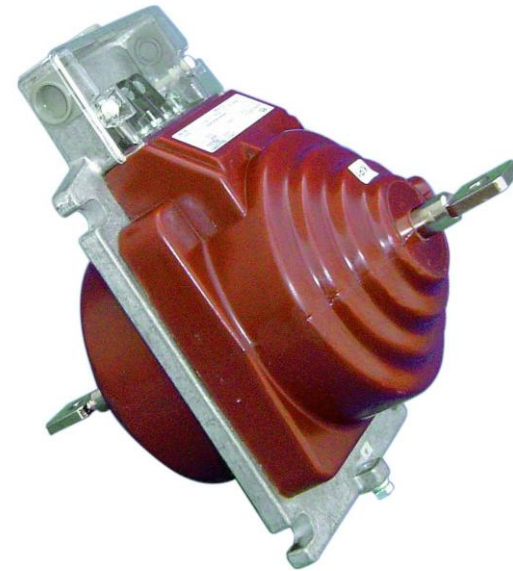
«Практическое руководство по выбору оптимальных параметров измерительных трансформаторов для измерения и защиты электрических установок»

1. Трансформатор тока
2. Трансформатор напряжения

Dipl.-Ing. Frank Karschau
RITZ Instrument Transformers GmbH



Выбор трансформатора тока

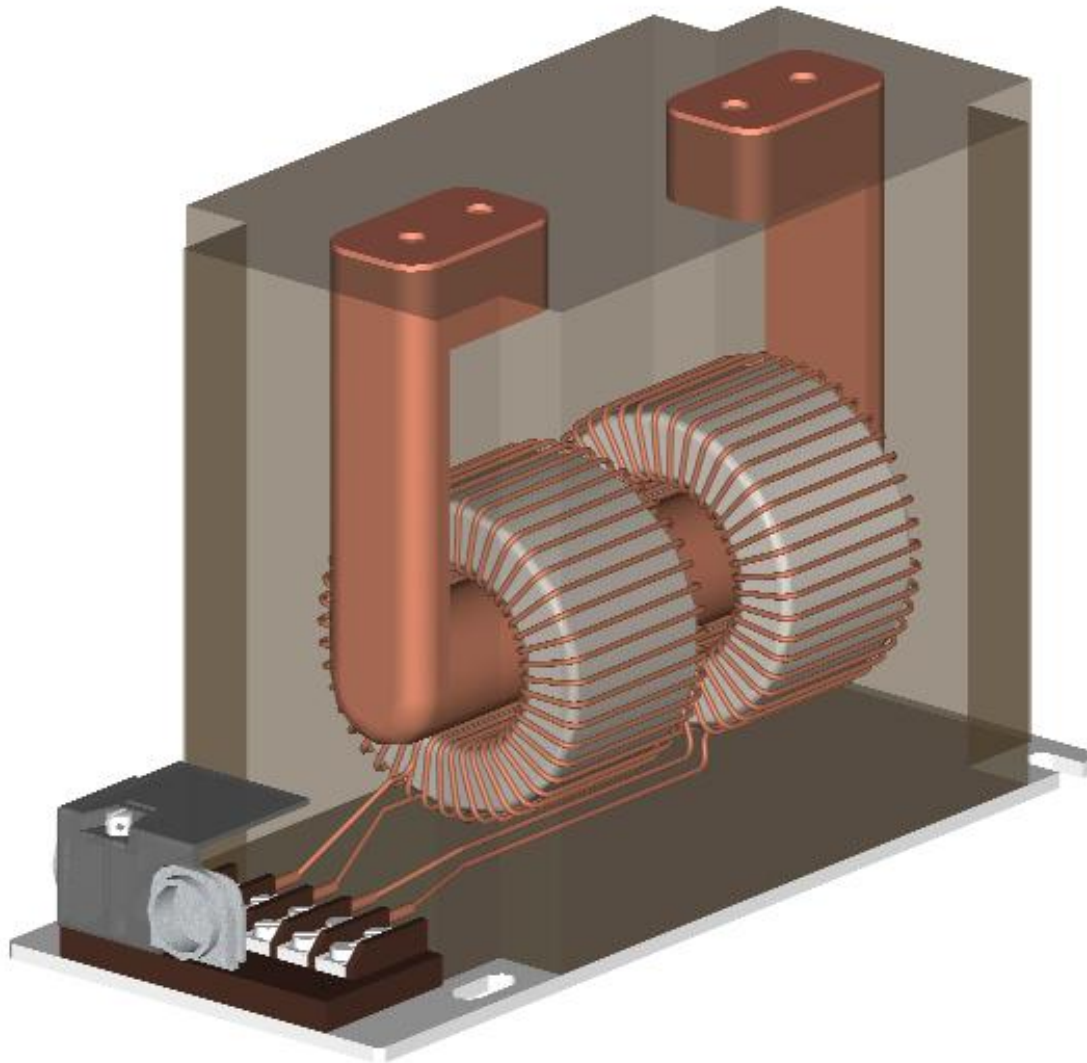


Последовательность шагов при выборе трансформатора тока из нашего каталога следующая:





Instrument Transformers



Измерительный трансформатор тока



1.1. Выбор номинального напряжения $U_{\text{ном}}$

Значение наибольшего номинального напряжения оборудования следует указывать в "В" или "кВ",
например: 6 кВ, 10 кВ, 20 кВ, 30 кВ, 35 кВ и т.д.

1. 2. Выбор номинального коэффициента трансформации $I_{1\text{ном}}$

1.2.1. Первичный ток $I_{1\text{ном}}$ определяется уравнением: $S_{\text{ном}} = \sqrt{3} \times U_{\text{ном}} \times I_{1\text{ном}}$

$S_{\text{ном}}$: номинальная реактивная мощность основного распределительного трансформатора (кВ•А)

$U_{\text{ном}}$: номинальное (фазное) напряжение (кВ•А)

$I_{1\text{ном}}$: первичный (фазный) ток (А)

Стандартные значения номинального первичного тока по ГОСТу следующие:
10 – 15 – 20 – 25 – 30 – 40 – 50 – 60 – 75А



Пример:

Выбор трансформатора тока для силового трансформатора:

$U_{\text{НОМ}}$: 10 кВ

$S_{\text{НОМ}}$: 10.000 кВ•А

Значение номинального тока трансформатора тока вычисляется следующим уравнением:

$$I_{1\text{НОМ}} = S_{\text{НОМ}} / (\sqrt{3} \times U_{\text{НОМ}}) = 10.000 \text{ кВ}\cdot\text{А} / (\sqrt{3} \times 10 \text{ кВ}) = 100 \text{ А}$$

Для номинального тока трансформатора тока следует выбрать значение:

$$I_{1\text{НОМ}} = 100 \text{ А}$$



1.2.2. Номинальные вторичные токи $I_{2\text{НОМ}}$ (А)

могут принимать значения 1А или 5А

Если расстояние между силовым трансформатором и питающимися от него приборами очень велико, то можно выбрать значение вторичного тока 1А.

1.3. Выбор номинальной нагрузки $S_{2\text{НОМ}}$ вторичной обмотки (В•А)

При известном значении сопротивления R (Ω) измерительных и защитных приборов вторичная нагрузка $S_{2\text{НОМ}}$ (В•А) вычисляется следующим образом:

$$\begin{aligned} S_{2\text{НОМ}} &= I_{2\text{НОМ}}^2 \times R \text{ (В}\cdot\text{А)} \\ I_{2\text{НОМ}} = 5\text{А} \quad S_{2\text{НОМ}} &= 25 \times R \text{ (В}\cdot\text{А)} \\ I_{2\text{НОМ}} = 1\text{А} \quad S_{2\text{НОМ}} &= R \text{ (В}\cdot\text{А)} \end{aligned}$$

Значения нагрузки для некоторых приборов и медных проводников различной длины и сечений приведены в нижеследующих таблицах.



Значения нагрузки в вольтамперах для некоторых приборов



Амперметр с электромагнитной системой	0,70 – 1,50 В•А
Ваттметр	0,20 – 5,00 В•А
Фазометр	2,00 – 6,00 В•А
Счетчик электроэнергии	0,40 – 1,00 В•А
Реле защиты от реактивной мощности	0,40 – 1,00 В•А
Реле защиты от тока перегрузки	0,20 – 6,00 В•А





Instrument Transformers

Потери на медных проводниках в В·А

Длина

при $I_{2\text{НОМ}} = 1 \text{ А}$

при $I_{2\text{НОМ}} = 5 \text{ А}$

вода и
вывода

Сечение проводников

Сечение проводников

м	1 мм ²	2,5 мм ²	4 мм ²	6 мм ²	2,5 мм ²	4 мм ²	6 мм ²	10 мм ²
1	0,04	0,01			0,36	0,22	0,15	0,09
2	0,07	0,03			0,71	0,45	0,30	0,18
3	0,10	0,04			1,07	0,67	0,45	0,27
4	0,14	0,06			1,43	0,89	0,60	0,36
5	0,18	0,07			1,78	1,12	0,74	0,44
10	0,36	0,14	0,09	0,06	3,57	2,24	1,49	0,89
20	0,71	0,29	0,18	0,12	7,10	4,50	3,00	1,80
30	1,07	0,43	0,27	0,18	10,7	6,70	4,50	2,70
40	1,43	0,57	0,36	0,24	14,3	8,90	6,00	3,60
50	1,78	0,72	0,45	0,30	17,8	11,2	7,40	4,40
60	2,14	0,86	0,54	0,36		13,4	8,90	5,40
70	2,50	1,00	0,63	0,42		15,6	10,4	6,30
80	2,86	1,14	0,71	0,48		17,9	11,9	7,10
90	3,21	1,29	0,80	0,54		20,1	13,4	8,00
100	3,57	1,43	0,89	0,60		22,4	14,9	8,90



1.4. Выбор класса точности

Для обмотки для измерений: 0,1 – 0,2s – 0,2 – 0,5s – 0,5 – 1 – 3 – 5

Для обмотки для защиты: 5P и 10P

Классы точности трансформаторов тока гарантированы в пределах от 1% до 120% номинального первичного тока согласно ГОСТу и МЭК.

Если значение номинального первичного тока снижается на 50%, 20%, 5% или 1% (граничные значения погрешности по ГОСТу, см. стр. 20), то погрешность коэффициента трансформации увеличивается.

Обычно используется

- для учёта электроэнергии - трансформаторы класса 0,2S - 0,5
- для амперметра (нечувствительного) – трансформатор класса 1 или 3,
- для защитных реле – трансформатор класса 5P или класса 10P.



- Точность измерений трансформаторов тока

$$F_i = 100 \cdot \frac{I_2 \cdot K_N - I_1}{I_1} \% \quad K_N = \frac{I_{1N}}{I_{2N}}$$

- Угловая погрешность

Угловая погрешность между вторичным и первичным током в [мин.]

Положителен, если вторичный опережает.

- Пределы классов обмотка для измерений

класс	Погрешность измер. по току (25-100% $S_{2ном}$)						Угловая погрешность 25-100%					
	[%]						$S_{2ном}$ [мин]					
% $I_{1ном}$	1	5	20	50	100	120	1	5	20	50	100	120
0,1		0,4	0,2		0,1	0,1		15	8		5	5
0,2		0,75	0,35		0,2	0,2		30	15		10	10
0,5		1,5	0,75		0,5	0,5		90	45		30	30
1		3	1,5		1	1		180	90		60	60
0,2S	0,75	0,35	0,2		0,2	0,2	30	15	10		10	10
0,5S	1,5	0,75	0,5		0,5	0,5	90	45	30		30	30
3				3		3						
5				5		5						

- Пределы классов для обмотки для защиты

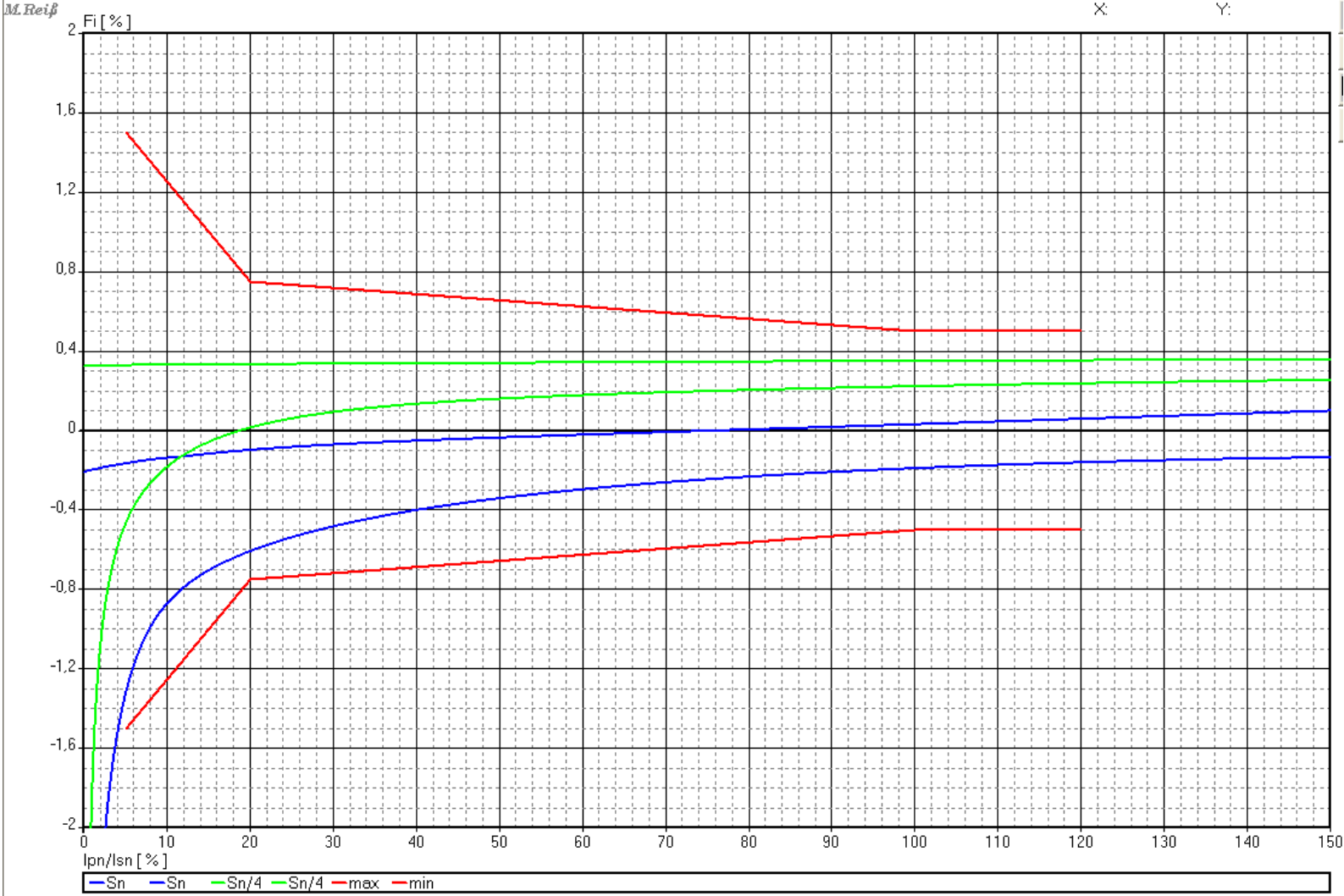
класс	Погрешность изм. по току	Угловая погрешность	Общая погрешность изм.
	$I_{1ном}$	$I_{1ном}$	$N \times I_{1ном}$
5P	1 %	60 мин	5 %
10P	3 %	-	10 %



300/5 A 30 BA 0,5



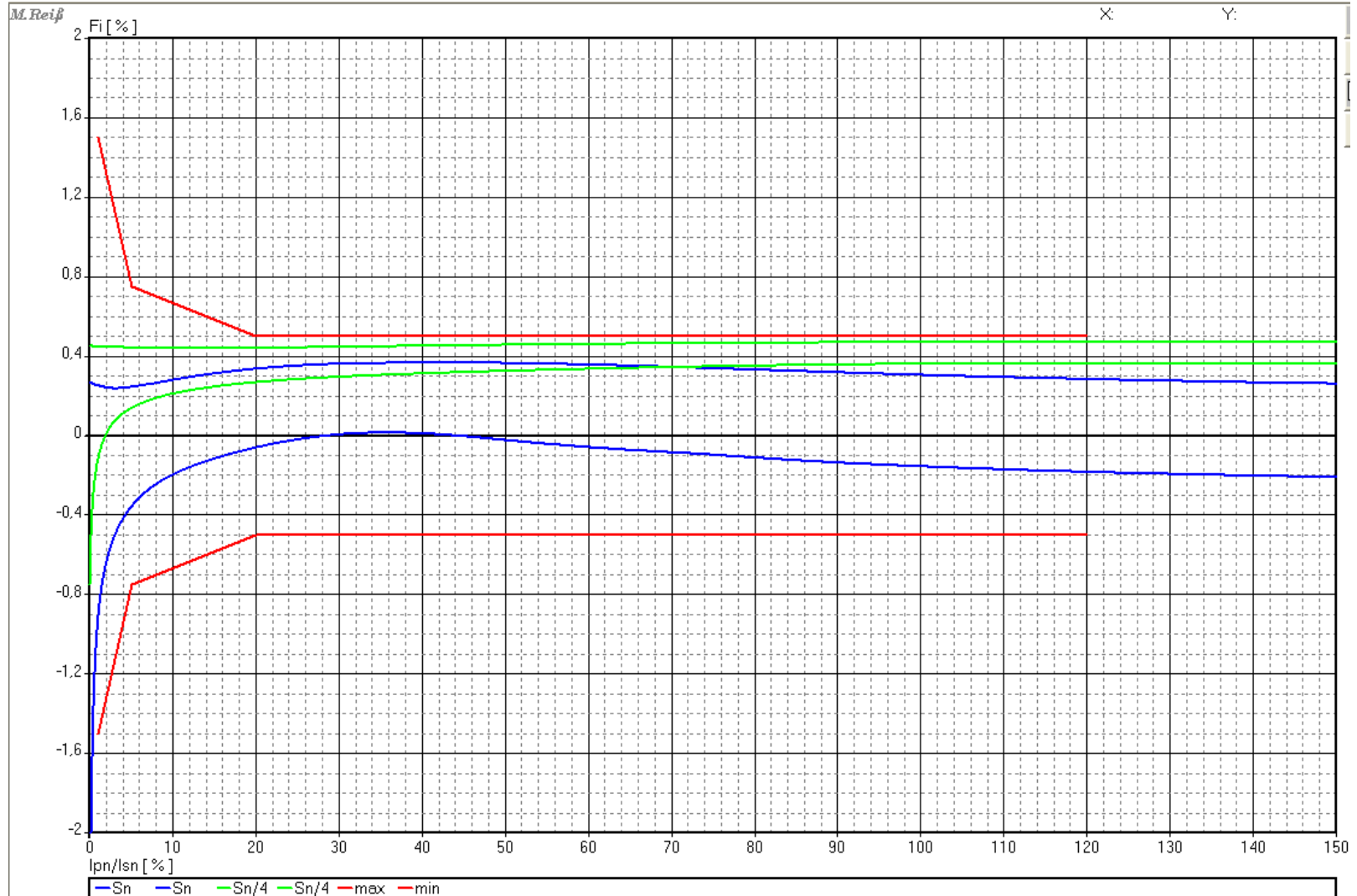
Instrument Transformers
Y:



300/5 A 30 BA 0,5 s



Instrument Transformers



1.5. Выбор номинального коэффициента безопасности приборов $K_{\text{НОМ}}$ и номинальной предельной кратности $K_{\text{НОМ}}$

- обмотка для измерения

номин. коэффициент безопасности приборов $K_{\text{НОМ}}$ определяется

как FS 5 , FS 10 (по публикациям МЭК)

как 5, 10 (по публикациям ГОСТ)

- обмотка для защиты

номин. коэффициент предельной кратности $K_{\text{НОМ}}$ определяется :

как $K_{\text{НОМ}}$ 10,, 20



1.6. Выбор номинального тока термической стойкости (I_T)

Обычно номинальный ток термической стойкости с длительностью приложения 1 или 3 сек должен быть до 100 раз больше номинального тока.

Например:

Если значение номинального первичного тока равно 100 А, то номинальный ток термической стойкости определяется следующим образом:

$$I_T = 100 \times I_{1\text{ном}} = 100 \times 100 \text{ А} = 10 \text{ кА}$$

Если ток короткого замыкания в сети рассчитывается равным 10 кА, то номинальный ток термической стойкости I_T должен составлять 10 кА ($I_T = 10 \text{ кА}$).



1.7. Выбор места установки и климатических условий

Различают трансформаторы тока наружной и внутренней установки.

Задаются для

наружной установки – 1

установки под крышей – 2

установки внутри помещения – 3.

Указываются климатические условия: У, Т, УХЛ...

Все вышеупомянутые данные следует учесть при составлении заказа.



1.8. Полный комплект технических данных

Выбором места установки заканчивается выбор параметров для заказа.

Пример:

$U_{\text{НОМ}}$	=	10 кВ
$I_{1\text{НОМ}}$	=	100 А
$I_{2\text{НОМ}}$	=	5 А
класс точн.	=	0,5 / 5P
кбном	=	Fs5
кном	=	10
$S_{2\text{НОМ}}$	=	10/15 В·А
I_T	=	10 кА

для внутренней установки (У3)

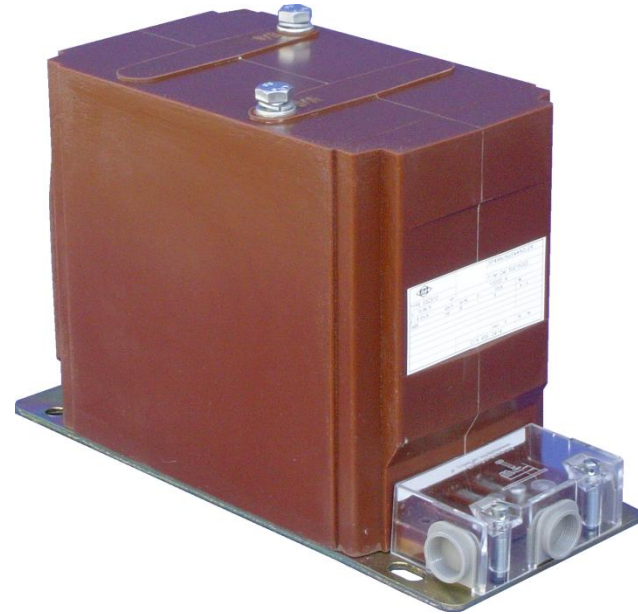


Инструкция по эксплуатации трансформатора тока

**Не производить переключение и размыкание вторичных цепей трансформатора при прохождении тока в первичной цепи.
Если трансформатор не используется, его вторичные выводы должны быть закорочены и заземлены.**



2. Выбор трансформатора напряжения



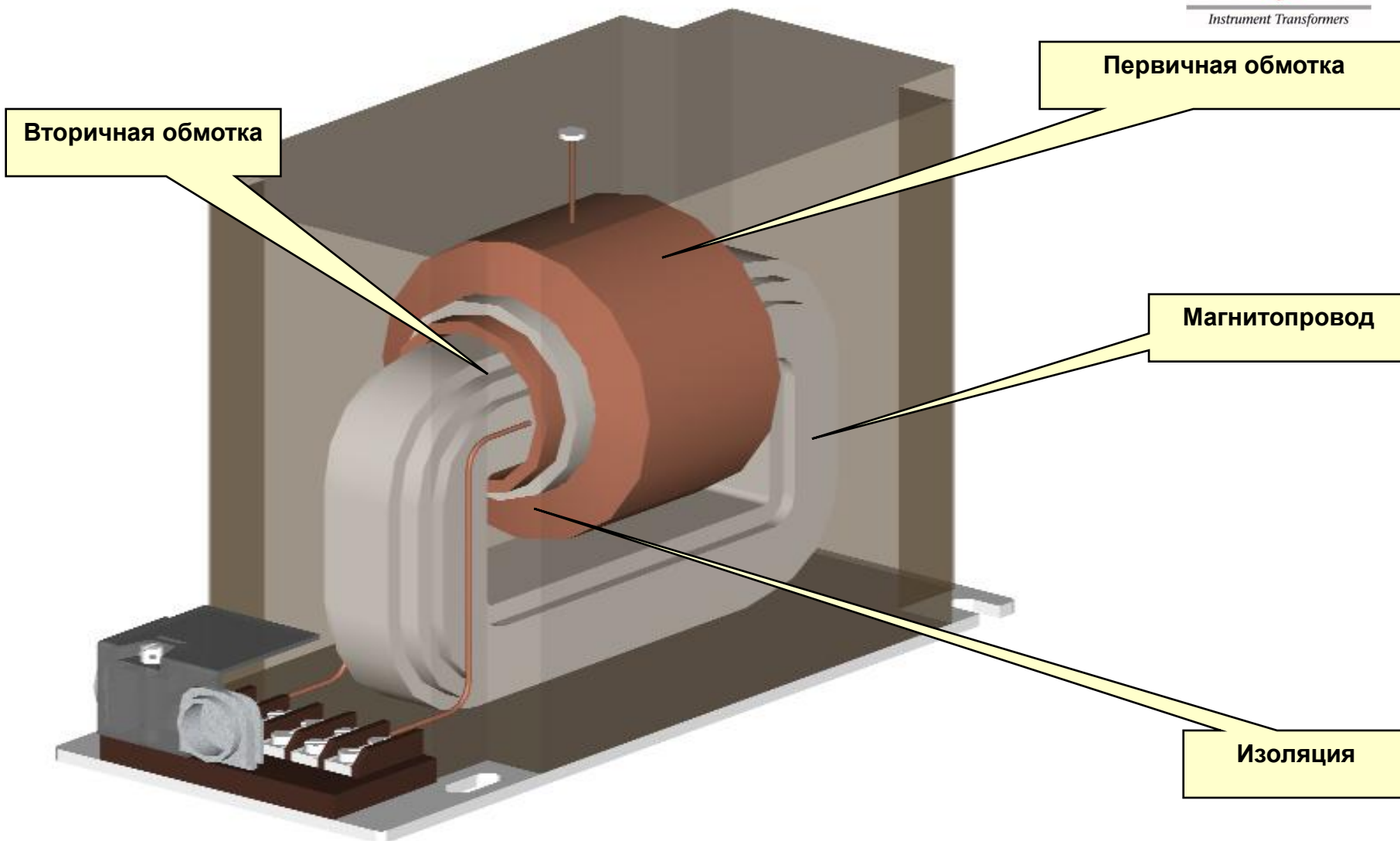
Последовательность шагов при выборе трансформатора напряжения из нашего каталога следующая:



Трансформатор напряжения



Instrument Transformers



2.1. Номинальное первичное напряжение $U_{\text{ном}}$

Значение номинального первичного напряжения следует указывать в "кВ" или "В,,
например:

для трансформатора напряжения с одним выводом напряжение фаза-земля (ноль)
может быть представлена в виде
 $10.000/\sqrt{3}$ В, $20.000/\sqrt{3}$ В, $35.000/\sqrt{3}$ В ... и т.п..

Для трансформатора с двумя выводами напряжение фаза-фаза может быть
представлена в виде
10.000 В, 20.000 В, 35.000 В.....и т.п.

2.2. Номинальное вторичное напряжение

Значение номинального вторичного напряжения следует указывать в "кВ"
или "В".

Например, для трансформатора напряжения с одним выводом вторичное
напряжение следует представлять как $100/\sqrt{3}$ В или $110/\sqrt{3}$ В
($100/3$ или $110/3$ для дополнительной обмотки).

В трансформаторе с двумя выводами вторичное напряжение должно быть 100
В или 110 В. Если ко вторичной сети подключается большое количество
приборов или приборы находятся далеко от трансформатора, то вторичное
напряжение может быть 200 В.



2.3. Номинальная мощность вторичной обмотки

Номинальную мощность следует указывать в “В•А” для каждой вторичной обмотки.

Номинальная потребляемая мощность определяется подсоединёнными приборами. Суммарная мощность для 2 вторичных обмоток измерения не должна превышать допустимую максимальную мощность в каталоге.

2.4. Класс точности:

Для измерительных цепей: 0,1 – 0,2 – 0,5 – 1,0 – 3,0

Для защитных цепей: 3Р или 6 Р
(дополнительная вторичная обмотка)





Instrument Transformers

■ Точность измерений трансформатора напряжения

$$F_u = 100 \cdot \frac{U_2 \cdot K_N - U_1}{U_1} \% \quad K_N = \frac{U_{1N}}{U_{2N}}$$

■ Угловая погрешность

- Угловая погрешность между напряжением вторичной и первичной обмотки в [мин.]
- Положителен, если вторичный опережает.

■ Пределы классов

класс	Погрешность измерения напряжения[%]	Угловая погрешность [мин]
для измерений		
при 0,8*Un и 1,2*Un		
при 25 % до 100 нагрузки		
0,1	0,1	5
0,2	0,2	10
0,5	0,5	20
1	1	40
3	3	
для защиты		
при 0,05*Un и 1,9*Un (1,2*Un; 1,5*Un)		
при 25 % до 100 нагрузки		
3P	3	120
6P	6	240



2.5. Предельная мощность

Выбрать из каталога предельную мощность. Предельную мощность следует указывать в “В·А”.

Например: для обмотки для измерения: 200 В·А, 400 В·А, 600 В·А.... и т.п.
для обмотки для защиты: 100 В·А

2.6. Выбор места установки и климатических условий

Выбор проводится как указано для трансформаторов тока.

2.7. Полный комплект технических данных трансформаторов напряжения

заземляемый

$U_{\text{ном}}$: 10: $\sqrt{3}$ кВ / 0,1: $\sqrt{3}$ кВ / 0,1:3 кВ,

Класс: 0,2 / 3 Р

Номинальная мощность: 15 / 50 В·А

Наружная установка: У1

незаземляемый

$U_{\text{ном}}$: 10 кВ / 0,1 кВ

Класс: 1

Н. мощность: 60 В·А

У1



Инструкция по эксплуатации трансформатора напряжения

Не допускается замыкать накоротко контакты вторичной обмотки трансформатора напряжения. Трансформатор может сгореть!

В целях безопасности необходимо произвести заземление на одной из вторичных клемм и на корпусе трансформатора.

Для выполнения заземления на корпусе трансформатора имеется маркировка.

Перед вводом трансформатора в эксплуатацию его необходимо тщательно очистить сухой тканью. Не допускать ослабления контактов на первичных и вторичных клеммах.

