**ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №4**

**ТЕМА: Выбор измерительных трансформаторов тока и напряжения**

**ЦЕЛЬ:** Приобретение умений выбора измерительных трансформаторов тока для подключения аппаратуры КИП и А.

**Теоретические сведения**

Выбор измерительных трансформаторов тока (ТТ) проводят по следующим условиям:

*Uном.* ≥ *Uсети ном.*; *I1ном.* ≥ *Iнорм. расч.* ;

*kп.∙ Iном.* ≥ *Iпрод. расч.* = *Iраб. нб.* ; *iдин.* ≥ *iуд.*

*I2тер. tтер.* ≥ *Вк.*

(*I1ном. kтер.* )2 *∙ tтер.* ≥ *Bk. ;*

При выборе номинального первичного тока *Iном.* следует учитывать возможность перегрузки некоторых типов трансформаторов тока на 10–20 %, что оговорено в каталогах на трансформаторы тока.

Значение номинального вторичного тока унифицировано и равно 5 А (реже 1 и 10 А).

Класс точности измерительного ТТ выбирают в соответствии с его назначением. Если к ТТ подключаются расчетные счетчики электроэнергии, то класс точности его работы должен быть не ниже 0,5. Если подключаются только щитовые электроизмерительные показывающие приборы, то достаточен класс точности 1, а иногда (амперметр в цепи секционного или шиносоединительного выключателя) можно применить трансформатор тока с классом точности 3.

Для того чтобы ТТ работал в выбранном классе точности, нагрузка его вторичной цепи не должна превышать номинальную, т. е. при *I2ном.* = 5 А нагрузка вторичной цепи:

*S2 ≈ I22ном. ∙Z2* ≈ 25· *Z2* ≤ *S2ном.*.

Расчетная нагрузка трансформатора тока (*Z2расч.*) складывается из нагрузки измерительных приборов и потерь мощности в проводах и контактах. Суммарное сопротивление катушек приборов, последовательно включенных во вторичную цепь трансформатора тока (*ZΣnриб.*), подсчитывают в соответствии со схемой их включения и распределения по фазам. При составлении трехлинейной схемы включения измерительных приборов необходимо учитывать схему внутренних соединений приборов.

Сопротивление проводов вторичной цепи зависит от длины трасс прокладки проводов *lтр.,* сечения проводов *s* и схемы соединения трансформаторов тока.

При выборе материала проводов (с медными или алюминиевыми жилами) необходимо учитывать, что контрольные кабели с медными жилами (*ρ* = 0,0175 Ом·мм2/м), применяют во вторичных цепях мощных электростанций с высшим напряжением 220 кВ и выше. Во вторичных цепях остальных электроустановок используют кабели с алюминиевыми жилами (*ρ*= 0,028 Ом·мм2 /м).

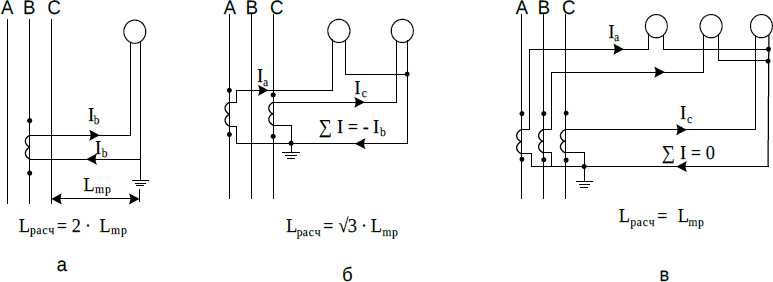
Сечения проводников выбирают в соответствии с требованиями точности измерения. При этом руководствуются следующим.

1. Провод должен удовлетворять требованиям механической прочности, поэтому при наличии в цепи расчетных счетчиков сечение медных проводов должно быть не менее 2,5 мм2, а алюминиевых – не менее 4 мм2; для цепей с измерительными приборами (без счетчиков) медные провода должны иметь сечение не менее 1,5 мм2, а алюминиевые – не менее 2,5 мм2.
2. Сечение провода должно быть взято больше минимального, удовлетворяющего требованию механической прочности (сечение больше 6 мм2 не применяется). Стандартные сечения жил контрольных кабелей: 1,5; 2,5; 4; 6 мм2.

Из условия допустимой нагрузки на ТТ для обеспечения его работы в выбранном классе точности следует, что сопротивление провода

*Zпров . ≤ Z2ном. - Z∑приб – Zконт.*, *s = ρ lрасч. / rпров.*,

где *р* – удельное сопротивление материала провода; *lрасч.* – расчетная длина провода, зависящая от схемы соединения трансформаторов тока (рисунок 1).

Рисунок 1 – Схемы соединения трансформаторов тока и измерительных приборов: а – включение приборов в одну фазу, б – включение приборов в неполную звезду, в – включение приборов в звезду

**Работа на занятии**

1. Произвести предварительный выбор измерительных трансформаторов.
2. Выбрать сечение и марку соединительных проводов.
3. Проверить выбранный измерительный трансформатор на вторичную нагрузку.
4. Проверить выбранный измерительный трансформатор на электродинамическое и термическое действие тока короткого замыкания.
5. Сделать вывод о соответствии выбранного трансформатора необходимым условиям и при необходимости произвести выбор другого трансформатора.
6. Результаты расчетов свести в таблицу.
7. Ответить на контрольные вопросы.

**Задание**

Выбрать измерительный трансформатор тока для подключения измерительных приборов, установленных в высоковольтном распредустройстве с напряжением UН =10 кВ. если в первичной цепи рабочий максимальный ток - Ipmax A.

**Методические указания**

Записать краткое условие задания и составить таблицу исходных данных, используя данные таблицы 3, например:

**Таблица 1** - Исходные данные

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Схема соединений трансформаторов тока** | **Класс точности** | **Ipmax, A** | **ΣRприб, Ом** | **l,м** | **Iк, А** | **tф, С** |
| звезда | 0,5 | 100 | 0,2 | 20 | 1,0 | 1,4 |

Следует вспомнить, что фиктивное время действия тока к.з. складывается из времени действия защиты на питающей стороне линии 10 кВ (1,2с) и собственного времени отключения (tВ = 0,2с ).

Произвести выбор измерительных трансформаторов, согласно необходимым условиям, и пользуясь данными таблицы технических данных трансформаторов тока, сделать вывод о соответствии выбранного трансформатора необходимым условиям и требованиям

Результаты расчетов свести в таблицу 2.

**Таблица 2** - Выбор трансформатора тока

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Тип трансформатора** | **Iн1, А** | **Sн2, ВА** | **kдин** | **k1с** | **Iу, кА** | **Bк, кВ с** |
|  |  |  |  |  |  |  |

**Контрольные вопросы**

1. Понятие, назначение, виды измерительных трансформаторов.
2. Как выбирается класс точности измерительного трансформатора?
3. Какие схемы соединения ТТ бывают?
4. Как проверяют трансформатор тока и напряжения по вторичной нагрузке?
5. В чём заключается особенности режима работы и конструкции ТТ?

**Таблица 3 –** Исходные данные к практической работе

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Показатели** | **Варианты** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** | **11** | **12** | **13** | **14** | **15** | **16** | **17** | **18** | **19** | **20** | **21** | **22** | **23** | **24** | **25** | **26** | **27** | **28** | **29** | **30** |
| **Схема соединения – звезда** | **+** | **+** | **+** | **+** | **+** | **+** | **+** | **+** | **+** | **+** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **Схема соединения – неполная звезда** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | **+** | **+** | **+** | **+** | **+** | **+** | **+** | **+** | **+** | **+** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **Цепь одного трансформатора тока** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | **+** | **+** | **+** | **+** | **+** | **+** | **+** | **+** | **+** | **+** |
| **Номинальный ток цепи, А** | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 | 120 | 130 | 140 | 150 | 160 | 170 | 180 | 190 | 200 | 210 | 220 | 230 | 240 | 250 | 260 | 270 | 280 | 290 | 300 | 310 | 320 | 330 | 340 |
| **Общее сопротивление приборов, Ом** | 0,10 | 0,11 | 0,12 | 0,13 | 0,14 | 0,15 | 0,16 | 0,17 | 0,18 | 0,19 | 0,2 | 0,21 | 0,22 | 0,23 | 0,24 | 0,25 | 0,26 | 0,27 | 0,28 | 0,29 | 0,3 | 0,31 | 0,32 | 0,33 | 0,34 | 0,35 | 0,36 | 0,37 | 0,38 | 0,39 |
| **Длина соединительных проводов, м** | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 |
| **Ток трехфазного к.з., кА** | 1,0 | 1,1 | 1,2 | 1,3 | 1,4 | 1,5 | 1,6 | 1,7 | 1,8 | 1,9 | 2,0 | 2,1 | 2,2 | 2,3 | 2,4 | 2,5 | 2,6 | 2,7 | 2,8 | 2,9 | 3,0 | 3,1 | 3,2 | 3,3 | 3,4 | 3,5 | 3,6 | 3,7 | 3,8 | 3,9 |
| **Класс точности подключенных приборов** | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,0 |

**Таблица 4** – Технические характеристики трансформаторов

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Тип** | **Исполнение** | **Номинальный первичный ток, А** | **Ток термической стойкости, кА/с** | **Ток электродинамической стойкости, кА** | **Номинальная вторичная нагрузка обмоток** | | **Номинальная предельная кратность защитной обмотки** |
| **Измерительной, ВА** | **Защитной, ВА** |
| ТВЛМ-10 (модернезированный) | 0,5/Р  Р/Р | 20,30,50,100,150,200,  300,400,  600,  800,1000,  1500 | 0,94/4  6,25/4  12,5/4  15/4 | 350 | 10 | 15 | 17…19 |
| ТПЛ-10У3 | 10/Р  0,5/10Р  10Р/10Р | 30,50,75,  100,200,  300,400 | 34/3 | 250  175  165 | 10  15  15 | ---- | 10 |
| ТШЛ-0,66 (в схемах с короткозамыкателем и отделителем) | 10Р  0,5 | 2000  3000  4000  5000 | 20/4 | ---- | 15 | ---- | 8 |
| ТВ-35 (встроенный в выключатели) | 0,5; 1  10Р | 200,300  600  1500  2000  3000 | ----  8/3 | --- | 10…40 | 10…40 | 2…30 |
| ТВГ (встроенный в силовые трансформаторы) | 0,5; 1  10Р | 200,300  600  1000  3000  4000 | 28/3 | ---- | 10…40 | 15…40 | 5…24 |
| ТК-2-У3 | 0,5 | 5…1000 | ---- | ---- | 5 | ---- | ---- |
| ТПЛУ-10У3 | 10Р  0,5/10Р  10Р/10Р | 30,50,75  100 | 34/3  34/3  ---- | 250  250  ---- | 10  10  15 | ----  ----  ---- | 13 |

***Пример***

*Условие в таблице 1.*

*Решение*

*1. Выбираем предварительно трансформатор тока: ТКЛН-10-0,5/Р, класс точности 0,5*

**



*2. Определяем сопротивление соединительных проводов, зная Z2Н*

*Дано: rк=15 мОм= 0,015≈0,02 Ом*

**

*Зная S2Н=15 В⋅А*

**

*Следовательно*

*rпр = Z2н – rприб - rкон*

**

 *округляем до стандартного сечения*

*Определяем сопротивление провода*

**

**

*Следовательно*

**

*5. Проверяем трансформатор на электродинамическую устойчивость по условию*

**

*КД – выбирается по приложению таблица 4*

**

*6. Проверяем трансформатор тока на термическую устойчивость по условию*

* - где - выбирается из справочника*

*где I∞ - установившейся ток короткого замыкания, *

**



*Вывод: Данный трансформатор тока подходит.*

**Таблица 5 –** Технические данные трансформаторов тока

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Тип трансформатора** | **Ном. напр., кВ** | **Ном. ток первичной обмотки, А** | **Вторичные нагрузки, при к-х обеспечивается класс точности** | | | | | | **Кратность устойчивости** | |
| **0,5** | | **1** | | **2** | | **динамической** | **односекундной термической** |
| **Ом** | **В·А** | **Ом** | **В·А** | **Ом** | **В·А** |
| ТК-20 | 0,66 | 5…1000 | 0,2 | 5 | - | - | - | - | - | - |
| ТК-40 | 0,66 | 5…1000 | 0,4 | 10 | - | - | - | - | - | - |
| ТК-120 | 0,66 | 5…1000 | - | - | 1,2 | 30 | - | - | - | - |
| ТКЛН-10-0,5/Р | 10 | 10…1000 | 0,4 | - | - | - | - | - | 100 | 50 |
| ТПЛ-10-Р | 6; 10 | 5…400 | 0,6 | 15 | 1 | 25 | 1,2 | 30 | 250 | 90 |
| ТПЛ-10-0,5/Р | 6; 10 | 5…400 | 0,4/0,6 | 10/15 | 0,8/1 | 20/25 | -/1,2 | -/30 | 250 | 90 |
| ТПЛУ-10-0,5/Р | 6; 10 | 10…100 | 0,4/0,6 | 10/15 | - | - | 1,2/1,2 | 30/30 | 250 | 120 |
| ТПОЛ-10-0,5/Р | 6; 10 | 600 | 0,4/0,6 | 10/15 | 0,8/1 | 20/25 | -/1,2 | -/30 | 160 | 65 |
| ТПОЛ-10-0,5/Р | 6; 10 | 800 | 0,4/0,6 | 10/15 | 0,8/1 | 20/25 | 1,2/1,2 | -/30 | 160 | 65 |

**Таблица 6 - Технические данные трансформаторов напряжения**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип трансформатора | Номинальное напряжение обмотки, В | | Номинальная мощность в классе точности, В·А | | | Максимальная мощность, В·А |
| ВН | НН | 0,5 | 1 | 3 |
| НТМИ-3 | 3000 | 100 | 50 | 80 | 200 | 400 |
| НТМИ-6 | 6000 | 100 | 80 | 150 | 320 | 640 |
| НТМИ-10 | 10000 | 100 | 120 | 200 | 490 | 960 |
| НТМИ-18 | 18000 | 100 | 120 | 200 | 480 | 960 |
| ЗНОМ-20 | 20000 | 100 | 50 | 150 | 320 | 640 |
| ЗНОМ-35 | 35000 | 100 | 150 | 250 | 600 | 1200 |