

3.3. Выбор трансформаторов тока

Трансформаторы тока, предназначенные для питания измерительных приборов, выбираются:

по номинальному напряжению

$$U_{уст} \leq U_{ном}, \quad (3.20)$$

по номинальному току

$$I_{раб.мах} \leq I_{ном}, \quad (3.21)$$

причем, номинальный ток должен быть как можно ближе к рабочему току установки, так как недогрузка первичной обмотки приводит к увеличению погрешностей;

по конструкции и классу точности;

по электродинамической стойкости

Электродинамическая стойкость в каталоге задана в одной из двух форм:

а) задан номинальный ток электродинамической стойкости $i_{дин}$ (максимальное значение полного тока);

б) задана кратность номинального тока электродинамической стойкости в виде

$$K_{дин} = \frac{i_{дин}}{\sqrt{2} \cdot I_{ном}}. \quad (3.22)$$

Условие проверки по электродинамической стойкости

$$i_y \leq i_{дин}, \quad (3.23)$$

или

$$i_y \leq K_{дин} \cdot \sqrt{2} \cdot I_{ном}, \quad (3.24)$$

по термической стойкости;

Термическая стойкость в каталоге задана также в одной из двух форм:

а) задана кратность номинального тока термической стойкости в виде

$$K_{тер} = \frac{I_{тер}}{I_{ном}}, \quad (3.25)$$

и допустимое время $t_{тер}$ протекания тока $I_{тер}$

б) заданы номинальный ток термической стойкости $I_{тер}$ и допустимое время его протекания $t_{тер}$.

Условие проверки по термической стойкости:

$$B_k \leq (K_{тер} \cdot I_{ном})^2 \cdot t_{тер}, \quad (3.26)$$

или

$$B_k \leq I_{тер}^2 \cdot t_{тер}. \quad (3.27)$$

Номинальные данные трансформаторов тока приведены в [5, 6, 15, 16].

Выбор класса точности определяет назначение трансформатора тока. В соответствие с ПУЭ:

- а) трансформаторы тока для включения электроизмерительных приборов должны иметь класс точности не ниже 3;
- б) обмотки трансформаторов тока для присоединения счётчиков, по которым ведутся денежные расчеты, должны иметь класс точности 0,5;
- в) для технического учёта допускается применение трансформаторов тока класса точности 1.

Для обеспечения выбранного класса точности необходимо, чтобы действительная нагрузка вторичной цепи Z_2 не превосходила нормированной для данного класса точности нагрузки $Z_{2ном}$, Ом, т.е.

$$Z_2 \leq Z_{2ном}. \quad (3.28)$$

Рассмотрим подробнее выбор трансформаторов тока по вторичной нагрузке. Индуктивное сопротивление токовых цепей невелико, поэтому

$$Z_2 \approx r_2. \quad (3.29)$$

Вторичная нагрузка r_2 состоит из сопротивления приборов $r_{приб}$, соединительных проводов $r_{пр}$ и переходного сопротивления контактов r_k :

$$r_2 = r_{приб} + r_{пр} + r_k. \quad (3.30)$$

Сопротивление приборов определяется по выражению

$$r_{приб} = \frac{S_{приб}}{I_{2ном}^2}, \quad (3.31)$$

где $S_{приб}$ – мощность, потребляемая приборами; $I_{2ном}$ – вторичный номинальный ток прибора.

Сопротивление контактов принимается 0,05 Ом при двух - трех приборах и 0,1 Ом при большем числе приборов. Сопротивление соединительных проводов зависит от их длины и сечения. Чтобы трансформатор тока работал в заданном классе точности, необходимо выдержать условие:

$$r_{приб} + r_{пр} + r_k \leq Z_{2ном}. \quad (3.32)$$

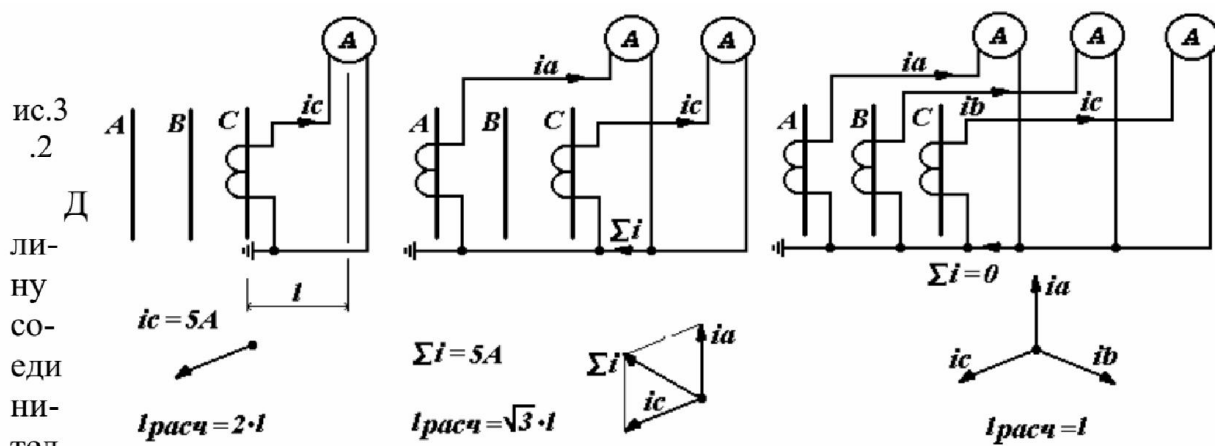
Приняв $r_2 = Z_{2ном}$, определяют $r_{пр}$:

$$r_{пр} = Z_{2ном} - r_{приб} - r_k. \quad (3.33)$$

Зная $r_{пр}$, можно определить сечение соединительных проводов

$$q = \frac{\rho \cdot l_{расч}}{r_{пр}}, \quad (3.34)$$

где ρ – удельное сопротивление материала провода. Провода с медными жилами ($\rho = 0,0175$) применяются во вторичных цепях основного и вспомогательного оборудования мощных электростанций с агрегатами 100 МВт и более, а также на подстанциях с высшим напряжением 220 кВ и выше. В остальных случаях – во вторичных цепях применяются провода с алюминиевыми жилами ($\rho = 0,0283$); $l_{расч}$ – расчётная длина соединительных проводов, учитывающая схемы включения приборов и трансформаторов тока (рис.3.2)



ьных проводов (в м) от трансформаторов тока до приборов (в один конец) для разных присоединений приблизительно можно определить по табл. 3.1.

Таблица 3.1

Все цепи ГРУ 6...10 кВ, кроме линий к потребителям	40...60
Цепи генераторного напряжения блочных электростанций	20...40
Линии 6...10 кВ к потребителям	4...6
Все цепи РУ:	
35 кВ	60...76
110 кВ	75...100
220 кВ	100...150
330...500 кВ	150...175
Синхронные компенсаторы	25...40

Для подстанций указанные длины снижают на 15...20 %.

В качестве соединительных проводов применяют многожильные контрольные кабели с бумажной, резиновой, полихлорвиниловой или полиэтиленовой изоляцией в свинцовой, резиновой, полихлорвиниловой или специальной теплостойкой оболочке.

По условию прочности сечения соединительных проводов не должно быть меньше 4 мм^2 для алюминиевых жил и $2,5 \text{ мм}^2$ для медных жил. Сечение больше 6 мм^2 обычно не применяется.

Выбор трансформатора тока в цепи отходящей линии 10 кВ. В шкафу КРУ КМ-1 устанавливается трансформатор тока типа ТЛК-10-200-0,5/Р [5, т.2]. Перечень необходимых измерительных приборов выбираем по [4, 5]. На линии 10 кВ устанавливаются: амперметр, счетчик активной и реактивной энергии. Схема включения приборов показана на рис. 5.2.

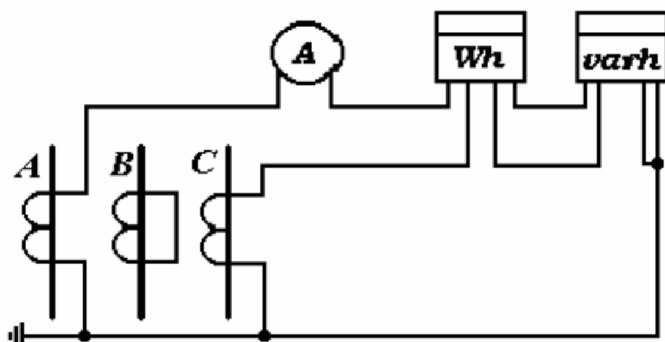


Рис. 5.2

Сравнение расчетных и каталожных данных приведено в табл. 5.3.

Таблица 5.3.

Расчетные данные	Каталожные данные
	ТЛК-10-200-0,5/Р
$U_{уст} = 10 \text{ кВ}$	$U_{ном} = 10 \text{ кВ}$
$I_{max} = 200 \text{ А}$	$I_{ном} = 200 \text{ А}$
$i_y = 12,9 \text{ кА}$	$i_{дин} = 52 \text{ кА}$
$B_k = 15,5 \text{ кА}^2\text{с}$	$(K_T \cdot I_{ном})^2 \cdot t_T = 10^2 \cdot 3 = 300 \text{ кА}^2\text{с}$

Для проверки трансформаторов тока по вторичной нагрузке, пользуясь схемой включения и каталожными данными приборов [4, 6], определяем нагрузку по фазам для наиболее загруженного трансформатора тока (табл. 5.4).

Таблица 5.4.

Прибор	Тип	Нагрузка, ВА, фазы		
		А	В	С
Амперметр	Э-335	0,5	–	–
Счетчик активной энергии	САЗ-И674	2,5	–	2,5
Счетчик реактивной энергии	СР4-И689	2,5	–	2,5
Итого		5,5	–	5,0

Из табл. 5.4 видно, что наиболее загружен трансформатор тока фазы А. Общее сопротивление приборов

$$r_{приб} = \frac{S_{приб}}{I_2^2} = \frac{5,5}{25} = 0,22 \text{ Ом.}$$

Вторичная номинальная нагрузка трансформатора тока в классе точности 0,5

$$z_{2ном} = 0,4 \text{ Ом.}$$

Сопротивление контактов при трех приборах принимаем $r_{конт.} = 0,05 \text{ Ом}$, тогда допустимое сопротивление проводов

$$r_{пр} = z_{2ном} - r_{приб} - r_{конт} = 0,4 - 0,22 - 0,05 = 0,13 \text{ Ом.}$$

Для подстанций с высшим напряжением 110 кВ принимаем кабель с алюминиевыми жилами, ориентировочная длина которого в ячейке КРУ 10 кВ $l=4\text{м}$ [4], т.к. трансформаторы тока соединены в неполную звезду, то $l_{расч} = \sqrt{3} \cdot l$.

$$q = \frac{\rho \cdot l_{расч}}{r_{пр}} = \frac{0,0283 \cdot \sqrt{3} \cdot 4}{0,13} = 1,5 \text{ мм}^2.$$

По условию механической прочности принимаем контрольный кабель АКРВГ с жилами сечением 4 мм^2 [1].

Подсчёт вторичной нагрузки приведён в табл. 5.5.

Таблица 5.5.

Прибор		Тип	S одной об- мотки, ВА	Число об- моток	cos φ	sin φ	Число при- боров	Общая по- требляемая мощность	
								P, Вт	Q, Вар
Вольтметр (сборные шины)		Э-335	2	1	1	0	2	4	–
Ваттметр Счётчик активный Счётчик реактив- ный	Ввод 10 кВ от транс- форма- тора	Д-335	1,5	2	1	0	1	3	–
		СА3-И674	3 Вт	2	0,38	0,925	1	6	14,5
		СР4-И689	3 Вт	2	0,38	0,925	1	6	14,5
Счётчик активный Счётчик реактив- ный	Линии 10 кВ	СА3-И674	3 Вт	2	0,38	0,925	3	18	43,5
		СР4-И689	3 Вт	2	0,38	0,925	3	18	43,5
Итого								55	116

Вторичная нагрузка

$$S_{2\Sigma} = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{55^2 + 116^2} = 128 \text{ В} \cdot \text{А}$$

5. Электротехнический справочник. – 7-е изд., испр. / Под ред. профессоров МЭИ. – М.: Энергоатомиздат, 1986 – 1988. – Т.2 и Т.3, кн.1.

6. Неклепаев Б.Н., Крючков И.П. Электрическая часть электростанций и подстанций: Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования: Учеб. пособие для вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1989.

15. Чунихин А.А., Галтеева Е.Ф. Аппараты высокого напряжения. Том 1. Трансформаторы тока и напряжения, измерительные устройства на их основе: Справочник. – М.: Информэлектро, 1999.

16. Чунихин А.А., Галтеева Е.Ф. Аппараты высокого напряжения. Том 2. Трансформаторы тока и напряжения, измерительные устройства на их основе: Справочник. – М.: Информэлектро, 1999.