

Выбор догрузочных резисторов во вторичных цепях трансформаторов напряжения ТН.

Исходные данные:

Трансформатор напряжения 110 кВ (ТН) — ТВИ145;

Номинальное напряжение сети — 110 кВ;

Напряжение вторичной обмотки класса точности 0,2 – 100/√3 В;

Мощность вторичной обмотки класса точности 0,2 – 130 ВА;

Напряжение вторичной обмотки класса точности 0,5 – 100/√3 В;

Мощность вторичной обмотки класса точности 0,5 – 200 ВА;

Напряжение вторичной обмотки класса точности 3Р – 100 В;

Мощность вторичной обмотки класса точности 3Р – 600 ВА;

Нагрузка вторичных цепей обмотки класса точности 0,2 – 1 ВА;

Нагрузка вторичных цепей обмотки класса точности 0,5 – 30 ВА;

Нагрузка вторичных цепей обмотки класса точности 3Р – 200 ВА;

Протяженность линий вторичных цепей – 300 метров.

Выбор догрузочных резисторов выполняется по рекомендациям МИ 3023–2006 «Нормализация нагрузки вторичных цепей измерительных трансформаторов напряжения» 2007 г.

Согласно ГОСТ 1983–2015 «Трансформаторы напряжения. Общие технические условия» пункты 6.15.1 — 6.15.2, чтобы измерительные приборы работали в требуемом классе точности, требуется чтобы фактическая нагрузка ТН была в пределах от 25% до 100% от номинальной мощности обмотки.

Догрузочные резисторы выбираются так, чтобы фактическая нагрузка ТН была в диапазоне 50±10% от номинальной мощности обмотки ТН.

Расчет догрузочных резисторов вторичных цепей трансформатора напряжения (ТН) до счетчика электрической энергии.

Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата				
Разработ					Расчет догрузочных резисторов во вторичных цепях ТТ и ТН	Стадия	Лист	Листов
Проверил						П	1	
Н.контр								
ГИП								

Для счетчика электрической энергии СЭТ-4ТМ.03М 100В согласно руководства по эксплуатации ИЛГШ.41152.145РЭ, потребляемая мощность составляет $S_{ab} = S_{bc} = S_{ac} = 1,0$ ВА.

1. Определяем оптимальную мощность нагрузки трансформатора напряжения:

$$S_{н2} = 0,5 * S_{ном.2} = 0,5 \times 130 = 65,0 \text{ ВА}$$

где: $S_{ном2} = 130$ ВА — номинальная мощность обмотки ТН с классом точности 0,2;

2. Определяем мощность догрузочных резисторов:

$$S_{догр.} = S_{A,B,C \text{ мин}} - S_{изм.2} = 75,0 - 1,0 = 64,0 \text{ ВА}$$

4. Определяем сопротивление догрузочного резистора:

$$R_{догр.A} = R_{догр.B} = R_{догр.C} = U_{ном}^2 / S_{догр.} = 57,8^2 / 64 = 52,083 \text{ Ом};$$

где: $U_{ном.} = 100 / \sqrt{3} = 57,8$ В — фазное напряжение вторичной обмотки соединенной по схеме «полная звезда», линейное напряжение равно — 100 В.

5. Предварительно принимаем три однофазных догрузочных резистора, с мощностью $S_{догр.1} = 70$ ВА и рассчитываем сопротивление выбранного резистора.

$$R_{догр.A} = R_{догр.B} = R_{догр.C} = U_{ном}^2 / S_{догр.} = 57,8^2 / 70 = 47,619 \text{ Ом};$$

6. Определим в процентном соотношении насколько будет загружена вторичная обмотка ТН с догрузочными резисторами:

$$S\% = ((S_{догр.1} + S_{факт.1}) / S_{ном.2}) \times 100\% = ((70 + 1) / 130) \times 100\% = 54,65\%$$

Условие выполняется

Расчет догрузочных резисторов вторичных цепей трансформатора напряжения (ТН) до измерительных приборов.

						Лист
Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата		2

Фактически измеренная потребляемая мощность в цепях измерительных приборов составляет $S_{ab} = S_{bc} = S_{ac} = 30,0 \text{ ВА}$.

1. Определяем оптимальную мощность нагрузки трансформатора напряжения:

$$S_{H2} = 0,5 * S_{ном.2} = 0,5 \times 200 = 100,0 \text{ ВА}$$

где: $S_{ном.2} = 200 \text{ ВА}$ — номинальная мощность обмотки ТН с классом точности 0,5;

2. Определяем мощность догрузочных резисторов:

$$S_{догр.} = S_{A,B,C \text{ мин}} - S_{изм.2} = 100,0 - 30,0 = 70,0 \text{ ВА}$$

4. Определяем сопротивление догрузочного резистора:

$$R_{догр.A} = R_{догр.B} = R_{догр.C} = U_{ном}^2 / S_{догр.} = 57,8^2 / 70 = 47,619 \text{ Ом};$$

где: $U_{ном.} = 100 / \sqrt{3} = 57,8 \text{ В}$ — фазное напряжение вторичной обмотки соединенной по схеме «полная звезда», линейное напряжение равно — 100 В.

5. Предварительно принимаем три однофазных догрузочных резистора, с мощностью $S_{догр.1} = 70 \text{ ВА}$ и рассчитываем сопротивление выбранного резистора.

$$R_{догр.A} = R_{догр.B} = R_{догр.C} = U_{ном}^2 / S_{догр.} = 57,8^2 / 70 = 47,619 \text{ Ом};$$

6. Определим в процентном соотношении насколько будет загружена вторичная обмотка ТН с догрузочными резисторами:

$$S\% = ((S_{догр.1} + S_{факт.}) / S_{ном.2}) \times 100\% = ((70 + 30) / 200) \times 100\% = 50,00\%$$

Условие выполняется

Расчет догрузочных резисторов вторичных цепей трансформатора напряжения (ТН) до устройств релейной защиты.

						Лист
Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата		3

Фактически измеренная потребляемая мощность в цепях измерительных приборов составляет $S_{аб} = S_{бс} = S_{ас} = 200,0 \text{ ВА}$.

1. Определяем оптимальную мощность нагрузки трансформатора напряжения:

$$S_{Н2} = 0,5 * S_{ном.2} = 0,5 * 600 = 300,0 \text{ ВА}$$

где: $S_{ном.2} = 600 \text{ ВА}$ — номинальная мощность обмотки ТН с классом точности 3Р;

2. Определяем мощность догрузочных резисторов:

$$S_{догр.} = S_{А,В,С \text{ мин}} - S_{изм.2} = 300,0 - 200,0 = 100,0 \text{ ВА}$$

4. Определяем сопротивление догрузочного резистора:

$$R_{догр.А} = R_{догр.В} = R_{догр.С} = U_{ном}^2 / S_{догр.} = 57,8^2 / 100 = 33,33 \text{ Ом};$$

где: $U_{ном.} = 100 / \sqrt{3} = 57,8 \text{ В}$ — фазное напряжение вторичной обмотки соединенной по схеме «полная звезда», линейное напряжение равно — 100 В.

5. Предварительно принимаем три однофазных догрузочных резистора, с мощностью $S_{догр.1} = 100 \text{ ВА}$ и рассчитываем сопротивление выбранного резистора.

$$R_{догр.А} = R_{догр.В} = R_{догр.С} = U_{ном}^2 / S_{догр.} = 57,8^2 / 100 = 33,33 \text{ Ом};$$

6. Определим в процентном соотношении насколько будет загружена вторичная обмотка ТН с догрузочными резисторами:

$$S\% = ((S_{догр.1} + S_{факт.}) / S_{ном.2}) * 100\% = ((100 + 200) / 600) * 100\% = 50,00\%$$

Условие выполняется

						Лист
Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата		4

Выбор догрузочных резисторов во вторичных цепях трансформаторов тока ТТ

Исходные данные:

Трансформатор тока 110 кВ (ТТ) – ТГ145N;

Номинальный ток первичной обмотки – 1500 А;

Номинальный вторичный ток – 1 А;

Мощность вторичной обмотки класса точности 0,2S – 20 ВА;

Мощность вторичных обмоток класса точности 10P – 30 ВА;

Протяженность линий вторичных цепей – 300 метров.

Согласно ГОСТ 7746–2015 «Трансформаторы тока. Общие технические условия» таблица 8, фактическая нагрузка должна быть в диапазоне 25 – 100 % от номинального значения сопротивления (нагрузки) вторичной цепи трансформатора тока.

Согласно рекомендаций МИ 3022–2006 «Нормализация нагрузки вторичных цепей измерительных трансформаторов» пункт 9.6 оптимальные значения метрологических характеристик трансформаторов тока, должно находиться в диапазоне от 40 % до 60 % от номинального значения вторичной нагрузки.

Расчет догрузочных резисторов вторичных цепей трансформаторов тока (ТТ) до счетчика электрической энергии.

1. Определяем фактическую мощность нагрузки:

$$S_{\text{факт}2} = I_{\text{ном.}2}^2 \times (Z_{\text{п}} + g_{\text{пр.}} + g_{\text{пер.}}) = 1^2 \times (0,012 + 2,105 + 0,05) = 2,167 \text{ ВА};$$

где:

$Z_{\text{п}} = 0,012 \text{ Ом}$ – сопротивление счетчика СЭТ 4ТМ.03М;

$g_{\text{пр.}} = 2,105 \text{ Ом}$ – фактическое сопротивление кабеля SY-JZ – 4x2,5мм² от вторичной обмотки ТТ до счетчика;

$S_{\text{ном}2} = 20 \text{ ВА}$ – номинальная вторичная нагрузка трансформатора тока;

$g_{\text{пер.}} = 0,05 \text{ Ом}$ – переходное сопротивление контактов при двух, трех приборах и 0,1 Ом при большем числе приборов;

$I_{\text{ном.}2} = 1 \text{ А}$ – номинальный ток вторичной цепи ТТ;

						Лист
						5
Изм	Листы	№ докум	Подпись	Дата		

2. Определяем в процентном соотношении насколько будет загружена вторичная обмотка:

$$S\% = (S_{\text{факт2}}/S_{\text{ном2}}) \times 100\% = (2,167/20) \times 100\% = 10,83 \%$$

Для нормализации нагрузки трансформатора тока, требуется вторичную нагрузку трансформатора тока повысить до уровня 50 %, для этого устанавливаем догрузочные резисторы.

Расчет и выбор догрузочных резисторов выполняется в соответствии с рекомендациями МИ 3022–2006.

3. Сопротивление догрузочного резистора определяется по формуле:

$$R_{\text{догр.}} = (0,5 \times S_{\text{ном2}} - S_{\text{факт2}})/I_{\text{ном2}}^2 = (0,5 \times 20 - 2,167)/1^2 = 7,832 \text{ Ом}$$

4. Выбираем догрузочный резистор 10 ВА с сопротивлением:

$$R_{\text{догр.ном}} = S_{\text{догр.ном}}/I_{\text{ном2}}^2 = 10/1^2 = 10 \text{ Ом}$$

5. Определяем в процентном соотношении насколько будет загружена вторичная обмотка:

$$S\% = (S_{\text{факт2}} + R_{\text{догр.ном}}/S_{\text{ном2}}) \times 100\% = (2,167+10/20) \times 100\% = 60,83 \%$$

Условие выполняется

Расчет догрузочных резисторов вторичных цепей трансформаторов тока (ТТ) до измерительных приборов.

1. Определяем фактическую мощность нагрузки:

$$S_{\text{факт2}} = I_{\text{ном.2}}^2 \times (Z_n + g_{\text{пр.}} + g_{\text{пер.}}) = 1^2 \times (0,012 + 2,105 + 0,05) = 2,167 \text{ ВА};$$

где:

$$Z_n = 2,5 \text{ Ом};$$

						Лист
Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата		6

$r_{пр} = 2,174 \text{ Ом}$ — фактическое сопротивление кабеля АКВПГ — 10x4мм² от вторичной обмотки ТТ до приборов;

$S_{ном2} = 30 \text{ ВА}$ — номинальная вторичная нагрузка трансформатора тока;

$r_{пер} = 0,05 \text{ Ом}$ — переходное сопротивление контактов при двух, трех приборах и 0,1 Ом при большем числе приборов;

$I_{ном2} = 1 \text{ А}$ — номинальный ток вторичной цепи ТТ;

2. Определяем в процентном соотношении насколько будет загружена вторичная обмотка:

$$S\% = (S_{факт2}/S_{ном2}) \times 100\% = (4,724/30) \times 100\% = 15,75 \%$$

Для нормализации нагрузки трансформатора тока, требуется вторичную нагрузку трансформатора тока повысить до уровня 50 %, для этого устанавливаем догрузочные резисторы.

3. Сопротивление догрузочного резистора определяется по формуле:

$$R_{догр} = (0,5 \times S_{ном2} - S_{факт2})/I_{ном2}^2 = (0,5 \times 30 - 4,724)/1^2 = 10,276 \text{ Ом}$$

4. Выбираем догрузочный резистор 10 ВА с сопротивлением:

$$R_{догр.ном} = S_{догр.ном}/I_{ном2}^2 = 10/1^2 = 10 \text{ Ом}$$

5. Определяем в процентном соотношении насколько будет загружена вторичная обмотка:

$$S\% = (S_{факт2} + R_{догр.ном}/S_{ном2}) \times 100\% = (4,72+10/30) \times 100\% = 49,08 \%$$

Условие выполняется

Расчет догрузочных резисторов вторичных цепей трансформаторов тока (ТТ) до приборов защит.

1. Определяем фактическую мощность нагрузки:

						Лист
Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата		7

$$S_{\text{факт}2} = I_{\text{ном}2}^2 \times (Z_p + g_{\text{пр}} + g_{\text{пер}}) = 1^2 \times (0,012 + 2,105 + 0,05) = 2,167 \text{ ВА};$$

где:

$$Z_p = 6,5 \text{ Ом};$$

$g_{\text{пр}} = 4,499 \text{ Ом}$ — фактическое сопротивление кабеля АКБРБГ — 10х6мм² от вторичной обмотки ТТ до приборов;

$S_{\text{ном}2} = 30 \text{ ВА}$ — номинальная вторичная нагрузка трансформатора тока;

$g_{\text{пер}} = 0,05 \text{ Ом}$ — переходное сопротивление контактов при двух, трех приборах и 0,1 Ом при большем числе приборов;

$I_{\text{ном}2} = 1 \text{ А}$ — номинальный ток вторичной цепи ТТ;

2. Определяем в процентном соотношении насколько будет загружена вторичная обмотка:

$$S\% = (S_{\text{факт}2}/S_{\text{ном}2}) \times 100\% = (4,499/30) \times 100\% = 14,99 \%$$

Для нормализации нагрузки трансформатора тока, требуется вторичную нагрузку трансформатора тока повысить до уровня 50 %, для этого устанавливаем догрузочные резисторы.

3. Сопротивление догрузочного резистора определяется по формуле:

$$R_{\text{догр}} = (0,5 \times S_{\text{ном}2} - S_{\text{факт}2})/I_{\text{ном}2}^2 = (0,5 \times 30 - 4,499)/1^2 = 10,50 \text{ Ом}$$

4. Выбираем догрузочный резистор 10 ВА с сопротивлением:

$$R_{\text{догр.ном}} = S_{\text{догр.ном}}/I_{\text{ном}2}^2 = 10/1^2 = 10 \text{ Ом}$$

5. Определяем в процентном соотношении насколько будет загружена вторичная обмотка:

$$S\% = (S_{\text{факт}2} + R_{\text{догр.ном}}/I_{\text{ном}2}^2) \times 100\% = (4,499+10/30) \times 100\% = 48,33 \%$$

Условие выполняется

						Лист
Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата		8

Сводная таблица догрузочных резисторов во вторичных цепях ТТ и ТН.

<i>Наименование вторичных цепей</i>	<i>Мощность резистора, ВА</i>	<i>Сопротивление резистора, Ом</i>	<i>Нагрузка вторичной обмотки, %</i>
<i>Вторичные цепи ТН</i>			
<i>Цепи до счетчика электрической энергии</i>	<i>70</i>	<i>47,619</i>	<i>54,65</i>
<i>Цепи до измерительных приборов</i>	<i>70</i>	<i>47,619</i>	<i>50</i>
<i>Цепи до устройств релейной защиты</i>	<i>100</i>	<i>33,33</i>	<i>50</i>
<i>Вторичные цепи ТТ</i>			
<i>Цепи до счетчика электрической энергии</i>	<i>10</i>	<i>10</i>	<i>60,83</i>
<i>Цепи до измерительных приборов</i>	<i>10</i>	<i>10</i>	<i>49,08</i>
<i>Цепи до устройств релейной защиты</i>	<i>10</i>	<i>10</i>	<i>48,33</i>

						<i>Лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Листы</i>	<i>№ докум</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		9