

Релейная защита и автоматизация ЭЭС

Семестр 8

Тема 2 «Расчет и выбор защит линий»

Подготовил: ст. преподаватель кафедры ЭГиПП

Непша Федор Сергеевич

сот. тел. 8-904-994-25-15

e-mail: nepshafs@gmail.com

Защита ВЛ и КЛ в сетях напряжением 3-10 кВ с изолированной нейтралью (ПУЭ п. 3.2.91 – 3.2.97)

Для защиты линий в сетях 3-10 кВ с изолированной нейтралью должны быть предусмотрены следующие виды защит:

- от многофазных замыканий (в двухфазном исполнении на 2-х или 3-х реле);
- от однофазных замыканий на землю.

Защита линий 3-10 кВ от многофазных замыканий

На одиночных линиях с односторонним питанием:

- *2-х ступенчатая ненаправленная токовая защита (1-я ступень – ТО, 2-я ступень – МТЗ). ТО не допускаются на выключателях, не рассчитанных на отключение КЗ до реактора.*
- *неселективная ТО + МТЗ (для нереактивированных КЛ с односторонним питанием от шин ЭС). В том случае если невозможно обеспечить селективную работу ТО при КЗ с остаточным напряжением на шинах $0,5-0,6 U_{\text{НОМ}}$. Обязательно дополняется АПВ или АВР.*
- *поперечную диф. защиту или продольную диф. защиту (не более 3 км). Если ТО неселективна допускается предусматривать поперечную диф. защиту или продольную диф. защиту (не более 3 км).*

Защита линий 3-10 кВ от многофазных замыканий

На одиночных линиях с двухсторонним питанием:

- 2- ступенчатая ненаправленная ТЗ;
- 2- ступенчатая направленная ТЗ;
- простейшая дистанционная защита;
- поперечная диф. защита (для сдвоенных КЛ).

Резервируется МТЗ.

- продольная диф. защита (для линий до 3 км).

Резервируется МТЗ.

Защита линий 3-10 кВ от однофазных замыканий на землю

Выполняется в виде:

- селективной защиты, действующей на сигнал (устанавливающей поврежденное направление);
- селективной защиты, действующей на отключение (устанавливающей поврежденное направление). Если это необходимо по требованиям безопасности; защита должна быть установлена на питающих элементах во всей электрически связанной сети;
- устройства контроля изоляции (УКИ). Отыскание поврежденного элемента должно осуществляться специальными устройствами. Допускается отыскание поврежденного элемента поочередным отключением присоединений.

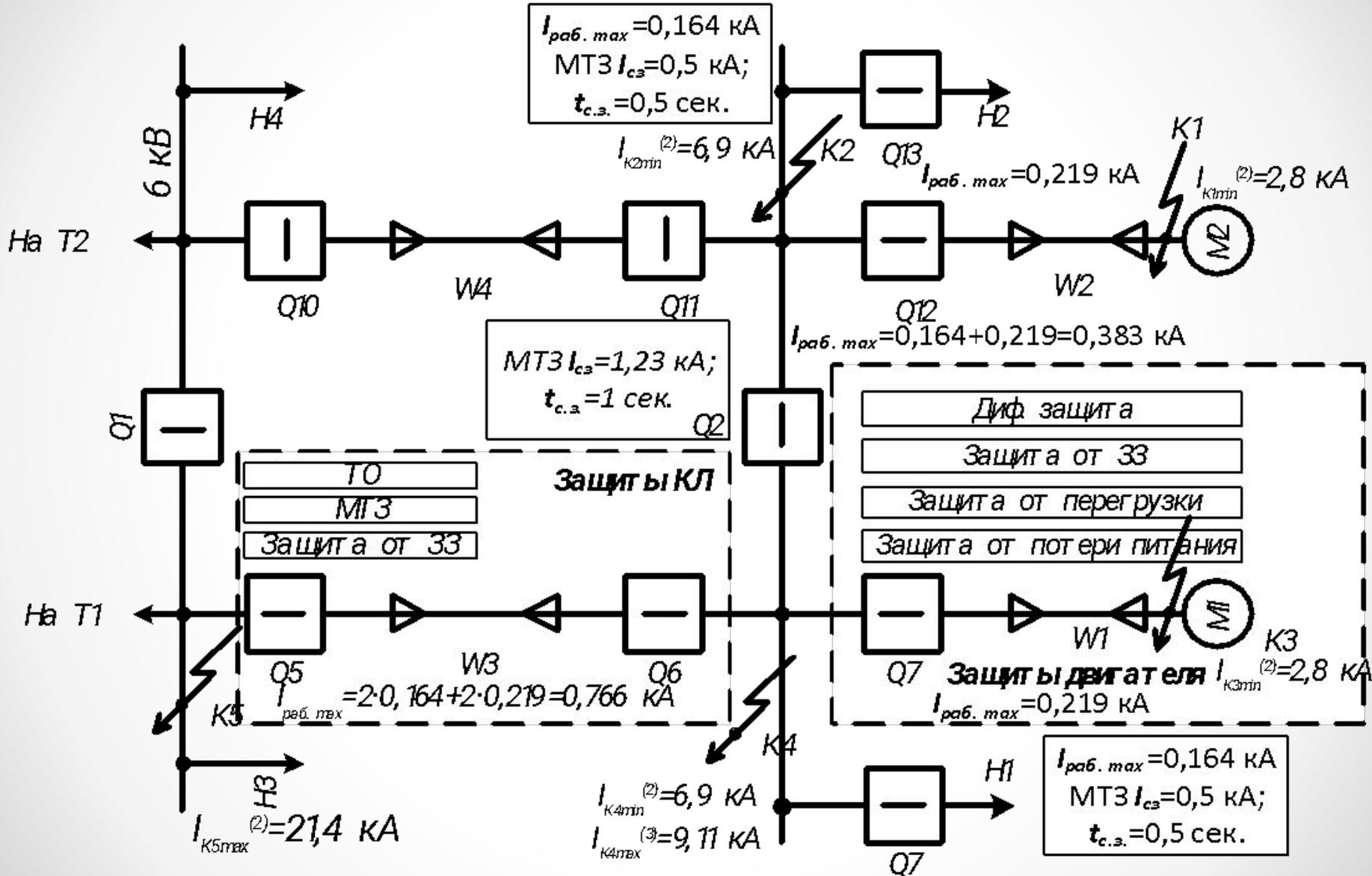
Примеры карт уставок фидеров 10 кВ

Наимен. защит	Заданные уставки			Тип реле	Тип; Ктт, тн
ФИДЕРА 10кВ					
Ф.10-3-65 (каб.)	МТО	выведено	----	РТ-40/100-2штг	ТЛМ-10 400/5-н.зв.
	МТЗ	624/7.8	1.0	РТ-40/10-2штг	
	3.3-сигн	25		УСЗ-2/2	
	АПВ	выведено	----	РПВ-58	
Ф.10-19-В (смеш.)	МТО	выведено	----	РТ-40/20-2штг	ТПШЛ-10 400/5-н.зв.
	МТЗ	344/4,3	2.0	РТ40/6-2штг РВ-132	
	3.3-сигн	25		УСЗ-2/2	
	АПВ		2,0	РПВ-01	
Ф.10-13-Ц (смеш.)	МТО	6120/76.5	0	РТ-40/100-2штг	ТЛМ-10 400/5-н.зв.
	МТЗ	1400/17.5	2.0	РТ40/20-2штг, РВ132	
	АПВ		2.0	РПВ-01	
Ф.10-14-Мз (каб.) (резерв)	МТО	выведено		РТ40/20-2штг	ТЛМ-10 400/5-н.зв.
	МТЗ	504/6.3	1.0	РТ40/10-2штг; РВ132	
	АПВ	выведено		РПВ-	
Ф.10-15-Ф (смеш.)	МТО	7000/87.5	0	РТ-40/100-2штг	ТПШЛ-10 400/5-н.зв.
	МТЗ	800/10	1.5	РТ40/20-2штг, РВ132	
	АПВ		2.0	РПВ-01	

Примеры карт уставок фидеров 10 кВ

Фидер	Защита	Уставки		Тип реле	Тип КТТ
		I_1/I_2 (А)	t (с)		
Ф10-1-НС (смеш.) ВВ/TEL	ТО	$2600/130=26I_n$	0	Micom P-126	ТОЛ СЭЩ -10 100/5 –Ун фА №23514 фС №23594
	МТЗ	$270/13,5= 2,7 I_n$	1,1		
	Ускорение МТЗ		0,3		
	ЗДЗ		0		
	УРОВ		0,3		
	АПВ		2,0 (Вывед)		
	З.З.	$1,25/0,05=$ $0,05I_n$	3,0 (сигнал)		ТЗЛМ1 №1-15435 №2-14422
Ф10-4 НС (смеш.) ВВ/TEL	ТО	$2600/130=26I_n$	0	Micom P-126	ТОЛ СЭЩ-10 100/5 –Ун фА №23545 фС №23569
	МТЗ	$270/13,5=2,7I_n$	1,1		
	Ускорение МТЗ		0,3		
	ЗДЗ		0		
	УРОВ		0,3		
	АПВ		2,0 (Вывед)		
	З.З.	$1,25/0,05=$ $0,05I_n$	3,0 (сигнал)		ТЗЛЭ-125 №1- 4108 ;№2-4120

Пример расчета защит линий 6-10 кВ



Пример расчета защит линий 6-10 кВ

Выбор тока срабатывания МТЗ МСВ-6:

1. По условию несрабатывания защиты при сверхтоках послеаварийных перегрузок:

$$I_{сз} = \frac{K_n \cdot K_{сзн}}{K_v} \cdot I_{раб \max}$$

K_n - коэффициент надежности (для РСТ-13 $K_n=1,15$)

K_v - коэффициент возврата (для РСТ-13 $K_v=0,9$)

$K_{сзн}$ - коэффициент самозапуска (принимается равной 2,5). В рамках курсового проекта величина расчетная!

$$I_{раб \max} = 0,164 + 0,219 = 0,383$$

Пример расчета защит линий 6-10 кВ

$$I_{\text{вз}}^{\text{II}} \geq \frac{1,15 \cdot 2,5}{0,9} \cdot 383 = 1223,47$$

2. По условию согласования чувствительности

$$I_{\text{сз}} \geq \frac{K_{\text{н.с.}}}{K_p} \left[\sum_1^n I_{\text{сред. max}(n)} + \sum_1^{N-n} I_{\text{раб. max}(N-n)} \right]$$

$$I_{\text{вз}}^{\text{II}} \geq \frac{1,3}{1} [500 + 219] = 934,7$$

Пример расчета защит линий 6-10 кВ

3. Ток срабатывания для аварийного режима после срабатывания устройства АПВ на фидере Н2:

$$I_{\text{вз}}^{\text{II}} \geq \frac{K_{\text{н.с.}}}{K_p} \left[k_{\text{сзн}} \cdot I_{\text{раб}}^{\text{II}} + I_{\text{раб}}^{\text{M2}} \right]$$

$$I_{\text{вз}}^{\text{II}} \geq \frac{1,3}{1} [1,7 \cdot 164 + 219] = 647,14$$

Принимается максимальный ток срабатывания по условию несрабатывания при сверхтоках аварийной перегрузки.

$$I_{\text{вз}}^{\text{II}} \geq 1223,47$$

Пример расчета защит линий 6-10 кВ

Проверка защиты по чувствительности:

1. В зоне ближнего резервирования:

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{к2.min}}^{(2)}}{I_{\text{вз}}^{\text{II}}} = \frac{6,9}{1,224} = 5,63 \geq 1,5,$$

2. В зоне дальнего резервирования:

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{к1.min}}^{(2)}}{I_{\text{вз}}^{\text{II}}} = \frac{2,8}{1,224} = 2,28 \geq 1,2,$$

МТЗ МСВ-6 соответствует требованиям п. 3.2.21 и п. 3.2.25 ПУЭ.

Пример расчета защит линий 6-10 кВ

Время срабатывания МТЗ МСВ-6 принимается на ступень селективности больше времени срабатывания МТЗ Н2:

$$t_{сз} \geq 0,5 + 0,5 = 1 \quad . \quad \underline{\text{Далее выбираются конкретные уставки реле!}}$$

Выбор тока срабатывания МТЗ W3:

1. По условию несрабатывания защиты при сверхтоках послеаварийных перегрузок:

$$I_{сз} = \frac{K_n \cdot K_{сзн}}{K_v} \cdot I_{раб \max}$$

$$I_{раб \max} = 2 \cdot 0,164 + 2 \cdot 0,219 = 0,766$$

Пример расчета защит линий 6-10 кВ

$$I_{\text{сз}}^{\text{II}} \geq \frac{1,15 \cdot 2,3}{0,9} \cdot 766 = 2251,18$$

2. По условию согласования чувствительности

$$I_{\text{сз}} \geq \frac{K_{\text{н.с.}}}{K_p} \left[\sum_1^n I_{\text{сред. max}(n)} + \sum_1^{N-n} I_{\text{раб. max}(N-n)} \right]$$

$$I_{\text{сз}}^{\text{II}} \geq \frac{1,3}{1} [1230 + 383] = 2096,9$$

Пример расчета защит линий 6-10 кВ

3. Ток срабатывания для аварийного режима после срабатывания устройства АВР на выключателе Q2:

$$I_{\text{ВВ } 3}^{\text{II}} \geq \frac{K_{\text{н.с.}}}{K_p} \left[k_{\text{сзн}} \cdot I_{\text{раб Max Q2}} + I_{\text{раб Max}} + I_{\text{раб}} \right]$$

$$I_{\text{ВВ } 3}^{\text{II}} \geq \frac{1,3}{1} [2,5 \cdot 383 + 164 + 219] = 1742,65$$

Принимается максимальный ток срабатывания по условию несрабатывания при сверхтоках аварийной перегрузки.

$$I_{\text{ВВ } 3}^{\text{II}} \geq 2251,18$$

Пример расчета защит линий 6-10 кВ

Проверка защиты по чувствительности:

1. В зоне ближнего резервирования:

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{к2.min}}^{(2)}}{I_{\text{ВВ 3}}^{\text{II}}} = \frac{6,9}{2,252} = 3,06 \geq 1,5,$$

2. В зоне дальнего резервирования:

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{к1.min}}^{(2)}}{I_{\text{ВВ 3}}^{\text{II}}} = \frac{2,8}{2,252} = 1,24 \geq 1,2,$$

МТЗ Q5 соответствует требованиям п. 3.2.21 и п. 3.2.25 ПУЭ.

Пример расчета защит линий 6-10 кВ

Время срабатывания МТЗ Q5 принимается на ступень селективности больше времени срабатывания МТЗ Q2 МСВ-6:

$$t_{ср5} \geq 1 + 0,5 = 1,5 \quad . \quad \text{Далее рассчитывается ток срабатывания реле и выбираются конкретные уставки реле!}$$

Выбор тока срабатывания МТО W3:

По условию селективности ток срабатывания отсечки выбирается по выражению

$$K_{сзW3}^k I_n \geq \frac{(3)}{K_{зmax}} = 1,2 \cdot 9110 = 10932$$

Далее выбираются конкретные уставки реле!

Пример расчета защит линий 6-10 кВ

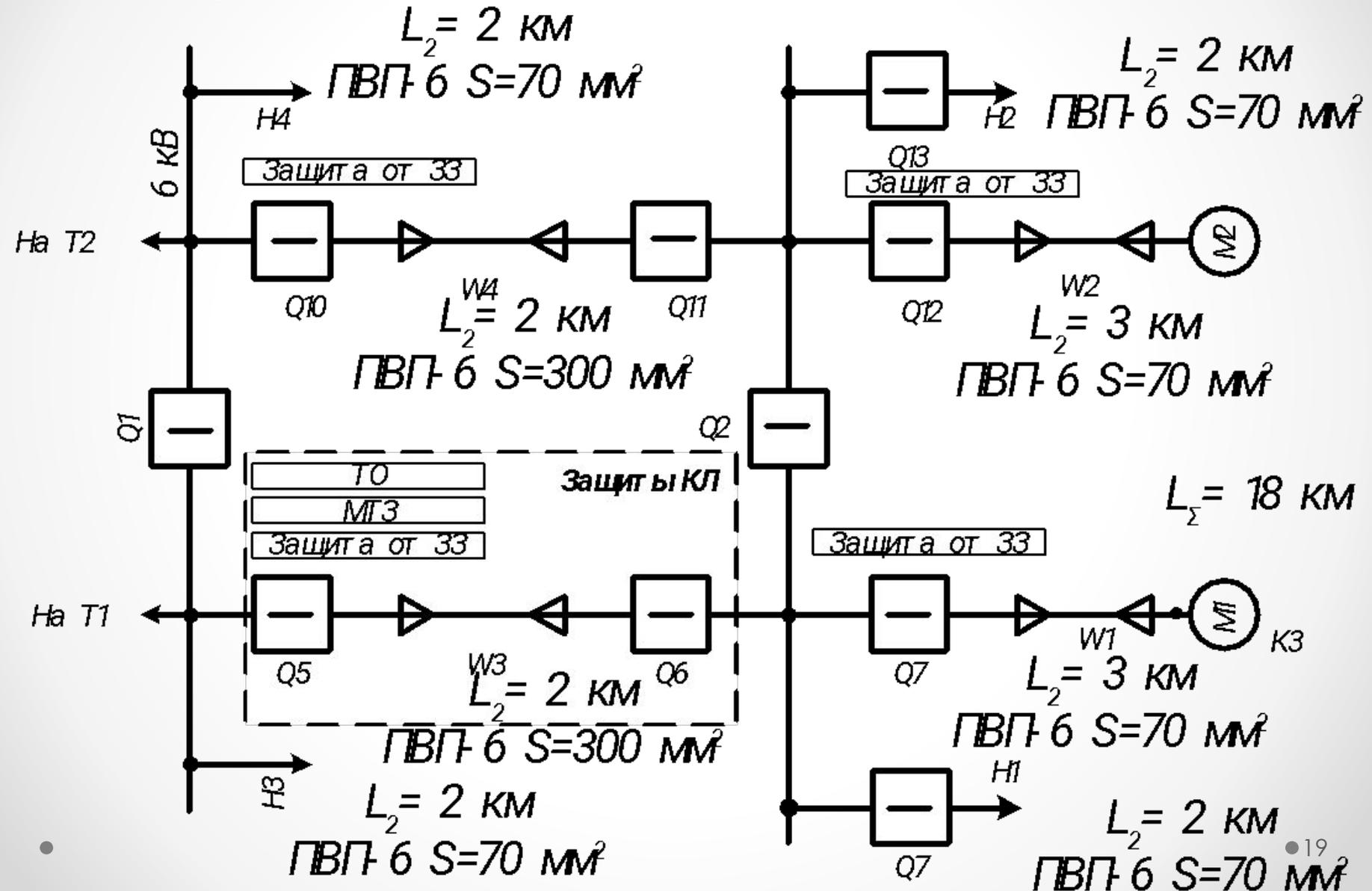
Проверка чувствительности в конце линии W3:

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{кз min}}^{(2)}}{I_{\text{co}}} = \frac{21400}{10932} = 1,95$$

Защита имеет чувствительность более 1,2 в месте установки защиты в наиболее благоприятном по условию режиме, следовательно, защита удовлетворяет требования п. 3.2.26 ПУЭ.

Пример расчета защит линий 6-10 кВ

Выбор защиты от ЗЗ:



Пример расчета защит линий 6-10 кВ

1. Расчет собственных емкостных токов линий

$$I_{\epsilon} = I_{\epsilon_0} l m$$

где I_{ϵ_0} — собственный емкостный ток единицы длины линии, А/км, ; l — длина линии, км; m — число проводов (кабелей) в фазе линии
(например, если двигатель подключен через 2 КЛ)

Собственный емкостный ток присоединений ВЛ W1 – W2 также складывается из емкостного тока подключенных двигателей. Собственный емкостный ток двигателей M1, M2 определяется формуле:

$$C_{\text{д}} = \frac{0,0187 \cdot 2,196 \cdot 10^{-6}}{1,2 \cdot \sqrt{6(1 + 0,08 \cdot 6)}} = 1,15 \cdot 10^{-8} \Phi$$

Пример расчета защит линий 6-10 кВ

$$I_{\text{САД}} = \frac{2\pi f 3C_{\text{АД}} U_{\text{НОМ}}}{\sqrt{3}} = \frac{2\pi \cdot 50 \cdot 3 \cdot 1,15 \cdot 10^{-8} \cdot 6000}{\sqrt{3}} = 0,0375 \text{ A}$$

Собственный емкостный ток ВЛ W1, W2

$$I_{\text{COW1}} = I_{\text{COW2}} = I_{\text{C}} \cdot 1 + I_{\text{1}} = 0,8 \cdot 3 \cdot 1 + 0,0375 = 2,4375$$

Собственный емкостный ток ВЛ Н1, Н2, Н3, Н4

$$I_{\text{Н1}} = I_{\text{Н2}} = I_{\text{Н3}} = I_{\text{Н4}} = 0,8 \cdot 2 \cdot 1 = 1,6 \text{ A}$$

Собственный емкостный ток ВЛ W3, W4

(учета токов гальванически связанных элементов)

$$I_{\text{COW3}} = I_{\text{COW4}} = 1,45 \cdot 2 \cdot 1 = 2,9 \text{ A}$$

Пример расчета защит линий 6-10 кВ

Собственный емкостный ток ВЛ W3, W4 в нормальном режиме (Q1, Q2 отключены)

$$I_{\text{св}}^{\text{норм}} = \bar{C}_W I_{\text{норм}} + \bar{C}_W I_{\text{л}3} + \overset{+}{C}_W I_{1\text{CH}} + \overset{+}{C}_W I_{1\text{CH}} = 2,9 + 2,4375 + 1,6 = 5,6375$$

Собственный емкостный ток ВЛ W3, W4 в ремонтном режиме (Q2 включен). Необходимо для отстройки ненаправленной защиты от ЗЗ ВЛ W3 и W4.

$$I_{\text{св}}^{\text{рем}} = \bar{C}_W I_{\text{рем}4} + \bar{C}_W I_{\text{л}3} + \overset{+}{C}_W I_{1\text{CH}} + \overset{+}{C}_W I_{2\text{CH}} + \overset{+}{C}_W I_{1\text{CH}} + \overset{+}{C}_W I_{2\text{CH}} =$$

$$= 2 \cdot 2,4375 + 2 \cdot 1,6 + 2,9 = 10,975 \text{ A}$$

Пример расчета защит линий 6-10 кВ

Суммарный емкостный ток сети

- в нормальном режиме (Q1, Q2 отключены):

$$I_{\text{корм}} = I_{\text{св}}_{л3} + I_{\text{св}}_1 + I_{\text{сн}}_1 + I_{\text{сн}}_3 = 2,9 + 2,4375 + 1,6 + 1,6 = 8,5375$$

- в ремонтном режиме (при ремонте Т-2) – макс. значение.:

$$I_{\text{корм}} = 2 \cdot (I_{\text{св}}_{л3} + I_{\text{св}}_1 + I_{\text{сн}}_1 + I_{\text{сн}}_3) = 2 \cdot (2,9 + 2,4375 + 1,6 + 1,6) = 17,075$$

Мероприятия по компенсации тока ЗЗ не требуются.

- в ремонтном режиме (при выводе в ремонт Н-1) – мин. значение.:

$$I_{\text{корм}} = I_{\text{св}}_{л3} + I_{\text{св}}_1 + I_{\text{сн}}_3 = 2,9 + 2,4375 + 1,6 = 6,9375$$

*При расчете защиты режим с откл. Н-3 для проверки не используется. т.к. вне зависимости от способа построения (направленная, ненаправленная).

• защита будет иметь нулевую чувствительность при отключении НЗ.

Пример расчета защит линий 6-10 кВ

Расчет тока срабатывания ненаправленной МТЗ:

$$I_{сзрасч} \geq 1,2 \cdot 2,5 \cdot 10,975 = 32,925$$

Ток срабатывания больше допустимого для сети 6 кВ (30 А), что не удовлетворяет требованиям ПУЭ п. 1.2.16.

Следовательно ненаправленная защита от ЗЗ не применима.

Чувствительность ненаправленной защиты от замыканий на землю:

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{фид}} - I_{\text{смакс.}}}{I_{\text{в.расч}}} = \frac{6,9375 - 5,3375}{32,925} = 0,049;$$

Пример расчета защит линий 6-10 кВ

Так как ненаправленная защита от ЗЗ (РТЗ-51) нечувствительна, необходимо применить направленную защиту на реле типа ЗЗП-1М:

$$I_{с.з.} \leq \frac{I_{\text{фид. макс}} - I_{с.}}{I_{в.расч}} = \frac{6,9375 - 5,3375}{2} = 0,8 \text{ A} \Rightarrow 0,5$$

Чувствительность защиты проверяется при принятом значении с учетом 30% разброса, имеющего место в защите, по условию

$$K_{\text{ч}} = \frac{6,9375 - 5,3375}{1,3 \cdot 0,5} = 2,46 \geq 2;$$

Пример расчета защит линий 6-10 кВ

(Расчет общей неселективной защиты напряжения НП)

В соответствии с п. 3.2.97 ПУЭ селективная защита от ЗЗ по требованиям безопасности должна резервироваться неселективной защитой с выдержкой 0,5 сек.

Первичное напряжение этой защиты выбирается из 2-х условий:

1. Отстройки от максимального напряжения небаланса $U_{0нб \max}$ ФННП, обусловленного несимметрией нагрузки и других элементов ТН и несимметрией емкостей фаз сети на землю:

$$K_{отс} U_{нб \max} \cdot 0, \quad (1)$$

где $K_{отс}$ - коэффициент отстройки, учитывающий погрешности расчета реле и необходимый запас (принимается равным 1,2);

Пример расчета защит линий 6-10 кВ

(Расчет общей неселективной защиты напряжения НП)

2. Отстройки от максимального напряжения $U_{0н(с)max}$ появляющегося в сети низшего (среднего) напряжения при КЗ на землю или ОЗЗ в сети высшего (среднего) напряжения:

$$K_{отс} U_{н(с)max} \geq U_{0н(с)max} \quad (2)$$

$K_{отс}$ как и в (1), можно принять равным 1,2.

Расчетное напряжение небаланса в (1) можно определить как сумму двух составляющих:

$$U_{0нбmaxФННП} = |U_{0нбmax}| + |U_{Nmax}|, \quad (3)$$

где $U_{0нбmaxФННП}$ - составляющая напряжения небаланса, обусловленная погрешностями ФННП; U_{Nmax} - смещение нейтрали сети, обусловленное несимметрией емкостей фаз сети на землю.

Пример расчета защит линий 6-10 кВ

(Расчет общей неселективной защиты напряжения НП)

Напряжение небаланса ФННП можно определить из выражения:

$$U_{\text{ФННП}} \approx \frac{U_{\text{ф.ном.}} \cdot f_U}{2},$$

где f_U - погрешность ТН (можно принять, что во всех режимах работы ТН погрешность соответствует классу 3, т.е. $f_U = 0,03$).

Для сети с изолированной нейтралью напряжение смещения нейтрали можно определить по выражению

$$U_{\text{Нес}} \approx \frac{U_{\text{ф.ном.}} \cdot \alpha \left(C_{0A} + a^2 C_{0B} + C_{0C} \right)}{3C_{0\Sigma}} = \alpha U_{\text{ф.ном.}},$$

где $\alpha_{\text{нес}}$ определяет степень ёмкостной несимметрии сети (для КЛ равно 0, в ВЛ $\alpha_{\text{нес}} = 0,005-0,02$).

Пример расчета защит линий 6-10 кВ

(Расчет общей неселективной защиты напряжения НП)

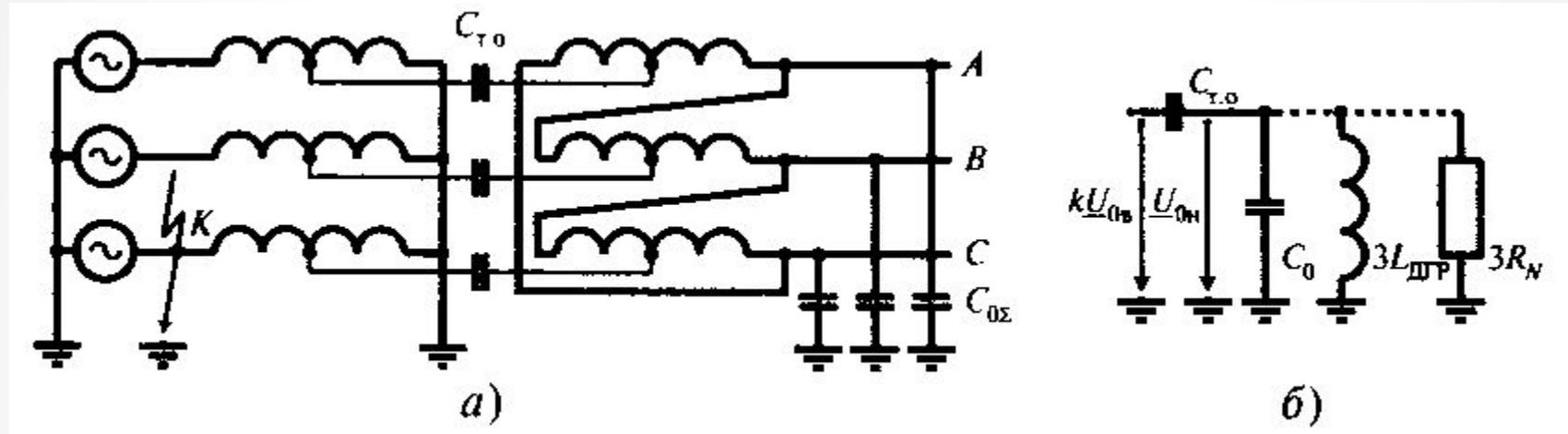


Рис. 2. Возникновение напряжения НП $U_{0Н}$ в сети низшего напряжения при КЗ на землю или ОЗЗ в сети высшего напряжения за счет емкостной связи между обмотками силового трансформатора: а-поясняющая схема; б-упрощенная схема замещения НП.

Пример расчета защит линий 6-10 кВ

(Расчет общей неселективной защиты напряжения НП)

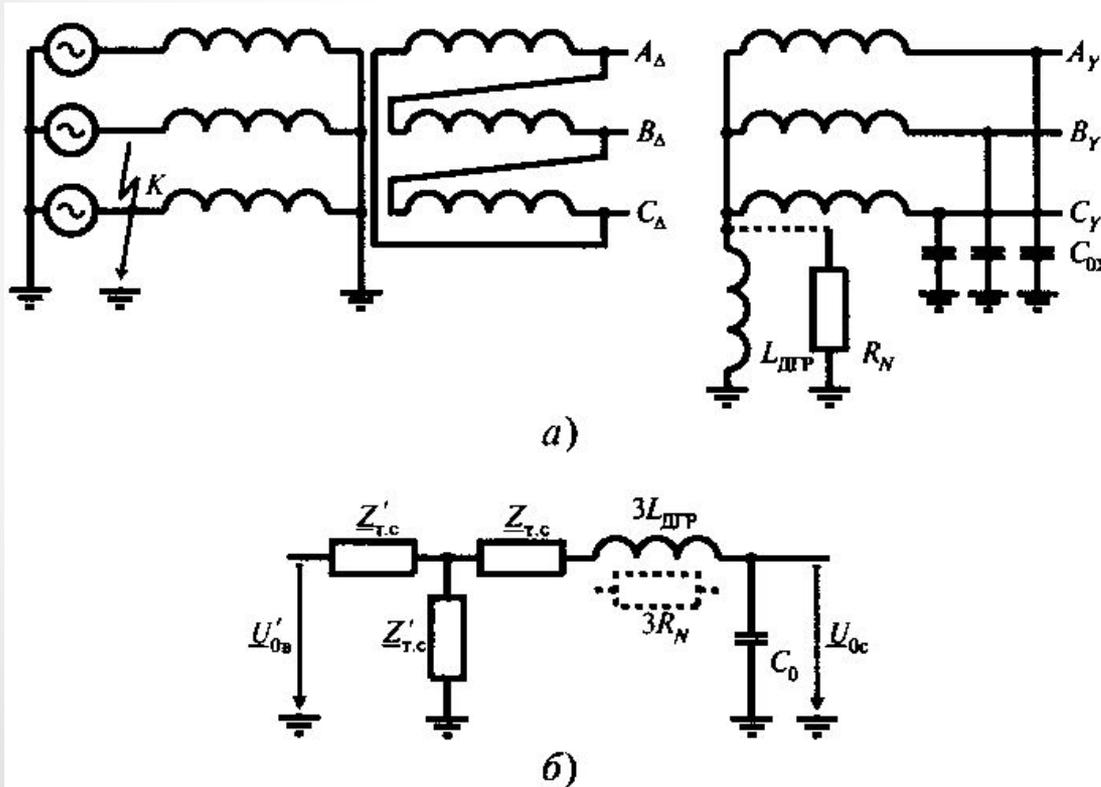


Рис. 3. Возникновение напряжения $U_{0н}$ в сети низшего напряжения при КЗ на землю или ОЗЗ в сети высшего напряжения при двухстороннем заземлении нейтралей силового трансформатора:
а - поясняющая схема;
б - упрощенная схема замещения НП.

Пример расчета защит линий 6-10 кВ

(Расчет общей неселективной защиты напряжения НП)

При изолированной нейтрали сети $U_{0Н}$ равно:

$$U_{0Н} = \frac{kU_{0в \text{ т.о.}}}{C_{\text{т.о.}} + C_{0\Sigma}},$$

где $U_{0в}$ - напряжение НП со стороны высшего напряжения при КЗ на землю или ОЗЗ; $k < 1$ - коэффициент, учитывающий распределение $U_{0в}$ вдоль обмотки трансформатора с заземленной нейтралью (при изолированной нейтрали силового трансформатора $k=1$); $C_{\text{т.о.}}$ - емкость между обмотками трансформатора.

Обычно $C_{\text{т.о.}} \ll C_{0\Sigma}$ и $U_{0Н}$ не превосходит нескольких процентов $U_{\text{фном}}$ стороны высшего напряжения.

Пример расчета защит линий 6-10 кВ

(Расчет общей неселективной защиты напряжения НП)

Практически напряжение срабатывания $U_{0с.з}$ без расчетов по (1) и (2) часто принимают равным $0,15U_{ф.ном}$ (что при использовании максимального реле напряжения типа РН-53/60Д соответствует минимально возможному для данного реле напряжению $U_{с.р. min} = 15$ В), а выдержку времени равной 9 с.

$$t_{срез. max с.з.} \geq t_{с.з.} + \Delta t,$$

Время срабатывания защиты выбирается из условия отстройки от основных селективных защит от ОЗЗ:

$$t_{с.з. осн.} \geq t_{с.з.} + \Delta t,$$

- где $t_{с.з. осн.} \approx 0,1$ с; $\Delta t \approx 0,5$ с

Защита ВЛ и КЛ в сетях напряжением 20-35 кВ с изолированной нейтралью (ПУЭ п. 3.2.98 – 3.2.105)

Для линий в сетях 20 и 35 кВ с изолированной нейтралью должны быть предусмотрены:

- *защита от многофазных замыканий* (в 2-х фазном 2-х релейном исполнении, для повышения чувствительности допускается 3-х релейное исполнение);
- *от однофазных замыканий на землю.* (Как правило, с действием на сигнал. Допускается использовать УКИ)

При выборе защит учитывается *требование обеспечения устойчивости работы энергосистемы и потребителя.*

Защита линий 20-35 кВ от многофазных замыканий

На одиночных линиях с односторонним питанием:

- ступенчатые защиты тока;
- ступенчатые защиты тока и напряжения;
- дистанционная ступенчатая защита преимущественно с пуском по току (в качестве дополнения рекомендуется ТО);
- Неселективные ступенчатые защиты тока и напряжения в сочетании с АПВ.

Защита линий 20-35 кВ от многофазных замыканий

На одиночных линиях, имеющих питание с двух или более сторон:

– те же защиты, что и для линий с односторонним питанием (при необходимости делаются направленными)

На коротких линиях с 2-х сторонним питанием (когда необходимо быстрое действие):

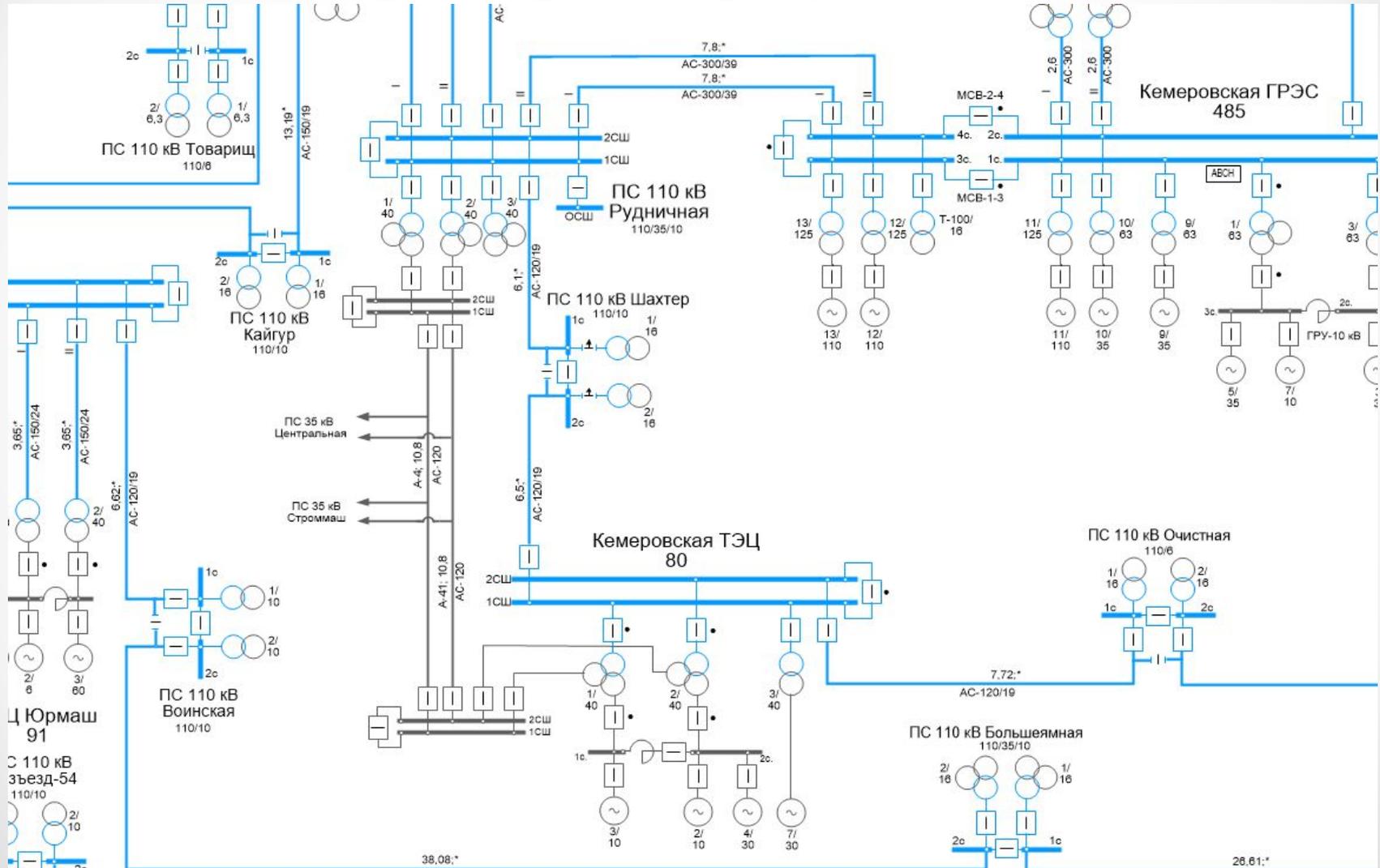
– продольная дифференциальная защита (для линий не более 4 км). В качестве резерва применяется ДЗ или МТЗ.

На параллельных линиях, имеющих питание с двух или более сторон, а также на питающем конце параллельных линий

– те же защиты, что и на одиночных линиях;

– для ускорения может быть применена защита с контролем направления мощности в параллельной линии (в виде поперечной диф. Защиты или цепи ускорения МТЗ и ДЗ).

Примеры карт уставок



Примеры карт уставок линий 35 кВ

ВЛ-35 кВ			С-4	С-41	А-4	А-41
			ПЗ-4/2			
ДЗ	1 ступень	Z (Ом/ф)	2,3/0,78	2,3/0,78	3,8/1,3	3,8/1,3
		t (с)	0	0	0	0
		Z _{y min} (Ом/ф)	0,3	0,3	0,3	0,3
	N (вит.)	30	35	25	25	
	Направленность	ненапр.	ненапр.	напр.	напр.	
	2 ступень	Z (Ом/ф)	4/1,37	4/1,37	7/2,4	7/2,4
		t (с)	1	1	0,6	0,6
		Z _{y min} (Ом/ф)	0,3	0,3	0,3	0,3
	N (вит.)	25	25	10	10	
Направленность	ненапр.	ненапр.	напр.	напр.		
3 ступень	Z (Ом/ф)	18/6,17	18/6,17	26,5/9,1	26,5/9,1	
	t (с)	3,2	3,2	* 17,6/6,0	* 17,6/6,0	
	Z _{y min} (Ом/ф)	1	1	3	3	
N (вит.)	15	10	1	1		
Ускорение	введено	введено	10 (*15)	10 (*15)		
Направленность	ненапр.	ненапр.	напр.	напр.		

Примеры карт уставок линий 35 кВ

PTo	I_{CP} (A)	0,5	0,5	0,5	0,5
TO (КЗ-11)	I_{CP} (A)	4152/34,6	4152/34,6	4500/37,5	4500/37,5
	t (с)	0	0	0	0
ТЗОП (РТФ-1М)	I_{CP} (A)	190/1,58	190/1,58	-	-
	t (с)	3,2	3,2	-	-
АПВ	t (с)	1	1	1	1
	Реле	РПВ-58	РПВ-58	РПВ-258	РПВ-258
		2 цикл выведен			
ТН	ЗНОМ-35	35000/100/100/ $\sqrt{3}$			
ТТ	ТВ-35 (600+1500)	600/5 – У (защита)	600/5 – У защита)	600/5 – У (защита)	600/5 – У (защита)
		200/5 – У н (учет, изм.)	300/5 – У н (учет, изм.)	400/5 – У н (учет, изм.)	400/5 – У н (учет, изм.)
			ТФНД-35	ТФЗМ-35Б	

ВЛ-35 кВ "А-50"				
Защита	Уставки		Тип реле	Тип Ктт
	I_1/I_2 (A), U (B)	t (с)		
ТО	2808/46,8	0	КЗ-13	ТВ-35 300/5 – У (защита, измерение)
МТЗ	450/7,5	3,2		
АПВ		1	РПВ-58	

Защита ВЛ в сетях напряжением 110-500 кВ с эффективно заземленной нейтралью (ПУЭ п. 3.2.106 – 3.2.118)

Должны быть предусмотрены:

- *защита от многофазных замыканий;*
- *от замыканий на землю*

Защиты должны быть оборудованы блокировкой от качаний (если в сети возможны качания или асинхронный ход). Допускается выполнение защит без блокировки, если защиты отстроены по времени (1,5 – 2 сек.).

При выборе защит учитывается *требование обеспечения устойчивости работы энергосистемы и потребителя.*

Условия быстродействия (п. 3.108-3.109)

Для линий 330 кВ и выше в качестве основной должна быть предусмотрена защита, действующая без замедления при КЗ в любой точке защищаемого участка.

Для линий напряжением 110-220 кВ вопрос о типе основной защиты решается с учетом требования сохранения устойчивости работы энергосистемы.

При отсутствии более жестких требований, требование по устойчивости удовлетворяется, если $K^{(3)}$, при которых $U_{ост} < 0,6-0,7U_{ном}$, отключаются без выдержки времени. Меньшее значение $U_{ном}$ допускается для менее ответственных линий 110-220 кВ.

Условия быстродействия (п. 3.108-3.109)

При выборе типа защит, устанавливаемых на линиях 110-220 кВ дополнительно нужно учесть следующее:

1. На линиях 110 кВ и выше, отходящих от АЭС, а также на всех элементах прилегающей сети, на которых при многофазных КЗ остаточное напряжение прямой последовательности на стороне высшего напряжения блоков АЭС может снижаться более чем до $0,45U_{\text{ном}}$, следует обеспечивать резервирование быстродействующих защит с выдержкой времени, не превышающей 1,5 с. с учетом действия УРОВ.

Условия быстродействия (п. 3.108-3.109)

2. Повреждения, отключение которых с выдержкой времени может привести к нарушению работы ответственных потребителей, должны отключаться без выдержки времени.

3. При необходимости осуществления быстродействующего АПВ на линии должна быть установлена быстродействующая защита, обеспечивающая отключение поврежденной линии без выдержки времени с обеих сторон.

4. При отключении с выдержкой времени повреждений с токами, в несколько раз превосходящими номинальный, возможен недопустимый перегрев проводников.

Защита одиночных линий с односторонним питанием

От многофазных КЗ:

- *ступенчатые токовые защиты или ступенчатые защиты тока и напряжения.*
- *ступенчатая дистанционная защита (если чувствительность и быстрота токовых защит недостаточна). В качестве дополнения рекомендуется ТО.*

От замыканий на землю:

- *ступенчатая токовая направленная защита нулевой последовательности (ТНЗНП);*
- *ступенчатая ненаправленная защита нулевой последовательности (ТЗНП).*

Для линий, состоящих из нескольких последовательных участков, с целью упрощения допускается использование неселективных ступенчатых защит тока и напряжения и ступенчатых ТЗНП в сочетании с устройствами поочередного АПВ.

Защита одиночных линий, имеющих питание с двух или более сторон

От многофазных КЗ:

- *Дистанционная защита (преимущественно трехступенчатая)*, используется в качестве резервной или основной (только на линиях 110-220 кВ если нет доп. требований по быстродействию). Может дополняться ТО (в качестве доп. защиты или для отключения 3-х ф. закоротки в месте установки защиты)

От замыканий на землю:

- *ступенчатая токовая направленная защита нулевой последовательности (ТНЗНП);*
- *ступенчатая ненаправленная защита нулевой последовательности (ТЗНП).*

Защита параллельных линий, имеющих питание с двух или более сторон и параллельных линий с односторонним питанием (на пит. конце)

От многофазных КЗ:

- те же защиты, что и на соответствующих одиночных линиях
- для ускорения защит может применяться доп. защита с контролем направления мощности в параллельной линии. Может выполняться в виде отдельной поперечной токовой защиты или только в виде цепи ускорения.
- на приемном конце предусматривается поперечная диф. защита.

От замыканий на землю:

- ступенчатая токовая направленная защита нулевой последовательности (ТНЗНП);
- ступенчатая ненаправленная защита нулевой последовательности (ТЗНП).

Защита вышеуказанных линий, если не выполняется требование по быстрдействию

В качестве основных защит предусматриваются:

- *высокочастотные защиты (НВЧЗ или ДФЗ)*
- *продольные дифференциальные защиты.*

Для линий 110-220 кВ рекомендуется осуществлять основную защиту с использованием ВЧ-блокировки ДЗ и ТНЗНП, когда это целесообразно по условиям чувствительности (например, на линиях с ответвлениями) или упрощения защиты.

Защита вышеуказанных линий, если не выполняется требование по быстродействию

В качестве резервных защит следует применять:

- от многофазных КЗ, как правило, *дистанционные защиты, преимущественно трехступенчатые;*
- от замыканий на землю *ступенчатые токовые направленные или ненаправленные защиты нулевой последовательности.*

На случай длительного выведения из действия основной защиты, допускается предусматривать неселективное ускорение резервной защиты от замыканий между фазами (например, с контролем значения напряжения прямой последовательности).

Условия применения ОАПВ

Устройства РЗ должны быть выполнены так, чтобы:

- 1) при замыканиях на землю одной фазы, а в отдельных случаях и при замыканиях между двумя фазами было обеспечено отключение только одной фазы (с последующим ее автоматическим повторным включением);
- 2) при неуспешном повторном включении на повреждения, указанные в п. 1, производилось отключение одной или трех фаз в зависимости от того, предусматривается длительный неполнофазный режим работы линии или не предусматривается;
- 3) при других видах повреждения защита действовала на отключение трех фаз.

Примеры карт уставок ВЛ 110 кВ

ВВОД 110 кВ Алгаин - Кондомская																		
Основной комплект		(ЭПЗ – 1636-67/2)																
Наименование защиты		Уставки		Тип реле	K _{гт} , K _{гн}	Наименование защиты		Уставки		Тип реле	K _{гт} , K _{гн}							
Дистанционная защита.	1 зона	Z (Ом)	13,7/ 0,99		ДЗ –2	400/5	Земляная защита	1 ступень (направленная)	I (А)	1740/21,75		400/5						
		Г (сек)	0					T(сек)	0,3									
		Tx (Ом/фазу)	0,5					2 ступень (направленная)	I (А)	770 /9,6								
		φ _{м.ч.} (град)	65					T(сек)	1,2									
	2 зона	Z (Ом)	25,5/ 1,85		ДЗ –2			110/0,1	Земляная защита	3 ступень (направленная)	I (А)		380 / 4,75		110/0,1			
		T (сек)	1,3							T(сек)	3,5							
		Tx (Ом/фазу)	0,5							4 ступень (направленная)	I (А)		220 / 2,75					
		φ _{м.ч.} (град)	65							T(сек)	5,5							
	3 зона	Z (Ом)	70/ 5,09		КРС - 1					110/0,1	Земляная защита		Оперативное ускор. 33	-		110/0,1		
		T (сек)	2,8										Автомат.ускор. 3 ст.33	0,3 сек				
		Tx (Ом/фазу)	1										Отсечка	I (А)			отключена	
		φ _{м.ч.} (град)	65										T(сек)	-				
	X-ка сработать в круговая, смещен.в III кв. на 6 %.																	
Оперативное ускорение ДЗ		отключено																
Автоматическое ускорение Шз. ДЗ		0 сек																
Блокировка от качаний типа КРБ – 126	I ₂ (А)		0,5		Блокировка отключ. в 1 и 2 зонах	400/5-Y	Земляная защита					А П В	Контроль "U"	+U _ш				
	3 I ₀ (А)		-									T(сек)	2,4					
	t _{ноз} (сек)		9					Ток допустимый по РЗ	А			195						
	1.Задание от 04.02.98 г. 2.с/з 1.4/05.2/452 от 23.01.12г 3. ОУ от 14.08.2012г(АПВ)																	

Дополнительный комплект					1.с/з 1.4/05.2/452 от 23.01.12г 2.ОУ от 14.08.2012г(АПВ)				
Наименование защиты		Уставки		Тип реле	K _{гт}				
Токовая отсечка		I (А), t (сек)		Отключено	РТ-40/10				
М Т З (направлен)		I (А), t (сек)		420/5,25 5,5	РТ-40/10				
Земл. защита	1ст. направ	I (А), t (сек)		770/9,6 1,2	РТ-40/20				
	2ст. направ	I (А), t (сек)		380/4,75 3,5	РТ-40/10				
	3ст. направ	I (А), t (сек)		220/2,75 5,5	РТ-40/10				
АПВ		t (сек)		2,4		РПВ-58			

Примеры карт уставок ВЛ 110 кВ

ЗАЩИЩАЕМЫЙ ОБЪЕКТ	НАИМЕНОВАНИЕ ЗАЩИТ		ВЫПОЛНЕННЫЕ УСТАВКИ		ТИП РЕЛЕ	КТТ	$I_{\text{доп.сб.РЗ}}$ (А)
ВЛ –110 кВ Шерегеш – 1	МФО с блокировкой по миним. напряжению	I (А), t (сек)	824 / 10,3	0	РТ-40/20	400/5-Т	264
		$U_{\text{сб}}$ (В)	52250 / 47,5		РН-54/160		
		$3 U_0$ (В)	38150 / 60		РН-53/60		
	МТЗ	I (А), t (сек)	464 / 5,8	3,4	РТ-40/10		
		Земляная защита	I (А), t (сек)	216 / 2,7	0		
			W (витки)	22			
АПВ	T_1 (сек)/ T_2 (сек)	1,6		РПВ-258/0,5			
ВЛ –110 кВ Шерегеш – 2	МФО с блокировкой по миним. напряжению	I (А), t (сек)	824 / 10,3	0	РТ-40/20	400/5-Т	264
		$U_{\text{сб}}$ (В)	52250 / 47,5		РН-54/160		
		$3 U_0$ (В)	38150 / 60		РН-53/60		
	МТЗ	I (А), t (сек)	464 / 5,8	3,4	РТ-40/10		
		Земляная защита	I (А), t (сек)	216 / 2,7	0		
			W (витки)	22			
АПВ	T_1 (сек)/ T_2 (сек)	2,6		РПВ-258/0,5			
ВЛ-110 кВ Таштагол – 1	МФО с блокировкой по миним. напряжению	I (А), t (сек)	1000 / 12,5	0	РТ-40/20	400/5-Т	205
		$U_{\text{сб}}$ (В)	31000 / 28		РН-54/60-Д		
		$3 U_0$ (В)	44509 / 70		РН-54/160		
	МТЗ	I (А), t (сек)	360 / 4,5	3,4	КЗ-13		
		Земляная защита	I (А), t (сек)	400 / 5	0		
	АПВ		T (сек)	1,8			
ВЛ-110 кВ Таштагол – 2	МФО с блокировкой по миним. напряжению	I (А), t (сек)	1000 / 12,5	0	РТ-40/20	400/5-Т	205
		$U_{\text{сб}}$ (В)	31000 / 28		РН-54/60-Д		
		$3 U_0$ (В)	44509 / 70		РН-54/160		
	МТЗ	I (А), t (сек)	360 / 4,5	3,4	КЗ-13		
		Земляная защита	I (А), t (сек)	400 / 5	0		
	АПВ		T (сек)	2,2			

Примеры карт уставок ВЛ 110 кВ

Ввод 110-БГРЭС-1										
ТН: НКФ-110 000/100		ТТ: ТНДМ-110 – 1000/5		5А –100в =220В		ПДЭ-2802 Пост ПВЗД-90М1				
Наименование защиты	Реле	Устройство	Уставка	Первичное	Вторичное (отн.ед)	Вторичное (имен. ед.)	Т сек	Доп Нагр		
НВЧЗ	Реле тока	Блокирующее КА1	$I_{2\text{бл}}$	15 А	0.075	0.375 А				
		Отключающее КА2	I_2 откл.	30 А	0.150	0.75 А				
	Реле напряжения	Блокирующее KV1	$U_{2\text{бл}}$				2.0 В			
		Отключающее KV2	$U_{\text{откл}}$				4.0 В			
	Реле тока с торможением	Отключающее КА3	$I_{2\text{откл}}$			-				
		Пусковые	KB2	$I_{2\text{пуск}}$	15 А	0.075	0.375 А			
			KB1	Приращение I			0.3-0.6	1.5 - 3		
	Реле сопротивления	Блокирующее KZ1	Zсраб		16.5		3.0 Ом			
			Смещ. В I кв. (%)				10.0 %			
			Фмч (град)					255°		
		Отключающее KZ2	Zсраб			8.25		1.5 Ом		
			Фмч (град)					75°		
			Т ввода						0.4с	
			Т возвр. Блокир.						9с	
	Дополнительные реле	Сопротивления KL3, KL4	Zсраб (ом)		-					
			Смещ. В III кв.(%)щ							
		Тока KAN1	I_0 (А)			-				
	Пуск передатчика от КИН				Включен					
	Продление пуска телеотключения								0.1с	
	Частота приёмо-передатчика								158кГц	

69

Примеры карт уставок ВЛ 110 кВ

ПС БЕЛОВСКАЯ-110								
Ввод 110 БГРЭС-1,2								
ТТ=1000/5		ТН=110 000/100			5А ~100в =220В		ЩДЭ-2801	
Основной комплект								
Дистанционная защита		Первичное	Вторичное	Zуст min Ом/ф	Время срабатывания сек	Временные параметры	Значение параметра	
	I ступень ДЗ	3.828	0.696	0.5	0.05	Действие без выдержки	Отключено	
						Действие с выдержкой	Включено	
						Продл. откл. импульса Iст от Пет	Включено	
	II ступень ДЗ	12.9	2.345	0.5	0.9	Действие с меньшей выдержкой	Отключено	Наклон боковой стороны в/а=0.3
						Действие с большей выдержкой	Включено	
Автоматическое ускорение				T ввода =1.0		Включено		
III ступень ДЗ	66	12	1	3.0			Наклон боковой стороны = 35 град	
<p>С оперативного ускорения = -- сек. Блокировка при неисправности цепей напряжения ВКЛЮЧЕНА</p>								
Блокировка при качаниях	Ток срабатывания чувствительного органа			0.4а		I и II ступени с меньшей выдержкой времени, оперативное ускорение II ступени контролируется МЕДЛЕННОДЕЙСТВУЮЩИМ каналом блокировки III ступень НЕ КОНТРОЛИРУЕТСЯ медленнодействующим каналом блокировки. Ускоренный возврат блокировки при отключении выключателя ОТКЛЮЧЕН		
	Время ввода быстродействующих ступеней ДЗ				0.6сек.			
	Время ввода медленно действующих ступеней ДЗ (время повторной готовности)				9сек.			
	Время ввода быстродействующих ступеней ДЗ от грубого органа				0.6сек.			

Примеры карт уставок ВЛ 110 кВ

ПС БЕЛОВСКАЯ-110						
Ввод 110-БГРЭС-1,2 (Основной комплект)						
Токовая направленная защита нулевой		Первичное	Вторичное	Время срабатывания сек	Примечание	
	I ступень направленная	4000 А	20 а	0	Для контроля направленности III и IV ступеней используются разрешающий и блокирующий орган направления мощности, включенные по схеме ИЛИ. Направленность выводится: • При неисправности цепей напряжения • При включении выключателя • При срабатывании выходных реле ТНЗнп	
	II ступень направленная	1800 А	9 а	1.4		
	III ступень направленная	700 А	3.5 а	3.8		
		Оперативное ускорение	ОТКЛЮЧЕНО $t_{ср\text{аб}} = - \text{сек}$			
		Ускорение при включении выключателя	ВКЛЮЧЕНО $t_{ср\text{аб}} = - \text{сек}$, $t_{\text{ввода}} 1.0 \text{ сек}$			
	IV ступень Ненаправлен.	340 А	1.7 а	8.3	Смещение в зону срабатывания = - $I_{ном}$ $\varphi_{мч}=70^\circ$	
		Ускорение при неполнофазном режиме	Тср\text{аб} = - сек			
	Время ввода ускорения ТНЗнп			1,0		
	Разрешающий орган направления мощности			$I=05$ $U=2.25 \text{ В}$	$\varphi_{мч}=250^\circ$	
Блокирующий орган направления мощности			$I=0.3 \text{ а}$ $U=0.5 \text{ В}$			
Токовая отсечка	2340 А	19.5 а				
Орган тока УРОВ	300 А	2.0 а				

Автоматика

Присоединение	Устройство	Уставка					
ВЛ-110-БГРЭС1	АПВ			4,0	РПВ-58/0,5А	АПВ с КС	Вкл.
	РКН линии $I_{ср}(A)$	55 кВ	0.075 а		РТ-40/02	- $U_{л}$	Вкл.
	РКН шин $U_{ср}(B)$	55 кВ	50 В		РН-54/160	- $U_{ш}$	Откл.
	РКС $\varphi_{ср}(град)$		30°		РН-55/130	Без Контроля	-----
ВЛ-110-БГРЭС2	АПВ			5,0	РПВ-58/0,5А		
	РКН линии $I_{ср}(A)$	55 кВ	0.075 а		РТ-40/02		
	РКН шин $U_{ср}(B)$	55 кВ	50 В		РН-54/160		
	РКС $\varphi_{ср}(град)$		30°		РН-55/130		

Благодарю за внимание!
...