



МПС РФ
Государственное унитарное предприятие
Государственный проектно-изыскательский институт
электрификации железных дорог и энергетических установок

МЕТОДИКА

выбора уставок защиты в схемах
электропитания постов ЭЦ

Согласовано:

Первый зам. директора
ВНИИАГ МПС России
Е.Н. Розенберг

"19" сентября 2000г.

Директор института
Трансэлектропроект
Г.С. Акопян

"18" сентября 2000г.

Директор института
ГТСС
В.Б. Мехов

"30" 10 2000г.

Москва
2000г.

МЕТОДИКА

выбора уставок защиты в схемах электроснабжения постов ЭЦ

1. Исходные данные:

Расчетная мощность фидера, кВт (определяется по Методике типовых проектных решений 501-0-86 раздела "Электропитание устройств электрической централизации" ЭЦ-10:Р)

Напряжение питания, В:

Коэффициент мощности, $\cos \varphi$:

При выдаче задания субподрядным проектным организациям указывается расчетный ток наиболее загруженной фазы фидера $I_{p.\max}$.

При выборе питающего кабеля следует иметь в виду следующее:

- при использовании электрической сети TN-C* сечение фазных и нулевых проводников кабеля должно быть во всех случаях не менее 16 мм² по алюминию;
- при использовании электрической сети TN-C-S** сечение фазных и нулевых проводников кабеля должно быть во всех случаях не менее 25 мм² по алюминию или 16 мм² по меди;

2. Расчеты представлены по 4 вариантам сочетаний аппаратов защиты на посту ЭЦ и КТП.

Место установки аппарата защиты	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3	Вариант 4
Пост ЭЦ, Вводная панель	Предохранитель	Авт. выключатель	Авт. выключатель	Предохранитель
КТП	Авт. выключатель	Авт. выключатель	Предохранитель	Предохранитель

3. Расчетный ток линии (фидера) определяется по формуле:

$$I_p = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi}, A \quad (1)$$

* - четырехпроводная электрическая сеть с заземленной нейтралью, в которой нулевой защитный и рабочий проводники объединены в PEN проводнике.

** - электрическая сеть, в которой нулевые проводники на головных (питающих) участках объединены в PEN проводнике, а далее от вводной панели разделены на защитный PE проводник и рабочий N проводник.

Настоящая Методика разработана институтом Трансэлектронпроект.

Методика определяет порядок выбора уставки защиты КТП и селективности ее с уставкой защиты на вводных панелях.

где $P = \sqrt{3} \cdot I_{pmax} \cdot U \cdot \cos \varphi$
- расчетная мощность нагрузки линии

с учетом наиболее загруженной фаз, кВт;
 U - линейное напряжение сети.

4. Ток однофазного короткого замыкания в точке А цепи (непосредственно за аппаратом защиты вводной панели) определяется по формуле

$$I_{кз} = \frac{U_{\phi}}{Z_{\Pi}}, A \quad (2)$$

где U_{ϕ} - фазное напряжение сети;

Z_{Π} - полное сопротивление цепи к.з.

$$Z_{\Pi} = \frac{1}{3} \cdot Z_{TP} + Z_{\Pi\Gamma 1} \cdot L_1 + Z_{\Pi\Gamma 2} \cdot L_2 \quad (\text{рис. 1})$$

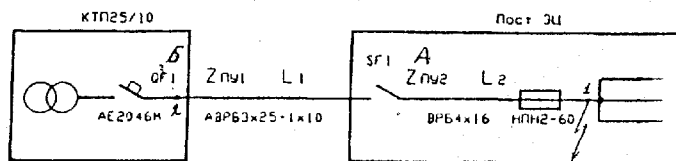


Рис. 1

по указ. ЦШ, ЦЭ от 20.06.84 № 499-4В

граница обслуживания
ЭЦ до щита вводной
панели (исключая болты
все соединения).

граница обслуживания
Щ4, начиная с болта
вых. соединений на
вводной панели
(включая автомат)

где $Z_{\Pi\Gamma 1}$ и $Z_{\Pi\Gamma 2}$ - полное удельное сопротивление цепи "фаза-нуль" кабелей в Ом/км на участках 1 и 2 при температуре 65 °С, допускаемой ПУЭ 1.3.10 для кабелей с резиновой и пластмассовой изоляцией;

L_1 и L_2 - соответственно длины кабельных линий до точки к.з., км;

(переходные сопротивления аппаратов не учитываются, так как они компенсируются погрешностью арифметической суммы сопротивлений кабельных линий)

$$Z_{\Pi\Gamma 1} \cdot L_1 + Z_{\Pi\Gamma 2} \cdot L_2 \quad (3)$$

и теоретически должна определяться геометрическая сумма сопротивлений, то есть активные и индуктивные сопротивления цепи должны вычисляться отдельно);

Z_{TP} - сопротивление трансформатора КТП, Ом.

5. Вариант 1

5.1. Номинальный ток плавкой вставки предохранителя на вводной панели поста ЭЦ согласно ПУЭ 3.1.4. определяется

Ипл. вст. $\geq I_p$ (4) - первое условие; ✓

$I_{кз} \geq 3 \cdot I_{пл. вст.}$ (5) - второе условие согласно ПУЭ 1.7.79. ✓

Для определения времени сгорания плавкой вставки используются защитные характеристики, приведенные в каталогах. При этом для проверки селективности время срабатывания предохранителя следует увеличивать на 25%.

5.2. Номинальный ток установки автоматического выключателя (для расцепителя, имеющего обратно зависимую от тока характеристику) на КТП выбирается из условия

$$I_{кз} \geq 3 \cdot I_{н.расц.} \quad (6) \quad \checkmark$$

Для обеспечения селективности производится сопоставление защитных характеристик предохранителя и автоматического выключателя: время срабатывания выключателя (выкл. мин. следует выбирать минимальное по время-токовым характеристикам, то есть во всем диапазоне характеристик должно выполняться условие

$$1,25 \cdot t_{пр} < t_{выкл. мин.} \quad (7)$$

При размещении выключателя в шкафу со степенью защиты IP54. номинальный ток установки теплового расцепителя автоматического выключателя выбирается также из условия

$$I_{н.расц.} \geq 1,2 \cdot I_p \quad (8).$$

Как правило, для обеспечения селективности $I_{н.расц.}$ выключателя на КТП следует выбирать на 1-2 ступени выше $I_{пл. вст.}$

5.3. Необходимо проверить выполнение условия ПУЭ 3.1.9. при котором

расцепитель обеспечивает защиту кабеля

$$I_{н.расц.} \leq I_d$$

где I_d - длительно допустимый ток кабеля.

6. Вариант 2

6.1. Номинальный ток установки автоматического выключателя на вводной панели поста ЭЦ определяется $I_{н.расц.} \geq I_p$ (9) $I_{н.расц.} \geq I_p$ (10)

при этом должны обеспечиваться условия (6) и (7).

При определении селективности время срабатывания теплового расцепителя выключателя следует выбирать максимальное.

6.2. Номинальный ток установки автоматического выключателя на КТП определяется путем сопоставления защитных характеристик обоих выключателей, при этом время срабатывания выключателя КТП выбирается минимальным, а расчетный ток - из условия (8).

7. Вариант 3

7.1. Номинальный ток установки автоматического выключателя на вводной панели поста ЭЦ определяется аналогично п. 6.1.

7.2. Номинальный ток плавкой вставки предохранителя на КТП определяется, исходя из условия (5), условия селективности $t_{пр} > t_{авт.макс} + 0.2с$ (11) (то есть характеристика предохранителя во всем возможном диапазоне токов перегрузки и к.з. должна лежать выше характеристики выключателя).

При определении селективности время срабатывания выключателя выбирается максимальное, а время перегорания предохранителя минимальное, то есть без учета 25% увеличения.

7.3. Необходимо проверить выполнение условия ПУЭ 3.1.9. при котором расцепитель обеспечивает защиту кабеля $I_{пл.вст.} \leq 3 \cdot I_d$ (12)

8. Вариант 4

8.1. Номинальный ток плавкой вставки предохранителя на вводной панели поста ЭЦ определяется аналогично п. 5.1. расчета.

8.2. Номинальный ток плавкой вставки предохранителя на КТП определяется, исходя из условия (5) и условия селективности, при котором плавкая вставка выбирается на 1-2 степени больше предыдущей. При этом разница в одну степень является обязательной во всех случаях. Указанные требования определяются значительным разбросом действительного времени отключения от заводских данных из-за совпадения всех неблагоприятных факторов. Также должно быть обеспечено условие (8),

но так как сечения питающих кабелей в рассматриваемых проектных решениях

превышают, требуемые по токам нагрузки, проверка по формуле (12) не требуется.

Приложение 1 (к Методике)

Примеры расчета уставок защиты устройств электроснабжения постов ЭЦ

1. Линия от КТП 25/10 через SF2 до НПН2-60.

1.1. Расчетная мощность линии 11.7 кВт; напряжение 380/220В; $\cos \varphi = 0.8$.

1.2. Расчетный ток линии (фидера) определяется по формуле (1)

$$\frac{11.7}{0.38 \cdot 1.73 \cdot 0.8} = 22.2 \text{ А}$$

1.3. Определяем ток однофазного короткого замыкания в точке А по формуле (2)

Исходные данные: сопротивление трансформатора КТП 25/10 составляет 3.11 Ом;

для кабеля АВРБ 3х25+1х16 полное сопротивление составляет

$$Z_{пл1} \cdot L_1 = 3.7 \text{ Ом/км} \cdot 0.08 \text{ км} = 0.296 \text{ Ом}$$

для кабеля ВРБ 4х16 полное сопротивление составляет

$$Z_{пл2} \cdot L_2 = 2.6 \text{ Ом/км} \cdot 0.05 \text{ км} = 0.13 \text{ Ом}$$

$$Z_{\Sigma} = 3.11/3 + 0.296 + 0.13 = 1.46 \text{ Ом}$$

$$I_{кз} = 220/1.46 = 150 \text{ А}$$

Вариант 1.

1.4. Номинальный ток плавкой вставки предохранителя НПН2-60 на вводной панели поста ЭЦ должен соответствовать условиям (4) и (5). Поэтому выбираем плавкую вставку на ток 25А. По ампер-секундным (время-токовым) характеристикам время срабатывания предохранителя составит 0.8с, а с учетом условия (12) $1.25 \cdot 0.8 = 1.0с$

1.5. Номинальный ток установки автоматического выключателя АЕ-2046М на КТП выбирается из условий (6), (7) и (9) п.5.2.Методики.

Уставка расцепителя может быть выбрана на ток 31.5 А или на ток 40А. Расчетный ток для выбора установки принимается $1.2 \cdot 22.2 = 26.6 < 31.5$. При коротком замыкании до предохранителя в помещении поста ЭЦ защита линии осуществляется только расцепителем выключателя на КТП.

В этом случае:

при токе установки 31.5 А выключатель сработает за время менее 30с;

при токе установки 40 А выключатель сработает за время менее 50 с;

Следовательно при токе установки 31.5 А защита обеспечивает лучшие условия работы линии при коротком замыкании.

2. Вариант 2.

2.1. Номинальный ток установки автоматического выключателя АП50Б на вводной панели поста ЭЦ должен соответствовать условиям (6), (9) и (10). Поэтому принимаем уставку $I_{н.расц.} \geq 22.2 \text{ А}$, то есть $I_{н.расц.} = 25 \text{ А}$

Тепловой расцепитель сработает за 2 с.

2.2. Номинальный ток установки автоматического выключателя АЕ-2046М на КТП выбирается из условий (6) и (7) п.5.2.Методики.

Уставка расцепителя выбирается на ток 31.5 А аналогично п. 1.5 расчета. Таким образом даже при учете разброса характеристик АП50Б селективность обеспечивается.

3. Вариант 3.

3.1. Номинальный ток установки автоматического выключателя АП50Б на вводной панели поста ЭЦ должен соответствовать условиям (6), (7) и (9). Поэтому принимаем уставку $I_{н.расц.} \geq 22.2 \text{ А}$, то есть $I_{н.расц.} = 25 \text{ А}$ (аналогично п.2.1. расчета)

Тепловой расцепитель сработает за 2 с.

3.2. Номинальный ток плавкой вставки предохранителя ИПН2-60 на КТП должен соответствовать условиям (5), (11) и (12).

$$t_{пр} \geq 2с + 0.2с = 2.2 с$$

При этом для плавкой вставки 31.5 А время срабатывания составит $2с < 2.2с$.

Для плавкой вставки 40А время составит $4с > 2.2 с$.

Поэтому выбираем плавкую вставку на ток 40А.

4. Вариант 4.

4.1. Номинальный ток плавкой вставки предохранителя ИПН2-60 на вводной панели поста ЭЦ должен соответствовать условиям (4) и (5). Поэтому выбираем плавкую вставку на ток 25А. По ампер-секундным (время-токовым) характеристикам время срабатывания предохранителя составит 0.8с, а с учетом 25% разброса 1.0 с.

4.2. Номинальный ток плавкой вставки предохранителя ИПН2-60 на КТП должен соответствовать условиям (5) и селективности.

Номинальный ток плавкой вставки рекомендуется выбирать на две ступени выше, то есть на 40А.

Приложение 2 (к Методике)
Полное расчетное сопротивление Z_t (Ом)
трансформаторов КТП с вторичным напряжением 400/230В

Мощность трансформатора, кВА	Первичное напряжение, кВ	Схема соединения обмоток	Z_t , Ом	$1/3 Z_t$, Ом
25	6-10	Y/Yn	3.11	1.036
40	6-10	Y/Yn	1.949	0.65
50	6-10	Y/Yn	1.622	0.54
63	6-10	Y/Yn	1.237	0.41
	20-35		1.136	0.38
100	6-10	Y/Yn	0.779	0.26
	20-35		0.764	0.255
160	6-10	Y/Yn	0.487	0.162
	20-35		0.478	0.159
250	6-10	Y/Yn	0.312	0.104
	20-35		0.305	0.102

Y/Yn - звезда - звезда с нулем

Приложение 3 (к Методике)

3.3. Полное удельное сопротивление $Z_{ну}$
цепи фазный провод - нулевой провод четырехпроводных линий,
выполненных четырехжильными кабелями с алюминиевыми жилами,
Ом/км

Сечение фазного провода, мм ²	Сечение нулевого провода, мм ²							
	2,5	4	6	10	16	25	35	50
	Z _{ну} , Ом/км							
2,5	29.64	-	-	-	-	-	-	-
4	24.08	18.52	-	-	-	-	-	-
6		15.43	12.34	9.88	-	-	-	-
10			9.88	7.41	5.92	-	-	-
16				5.92	4.43	3.7	3.35	-
25				5.19	3.70	2.96	2.54	2.22
35				4.77	3.35	2.54	2.12	1.8
50					3.06	2.22	1.8	1.48
70						2.01	1.59	1.27
95							1.45	1.13

Удельные сопротивления вычислены при температуре нагрева 65°C для кабелей с резиновой и пластмассовой изоляцией. При применении кабелей с медными жилами данные таблицы умножить на коэффициент 0,586