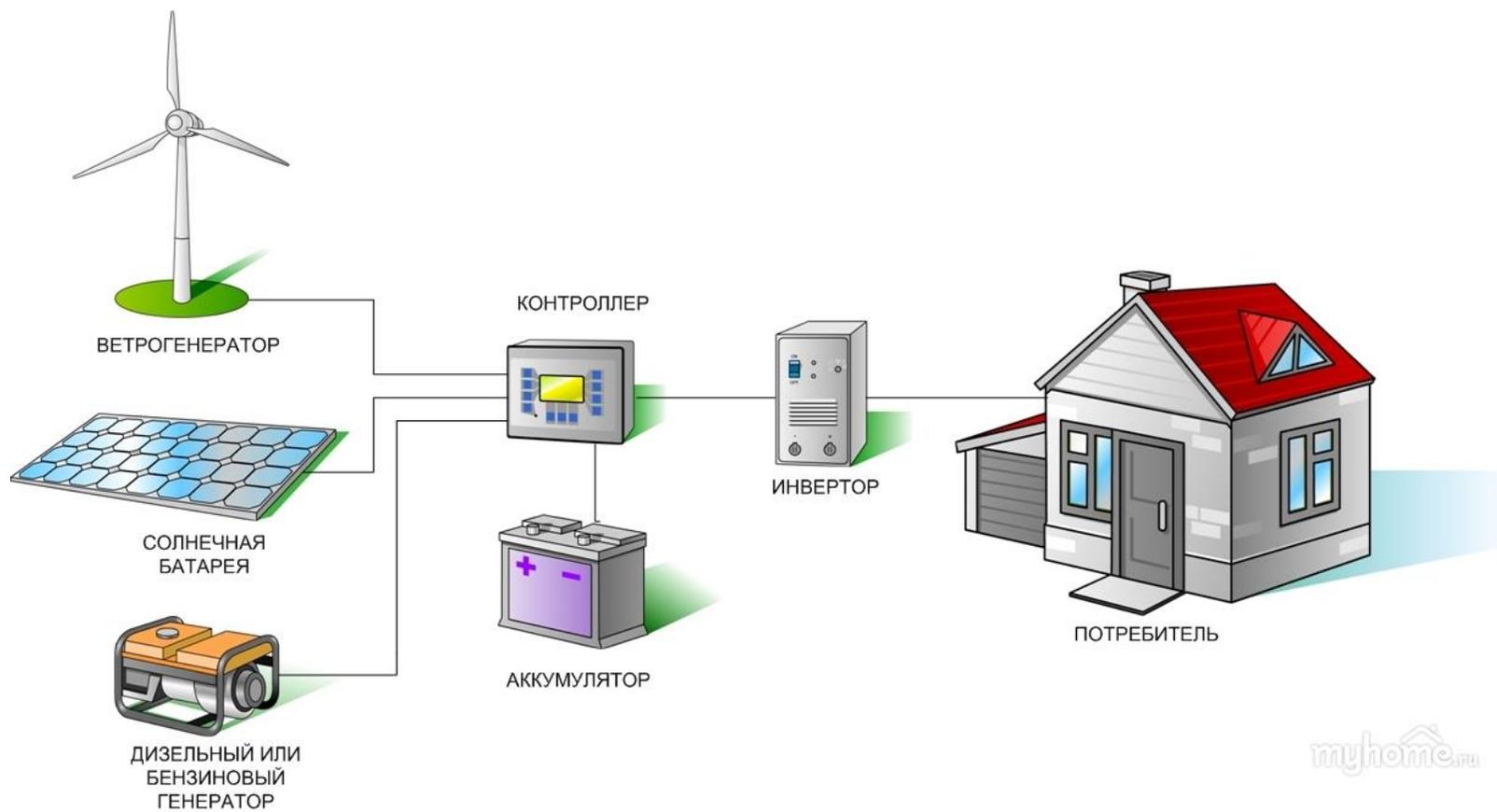


ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ

Практическое пособие



myhome.ru

2014

Цель работы - приобретение практических навыков в выборе параметров электрической сети и самостоятельном решении инженерной задачи расчета зануления на отключающую способность.

Цель расчета – определение такого сечения нулевого защитного проводника, при котором ток короткого замыкания (I_k) в заданное число раз (k) превзойдет номинальный ток аппарата защиты ($I_{ном.защ}$), что обеспечит селективное отключение поврежденного потребителя в заданное короткое время.

Задание для расчета

Таблица 1 - Задание для расчета

№ п/п	Силовая нагрузка $n \times P$, кВт			Осветительная нагрузка		Трансформатор			Кабели		Фазовый кабель				Нулевой защитный кабель		
	ЭД -1	ЭД -2	К ₃	P _{осв} кВт	cosφ	Тип	U ₁ /U ₂ , кВт	Схема соедин. обмоток	Длина, м		Защита	Материал жилы		Изоляция		Материал	Изоляция
									L ₁	L ₂		l ₁	l ₂	l ₁	l ₂		
3	3 x 15	3 x 132	0,85	30	0,85	М	35/ 0,4	Y/ Zn	175	20	АВ	медь	медь	резин	резин	алюм	бумаж

n – количество двигателей;

P – мощность одного двигателя

Схема сети

Схема сети к расчету на отключающую способность приведена на рис.1, где:

- Tr* – Трансформатор;
- РЩ-1* – Распределительный щит;
- РЩ-2* – Распределительный щит, питающий осветительную нагрузку;
- 2* – Автоматический выключатель;
- ЭД-1,* – Электродвигатели
- ЭД-2*
- ПР* – Предохранитель;
- 1* – Питающий магистральный кабель;
- 2* – Кабель-ответвление к электродвигателю;
- 3* – Линия, питающая осветительный щит РЩ-2;
- 4* – Нулевой защитный проводник.

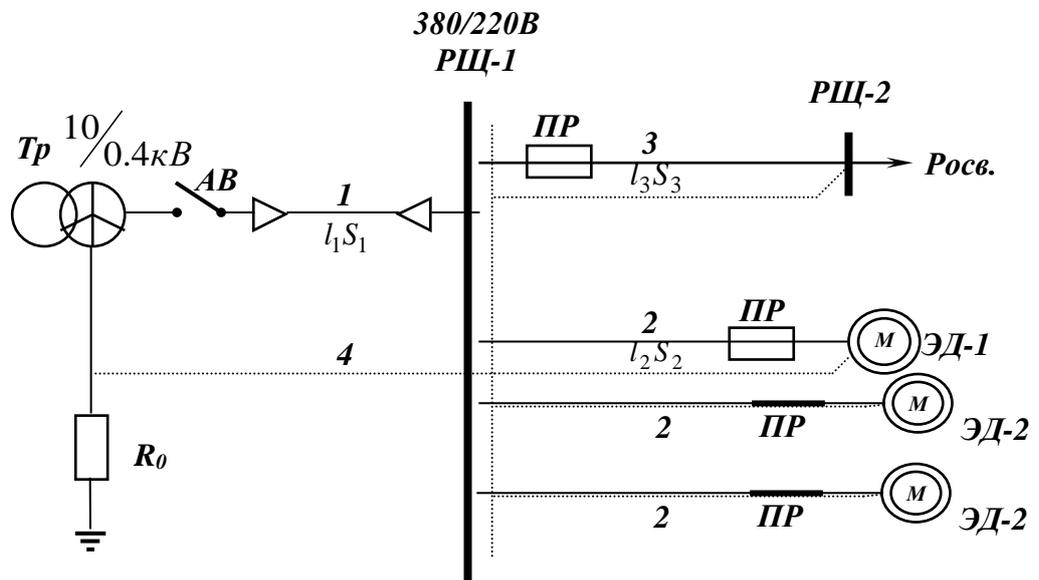


Рис.1. – Схема сети к расчету зануления на отключающую способность

Определение мощности трансформатора

Определить мощность трансформатора можно по формуле:

$$S_{TR} = \frac{K_C \sum_1^n P_{ЭД-1}}{\cos \varphi} + \frac{K_C \sum_1^n P_{ЭД-2}}{\cos \varphi} + \frac{P_{ОСВ}}{\cos \varphi}, \quad (1)$$

где $P_{ЭД-1}$, $P_{ЭД-2}$ – номинальные мощности электродвигателей ЭД-1 и ЭД-2, кВт ;

$P_{ОСВ}$ – осветительная нагрузка, кВт;

$\cos \varphi$ – коэффициент мощности соответствующей электроустановки (для ЭД-1, ЭД-2);

K_C – коэффициент спроса, определяемый по формуле:

$$K_C = \frac{0.75 K_3}{\eta_D}, \quad (2)$$

где K_3 – коэффициент загрузки электродвигателя (таблица 1);

η_D – к.п.д. электродвигателей, взятые из таблицы 2.

Таблица 2 - Технические данные асинхронных электродвигателей на напряжение 380 В

Тип двигателя	P _{НОМ} , кВт	При номинальной нагрузке			k _П = $\frac{I_{\text{ПУСК}}}{I_{\text{НОМ}}}$
		n, об/ мин	η, %	cos φ	
4А160S2УЗ	15	2940	88	0,91	7
АИЗ15М6УЗ	132	1000	93,5	0,92	6,5

Условные обозначения:

- n – частота вращения, об/ мин;
- η – КПД двигателя;
- $\cos \varphi$ – коэффициент мощности;
- $I_{\text{ПУСК}}$ – пусковой ток, А;
- $I_{\text{НОМ}}$ – номинальный ток, А;
- $K_{\text{П}}$ – кратность пускового тока.

Исходя из формулы (2) $\hat{E}_{\bar{N}}(\hat{Y}\hat{a} - 1) = \frac{0,75 \cdot 0,85}{0,88} = 0,72$,

$$\hat{E}_{\bar{N}}(\hat{Y}\hat{a} - 2) = \frac{0,75 \cdot 0,85}{0,935} = 0,68.$$

Подставляем полученные и имеющиеся значения из таблицы В.1 в формулу (1)

$$S_{\text{обД}} = 3 \frac{0,72 \cdot 15}{0,91} + 3 \frac{0,68 \cdot 132}{0,92} + \frac{30}{0,85} = 364,60 \text{ кВт}.$$

Определение полного сопротивления трансформатора Z_T

Рассчитанное значение мощности трансформатора S_{тр} округляем до ближайшего большего стандартного и выбираем расчетное сопротивление трансформатора Z_T, исходя из индивидуального задания (таблицы 1). Выбор расчетного сопротивления трансформатора осуществляется из таблицы В.3 приложения В и указан в таблице 3

Таблица 3 - Приближенное расчетное полное сопротивления обмоток масляного трансформатора

Мощность трансформатора, кВт	Номинальное напряжение обмоток высшего напряжения, кВ	Z _T , Ом, при схеме соединения Y/ Zн
400	20...35	0,191

Выбор аппарата защиты в цепи электродвигателя

Номинальный ток защитного аппарата (плавкой вставки предохранителя, как указано в индивидуальном задании) I_{вст.} определяется из условия:

$$I_{\text{вст.}} \geq I_{\text{max}} \quad (3)$$

где I_{max} – максимальный рабочий ток в цепи, А.

Максимальный рабочий ток цепи определяется по формуле;

$$I_{\max} = \frac{P_{\text{НОМ}}}{\sqrt{3}U_{\text{НОМ}} \cos\varphi} \quad (4)$$

где $P_{\text{НОМ}}$ – номинальная мощность нагрузки, присоединенной к линии, кВт
(мощность ЭД-1 или ЭД-2 на участке линии l_2 (таблица 2);

$U_{\text{НОМ}}$ – номинальное напряжение, В, (380В);

$\cos\varphi$ – коэффициент мощности нагрузки ЭД1 или ЭД2 (таблица 2);.

Рассчитаем необходимые значения I_{\max} (Эд-1), I_{\max} (Эд-2), I_{\max} (магистралей) по формуле (4).
Для расчета I_{\max} (магистралей) $P_{\text{НОМ}} = S_{\text{тр}}$, вычисленное по формуле 1, $\cos\varphi = 0,9$.

$$I_{\max} (\text{I} \ddot{\text{a}} \ddot{\text{e}} \ddot{\text{n}} \ddot{\text{o}} \ddot{\text{d}} \ddot{\text{a}} \ddot{\text{e}}) = \frac{364,6}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,85} = 651,7 \text{ А},$$

$$I_{\max} (\text{Y} \ddot{\text{a}} - 1) = \frac{15}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,91} = 25,04 \text{ А},$$

$$I_{\max} (\text{Y} \ddot{\text{a}} - 2) = \frac{132}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,92} = 218 \text{ А}.$$

При выборе плавких вставок в цепях электродвигателей учитывают их пусковые токи $I_{\text{пуск}}$:

$$I_{\text{вст}} \geq \frac{I_{\text{ПУСК}}}{2,5}, \quad (5)$$

$$\frac{I_{\text{ПУСК}}}{I_{\text{НОМ}}} = K_{\text{П}}, \quad (6)$$

где $I_{\text{НОМ}} = I_{\max}$ – рабочий ток в цепи, А,

$K_{\text{П}}$ – коэффициент пуска, приведенный в характеристике электродвигателя (таблица 2).

Авт выключатель выбирают по наибольшему из токов $I_{\text{вст}}$, рассчитанных по формулам (3), (5) и (6).

Из формулы (6) следует:

$$I_{\text{ПУСК}} = K_{\text{П}} \cdot I_{\text{НОМ}}.$$

Рассчитаем значения $I_{\text{ПУСК}}$ (Эд-1), $I_{\text{ПУСК}}$ (Эд-2):

$$I_{\text{I} \ddot{\text{O}} \ddot{\text{N}} \ddot{\text{E}}} (\text{Y} \ddot{\text{a}} - 1) = 7 \cdot 25,04 = 175,31 \text{ А},$$

$$I_{\text{I} \ddot{\text{O}} \ddot{\text{N}} \ddot{\text{E}}} (\text{Y} \ddot{\text{a}} - 2) = 6,5 \cdot 218 = 1416,95 \text{ А}.$$

По формуле (5) рассчитаем ограничения на $I_{\text{вст}}$, подставляя полученные значения:

$$I_{\text{A} \ddot{\text{N}} \ddot{\text{O}}} (\text{Y} \ddot{\text{a}} - 1) \geq \frac{175,31}{2,5} \Rightarrow I_{\text{A} \ddot{\text{N}} \ddot{\text{O}}} \geq 70,12 \text{ А},$$

$$I_{\text{A} \ddot{\text{N}} \ddot{\text{O}}} (\text{Y} \ddot{\text{a}} - 2) \geq \frac{1416,95}{2,5} \Rightarrow I_{\text{A} \ddot{\text{N}} \ddot{\text{O}}} \geq 566,78 \text{ А}.$$

Полученные значения применим при выборе авт выключателя, пользуясь таблицей В.16 приложения В.

Таблица .4 - Технические параметры авт выключателя

Тип	Число полюсов	I _{НОМ} , А	Пределы регул номинального тока, А	Пределы регул времени срабатывания, с	Расцепитель, уставка трогания, А
А 3713Б	2	80	40, 50, 63, 80	4, 8, 16	1600
А 3744Б	3	630	400, 500, 630	4, 8, 16	6300

В результате расчетов были выбраны авт выключатели А 3713Б для Эд-1 линии и

А 3744Б для Эд-2 линии со значениями

$$I_{НОМ\text{ пр}}(\text{Эд-1}) = 80 \text{ А}$$

$$I_{ВСТ}(\text{Эд-1}) = 63 \text{ А}$$

$$I_{НОМ\text{ пр}}(\text{Эд-2}) = 630 \text{ А}$$

$$I_{ВСТ}(\text{Эд-2}) = 500 \text{ А}$$

Выбор сечения фазного проводника

На данном этапе необходимо выбрать сечение фазного проводника S_{ϕ} из условия максимально допустимого нагрева:

$$I_{доп} \geq I_{max}, \quad (7)$$

где $I_{доп}$ – длительный допустимый из условий нагрева ток нагрузки проводника, А;

I_{max} – максимальный рабочий ток в цепи, определяемый по формуле (4).

Сечение магистрального фазного проводника определяем по таблице В.13, приложения В исходя из условия, что должен применяться проводник с медными жилами и резиновой оболочкой (таблица 1). Исходя из ограничения: $I_{\Delta II} \geq 651,7$ выбираем ближайший по значению ток в таблице 695А и соответствующее ему сечение токопроводящей жилы составляет 300 мм².

Сечения проводника с Эд-1 выбираем, исходя из ограничения $I_{\Delta II} \geq 25,04$ по таблице В.12 приложения В, исходя из условия, что проводник с медными жилами и резиновой оболочкой (таблица 1). Проводники прокладываются в земле. Выбираем трехжильный провод с допустимым током 27А и сечением токопроводящей жилы 1,5 мм².

Сечения проводника с Эд-2 выбираем, исходя из ограничения $I_{\Delta II} \geq 218$ по таблице В.12 приложения В, исходя из условия, что проводник с медными жилами и резиновой оболочкой (таблица 1). Проводники прокладываются в земле. Выбираем трехжильный провод с допустимым током 225А и сечением токопроводящей жилы 50мм².

Выбор сечения нулевого защитного провода

Выбираем сечение нулевого защитного провода $S_{н.з.}$, исходя из условия:

$$R_{н.з.} \geq 2R_{\phi}. \quad (8)$$

Исходя из задания (таблица 1) фазные и нулевые провода выполнены из разных металлов, поэтому

$$S_{н.з.} \geq 0,8 S_{\phi}, \quad (9a)$$

$$S_{н.з.} (\text{магистрала}) \geq S_{\phi} \cdot 0,8 \geq 240 \text{ мм}^2,$$

$$S_{н.з.} (\text{Эд-1}) \geq S_{\phi} \cdot 0,8 \geq 1,2 \text{ мм}^2,$$

$$S_{н.з}(\text{Эд-2}) \geq S_{ф.} * 0,8 \geq 40 \text{ мм}^2.$$

Сечения нулевых защитных проводов получаем из таблицы В.10 приложения В, выбирая ближайшие стандартные значения:

$$S_{н.з}(\text{магистрала}) = 240 \text{ мм}^2,$$

$$S_{н.з}(\text{Эд-1}) = 6 \text{ мм}^2,$$

$$S_{н.з}(\text{Эд-2}) = 50 \text{ мм}^2.$$

Определение сопротивления фазного проводника

Расчетная формула для определения активного сопротивления:

$$R = \rho \frac{l}{s}, \text{ Ом} \quad (10)$$

где ρ – удельное сопротивление проводника, равное для меди 0,018;

l – длина проводника, м;

s – сечение проводника, мм².

Рассчитываем активное сопротивление исходя из индивидуального задания (длина линии $L_1 = 175$ м, длина линии $L_2 = 20$ м, проводники медные) и полученного сечения фазного проводника

$$R_{\hat{\delta}}(I1) = 0,018 \frac{175}{300} = 0,0105 \text{ Ом},$$

$$R_{\hat{\delta}}(I2\acute{y}\grave{a} - 1) = 0,018 \frac{20}{1,5} = 0,24 \text{ Ом},$$

$$R_{\hat{\delta}}(I2\acute{y}\grave{a} - 2) = 0,018 \frac{20}{50} = 0,0072 \text{ Ом}.$$

Определение сопротивления нулевого защитного проводника

Рассчитываем сопротивление нулевого защитного проводника исходя из индивидуального задания (длина линии $L_1 = 175$ м, длина линии $L_2 = 20$ м, проводник медный) и полученного сечения нулевого проводника

$$R_{i,\zeta}(I1) = 0,018 \frac{175}{240} = 0,013 \text{ Ом},$$

$$R_{i,\zeta}(I2\acute{y}\grave{a} - 1) = 0,018 \frac{20}{6} = 0,06 \text{ Ом},$$

$$R_{i,\zeta}(I2\acute{y}\grave{a} - 2) = 0,018 \frac{20}{50} = 0,0072 \text{ Ом}.$$

Значение сопротивлений R_{ϕ} и $R_{н.з}$

Значение сопротивлений R_{ϕ} и $R_{н.з}$ определяются как суммы сопротивлений отдельных участков цепи l_1 и l_2 , которые характеризуются разными сечениями:

$$R_{\phi} = R_{\phi l1} + R_{\phi l2}, \quad (11)$$

$$R_{н.з} = R_{н.з.l1} + R_{н.з.l2}. \quad (12)$$

Рассчитаем сопротивления фазного и нулевого защитного проводников на участке магистрального кабеля 1 длиной l_1 ($R_{\phi 1}$ и $R_{нз1}$) и на участке ответвления 2 к зануленному электродвигателю длиной l_2 ($R_{\phi 2}$ и $R_{нз2}$) и определим полное сопротивление фазного R_{ϕ} и нулевого защитного $R_{н.з.}$ проводников по формулам (11) и (12) соответственно.

$$R_{\phi}(\text{Эд-1}) = 0,0105 + 0,24 = 0,251 \text{ Ом},$$

$$R_{\phi}(\text{Эд-2}) = 0,0105 + 0,0072 = 0,018 \text{ Ом},$$

$$R_{н.з.}(\text{Эд-1}) = 0,013 + 0,06 = 0,073 \text{ Ом},$$

$$R_{н.з.}(\text{Эд-2}) = 0,013 + 0,0072 = 0,020 \text{ Ом}.$$

Определение действительного расчетного значения тока короткого замыкания

Определим действительное расчетное значение тока короткого замыкания I_k по формуле:

$$I_k = \frac{U_{\phi}}{Z_T / 3 + R_{\phi} + R_{нз}}, A \quad (13)$$

где $Z_T = 0,191$ (таблица 3);

$U_{\phi} = 220\text{В}$;

R_{ϕ} – значения, вычисленные по формуле (11);

$R_{н.з.}$ – значения, вычисленные по формуле (12).

$$I_{\hat{e}} (\text{Ýä} - 1) = \frac{220}{0,191 / 3 + 0,251 + 0,073} = 568,05,$$

$$I_{\hat{e}} (\text{Ýä} - 2) = \frac{220}{0,191 / 3 + 0,018 + 0,020} = 2163,40.$$

Проверка правильности выбора нулевого защитного проводника

Чем больше ток однофазного короткого замыкания I_k , тем быстрее и надежнее произойдет отключение поврежденного потребителя. Исходя из надежности отключения, должно выполняться условие:

$$I_k \geq k \cdot I_{ном.за} \quad (14)$$

С этой целью сравним значение расчетного тока короткого замыкания $I_{к.расч.}$, рассчитанное по формуле (13), с величиной требуемого минимально допустимого тока однофазного короткого замыкания $I_{к. min}$, определяемого из условия (15):

$$I_{к. min} \geq KI_{ном.з.а.} \quad (15)$$

и значения номинального тока, выбранного в таблице 4 защитного аппарата $I_{ном.з.а.}$:

$$I_{ном.з.а.}(\text{Эд-1}) = 100\text{А},$$

$$I_{ном.з.а.}(\text{Эд-2}) = 600\text{А},$$

k – коэффициент кратности тока КЗ по отношению к номинальному току аппарата защиты.

Подставим имеющиеся значения в условие (14):

$$I_k(\text{Эд-1}) = 568,05 > 100$$

$$I_k(\text{Эд-2}) = 2163,40 > 600$$

Видно, что значение расчетного тока однофазного короткого замыкания $I_{к.расч.}$ в несколько раз превышает значение наименьшего допустимого по условиям срабатывания защиты $I_{к. min}$. Это означает, что нулевой защитный проводник выбран правильно, т.е. отключающая способность системы зануления обеспечена.

Результаты расчетов

Трансформатор	Защитный аппарат в цепи электродвигателя	Фазный проводник	Нулевой защитный проводник
-Тип: масляный -Мощность $S_{тр}$ (расчетная) = 364,60 КВт -Мощность $S_{тр}$ (табличная) = 400 КВт Полное сопротивление $Z_{тр} = 0,191 \text{ Ом}$	-Вид: авт выключател для Эд-1 -Тип: А 3713Б -Номинальный ток $I_{ном} = 80 \text{ А}$ -Предел регул номин. тока $I_{ном} (\text{Эд-1}) = 63 \text{ А}$ -Вид: авт выключател для Эд-2 -Тип: А 3744Б -Номинальный ток $I_{ном} = 630 \text{ А}$ - Предел регул номин. тока $I_{ном} (\text{Эд-2}) = 500$	1) На участке от трансформатора до распределительного щита РЩ-1 (I_1);	
		Тип: медь + резин. Сечение $S_{ф11} = 300 \text{ мм}^2$	-Тип: алюминий + бумажн. Сечение $S_{н.з.11} = 240 \text{ мм}^2$
		2) На участке от распределительного щита до электродвигателя (I_d)	
		-Тип: медь + резин. -Сечение: $S_{ф11}(\text{Эд-1}) = 1,5 \text{ мм}^2$ -Сечение: $S_{ф11}(\text{Эд-2}) = 50 \text{ мм}^2$	-Тип: алюминий + бумажн. -Сечение: $S_{н.з.12}(\text{Эд-1}) = 6 \text{ мм}^2$ -Сечение: $S_{н.з.12}(\text{Эд-2}) = 50 \text{ мм}^2$

Вывод: В результате расчета были определены параметры электрической цепи сечение, обеспечивающие селективное отключение поврежденного потребителя в заданное короткое время.

Литература

1. Долин П.А. Основы техники безопасности в электроустановках: Учебное пособие для вузов. - М.: Энергия, 1984. -448 с.
2. Правила устройства электроустановок (ПУЭ). - 6-е изд. , перераб. и доп. - М.: Энергоатомиздат, 1987. -648 с.
3. Электротехнический справочник: в 2-х томах / Под ред. В.Г.Герасимова и др. - 7-у изд., доп. - М.: Энергоатомиздат, 1985, 1987. -488с. , 520с.
4. Бергельсон В.Н., Бржезицкий Л.И. Электробезопасность в строительстве – К.:Будівельник –1987.-208 с.
5. ГОСТ 12.1.030-81.ССБТ Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление. Введ. 01.07.82 г.