

20 жкз

-1- Автор: ...
Методика проф. Виноградов
расчета зануления Д.В.

1. Расчет зануления

Рассчитать систему защитного зануления при следующих данных: мощность питающего трансформатора 250 кВ*А; схема соединения обмоток трансформатора - «звезда»; электродвигатель серии 4А; U=380 В; тип -4А1602, N=15 кВт, материалом, длиной, сечением Фазного и нулевого проводников необходимо задаться (Рис. 1).

Расчет сводится к проверке условия обеспечения отключающей способности зануления: $J_{\text{кз}} \geq 3J_{\text{н.вст}}^{\text{н}} \geq 1,25J_{\text{авт}}^{\text{н}}$

Расчет $J_{\text{кз}}$ производится по формуле: $J_{\text{кз}} = \frac{U_{\text{ф}}}{Z_{\text{т}}/3 + Z_{\text{п}}}$

где $U_{\text{ф}}$ - фазное напряжение, В; $Z_{\text{т}}$ - сопротивление трансформатора, Ом; $Z_{\text{п}}$ - сопротивление петли «фаза-нуль», которое определяется по зависимости

$$Z_{\text{п}} = \sqrt{(R_{\text{ф}} + R_{\text{н}})^2 + (X_{\text{ф}} + X_{\text{о}} + X_{\text{н}})^2}$$

где $R_{\text{н}}$; $R_{\text{ф}}$ - активное сопротивление нулевого и фазного проводников, Ом; $X_{\text{н}}$; $X_{\text{ф}}$ - внутренние индуктивные сопротивления нулевого и фазного проводников соответственно, Ом; $X_{\text{и}}$ - внешнее индуктивное сопротивление петли «фаза-нуль», Ом.

Значение $Z_{\text{т}}$ зависит от мощности трансформатора, напряжения, схемы соединения его обмоток и конструктивного исполнения трансформатора. При расчетах зануления $Z_{\text{т}}$ берется из таблицы 4.

В данном случае $Z_{\text{т}} = 0,312$ Ом.

-2-

Расчетные полные сопротивления Z_T , масляных трансформаторов

Таблица 4

Мощность трансформатора, кВт·А	Номинальное напряжение обмоток высшего напряжения, кВ	Z_T , при схеме соединения обмоток	
		«звездой», Ом	«треугольником», Ом
40	6...10	1,949	0,562
63	6...10	1,237	0,360
100	6...10	0,799	0,226
160	6...10	0,487	0,141
250	6...10	0,312	0,090
400	6...10	0,195	0,056
630	6...10	0,129	0,042
1000	6...10	0,081	0,027
1600	6...10	0,034	0,017

Допустимая токовая нагрузка на провода с резиновой и поливинилхлоридной изоляцией.

Таблица 5

Алюминиевые провода, сечение, мм ²	Токовая нагрузка, А	Медные провода, сечение, мм ²	Токовая нагрузка, А
2,5	24	0,5	10
4,0	32	0,75	12
6,0	39	1,0	15
10	55	1,5	17
16	80	2,5	25
25	105	4,0	35
35	130	6,0	42
50	165	10	60
70	215	16	80
95	260	25	100

-2-

-3-

1. Зная мощность P электродвигателя рассчитываем номинальный ток электродвигателя $J_{эл.дв.}^H$.

$$P = \frac{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot J_{эл.дв.}^H \cdot \cos \alpha}{1000} \text{ кВт}; \quad J_{эл.дв.}^H = \frac{1000 \cdot P}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \cos \alpha} \text{ А}$$

где P - номинальная мощность двигателя, кВт; U_H - номинальное напряжение, В; $\cos \alpha = 0,91$ - коэффициент мощности, показывающий, какая часть тока используется на получение активной мощности и какая на намагничивание;

$$J_{эл.дв.}^H = \frac{1000 \cdot 15}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,91} = 25,5 \text{ А}$$

2. Для расчета активных сопротивлений R_H и R_Φ необходимо предварительно выбрать сечение, длину и материал нулевого и фазного проводников. Сопротивление проводников из цветных металлов определяется по формуле:

$$R = \rho \frac{l}{S} \text{ Ом},$$

где ρ - удельное сопротивление проводника (для меди $\rho = 0,018$; для алюминия $\rho = 0,028 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$); l - длина проводника, м; S - сечение, мм². Сечение фазных проводников определяется по величине номинального тока электродвигателя плюс токовая нагрузка от других электродвигателей и осветительных приборов: в данном случае принимаем (равной 50А. Тогда суммарная нагрузка составит 76А. По табл. 5 определяем сечение фазных проводов.

Задаемся алюминиевым проводником сечением 16 мм² и длиной $l = 150 \text{ м}$. для фазного и нулевого проводов. Сечение нулевого проводника и его материал выбирается из условия, чтобы его проводимость была бы равна проводимости фазного проводника, т.е. сечения нулевого и фазных проводников должны быть равны. для проводников сечением $\rho \approx 35 \text{ мм}^2$ включительно.

-3-

-4-

Активное сопротивление фазного и нулевого проводников из алюминия при $\ell = 150\text{ м}$

$S = 16\text{ мм}^2$ составят:

$$R_{\phi} = 0,028 \cdot 150 / 16 = 0,26\text{ Ом}; \quad R_n = 0,028 \cdot 150 / 16 = 0,26\text{ Ом}.$$

3. Для медных и алюминиевых проводников внутреннее индуктивное сопротивление фазного и нулевого проводников X_n и X_{ϕ} невелико и составляет $0,0156\text{ Ом/км}$, т.е. $X_{\phi} = 0,0156 \cdot 0,15 = 0,0023\text{ Ом}$; $X_n = 0,0156 \cdot 0,15 = 0,0023\text{ Ом}$. Величину внешнего индуктивного сопротивления петли «фаза-нуль» в практических расчетах принимают равной $0,6\text{ Ом/км}$.

4. По таблице 6 находим основные технические характеристики электродвигателя 4А 160 2; $N = 15\text{ кВт}$; $\cos \varphi = 0,91$.

$$\frac{J_{\text{пуск}}^{\text{эл.дв}}}{J_{\text{эл.дв}}^{\text{н}}} = 7,5$$

5. Зная $J_{\text{эл.дв}}^{\text{н}}$ вычисляем пусковой ток электродвигателя.

$$J_{\text{эл.дв}}^{\text{пуск}} = 7,5 \cdot J_{\text{эл.дв}}^{\text{н}} = 7,5 \cdot 25,5 = 191,25\text{ А}$$

Определяем номинальный ток плавкой вставки

$$J_{\text{плавст}}^{\text{н}} = J_{\text{эл.дв}}^{\text{пуск}} / \alpha = 191,25 / 2,5 = 76,5\text{ А}$$

где α - коэффициент режима работы ($\alpha = 1,6 \dots 2,5$); для двигателей с частыми включениями (например, для кранов) $\alpha = 1,6 \dots 1,8$; для двигателей, приводящих в действие механизмы с редкими пусками (транспортёры, вентиляторы) $\alpha = 2 \dots 2,5$.

В нашем случае принимаем $\alpha = 2,5$

-5-

Закрытые обдуваемые двигатели единой серии 4А (основное исполнение)

Таблица 6

Тип	Мощность, кВт	$\cos \varphi$	$J_{\text{пуск}} / J_{\text{ном}}$
4А71В2	1,1	0,87	5,5
4А80А2	1,5	0,85	6,5
4А80В2	2,2	0,87	6,5
4А90L2	3	0,88	6,5
4А100 2	4	0,89	6,5
4А100L2	5,5	0,89	7,5
4А112М2	7,5	0,88	7,5
4А132М2	10	0,9	7,5
4А160 2	15	0,91	7,5
4А160М2	18,5	0,92	7,5
4А180 2	22	0,91	7,5
4А200М2	30	0,9	7,5
4А220L2	37	0,89	7,5
4А225М2	45	0,9	7,5

6. Определяем ожидаемое значение тока короткого замыкания.

$$J_{кз} \geq 3J_{плав} = 3 \cdot 76,5 = 229A$$

Расчитываем плотность тока δ в нулевом и фазном проводниках. Допускаемая плотность тока в алюминиевых проводниках не должна превышать $4 - 8A/mm^2$

$$\delta = \frac{J_{эл.дв}}{S} = \frac{25,5}{16} = 1,5 A/mm^2$$

7. Определяем внешнее индуктивное сопротивление петли «фаза-нуль», зная, что $X_n = 0,6 \text{ Ом./км}$

$$X_n = 0,6 \cdot 0,3 = 0,18 \text{ Ом}$$

8. Рассчитываем сопротивление петли «фаза-нуль» Z_n и ток короткого замыкания.

$$Z_n = \sqrt{(R_\phi + R_n)^2 + (X_\phi + X_0 + X_n)^2} = \sqrt{(0,26+0,26)^2 + (0,0023+0,0023+0,09)^2} = 0,31 \text{ Ом}$$

$$J_{кз} = \frac{U_\phi}{Z_n/3 + Z_n} = \frac{220}{0,312/3 + 0,31} = 510A$$

Проверим обеспечено ли условие надёжного срабатывания защиты:

$$J_{кз} \geq 3J_{плав}; 510 \geq 3 \cdot 76,5 A; 510 \geq 229A$$

$$J_{кз} \geq 1,25J_{авт};$$

Как видим, $J_{кз}$ более чем в три раза превышает номинальный ток плавкой вставки предохранителя и, следовательно, при замыкании на корпус плавкая вставка перегорит за 3-5 с и отключит повреждённую фазу.

По расчётному номинальному току плавкой вставки выбираем по таблице 7 предохранитель стандартных параметров: ПН2 - 100 $J_{плав} = 80A$. Или выбираем автоматический выключатель по $J_{авт} = 1,25 J_{эл.дв} = 1,25 \cdot 25,5 = 32A$ Выбираем из таблицы 8 автоматический выключатель модели АЗ712Ф; $J_{авт} = 32A$

Предохранители серии ПН-2

Таблица 7

Тип предохранителя	Номинальный ток плавкой вставки, А
ПН2-100	25; 40; 50; 60; 80; 100.
ПН2-250	80; 100; 120; 150; 200; 250.
ПН2-400	200; 250; 300; 350; 400.
ПН2-600	300; 400; 500; 600.

Автоматические выключатели

Таблица 8

Модель	Номинальное напряжение, В	Число полюсов	Номинальный ток срабатывания, А
A3712Ф	500	3	32; 40; 50.
A3716Ф	500	3	63; 80; 100; 125; 160.
AE2043	500	3	10; 16; 25; 32.
AE2046	500	3	40; 50; 63.
A3732Ф	500	3	250; 320; 400.

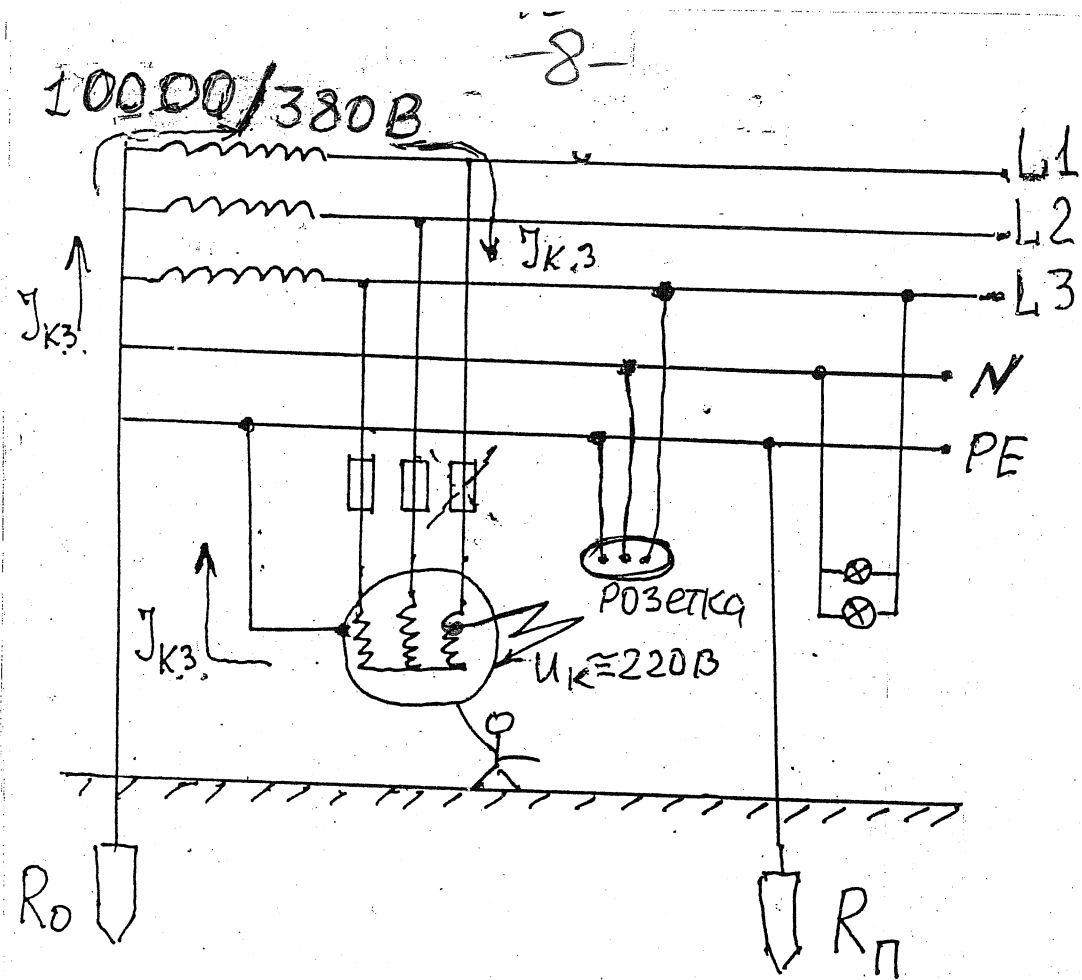


Рис. 1. Схема заземления