

Работа № 1

Расчет электродинамических усилий в электрических аппаратах по правилу Ампера

Рабочие файлы: [zdch_11.mcd]

Цель работы

Ознакомление с порядком расчета электродинамических усилий между параллельными проводниками в электрических аппаратах. Приобретение навыка использования математической программы для статических расчетов – Mathcad.

Программа работы в лаборатории

1. Прочитать условия задач и методические рекомендации.
2. Запустить Mathcad. Модифицировать рабочие файлы и решить задачи по варианту.
3. Подготовить совокупность документирующих скриншотов. Составить отчет в Word'e.

Задача 1

Определить характер изменения во времени электродинамического усилия, действующего на ножи рубильника (рис. 1), по которым протекает однофазный ток КЗ. В таблице 1, к решению, даны: установившееся значение тока I_y А, частота $f=50$ Гц, длина ножа рубильника – l мм, расстояние между ножами – h мм. Известно, что короткое замыкание произошло в удаленных от генератора точках сети.

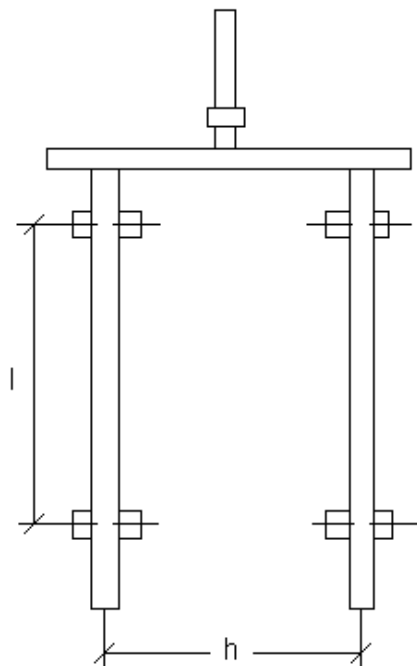


Рис. 1. Эскиз рубильника

Таблица 1

Вар.	I_y , А	h , мм	l , мм	a , мм	b , мм	Вар.	I_y , А	h , мм	l , мм	a , мм	b , мм
1	800	70	80	3	15	11	2000	80	100	4	10
2	1000	70	80	3	15	12	2000	70	80	3	10
3	1200	80	100	4	15	13	2200	60	100	4	10
4	1200	90	90	4	15	14	2200	120	180	4	15
5	1500	100	120	4	15	15	2500	70	90	3	10
6	1800	100	120	4	15	16	2500	100	150	4	15
7	1000	70	80	2	10	17	800	70	100	2	10
8	1200	70	100	2	10	18	1000	80	80	2	10
9	1500	100	120	3	15	19	2800	80	100	3	15
10	1800	100	120	3	15	20	2800	70	100	4	15

Методические указания к решению

Поскольку КЗ произошло в удаленных от генератора точках сети, влиянием апериодической составляющей на электродинамическое усилие можно пренебречь, т.е. ток короткого замыкания $i_{кз} = 2^{0.5} I_y \cdot \sin \omega t$. Тогда усилие взаимодействия между ножами рубильника можно вычислить по формуле

$$F = \frac{\mu_0}{4\pi} i^2 k_{1/2} = \frac{\mu_0}{4\pi} 2I_{yсм}^2 k_{1/2} \sin^2 \omega t$$

где: ω – круговая частота, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ – магнитная проницаемость вакуума, коэффициент электродинамических усилий между параллельными проводниками:

$$k_{1/2} = \frac{2l}{h} \left[\sqrt{1 + \left(\frac{h}{l}\right)^2} - \frac{h}{l} \right]$$

Для построения осциллограммы усилия, необходимо вычислить квадрат тока. Следует воспользоваться тригонометрическим равенством

$$\sin^2 \omega t = (1 - \cos 2\omega t) / 2.$$

Задача 2

Для задачи 1 проверить, удовлетворяют ли условиям прочности и жесткости ножи рубильника, которые изготовлены из меди, поперечное сечение их имеет прямоугольную форму с $a \times b$ мм (см. табл. 1). Ножи расположены широкими сторонами друг к другу.

Методические указания к решению

Удовлетворяют ножи рубильника условиям прочности или нет, можно проверить, сведя задачу к типовой о прочности балки на двух опорах. Суть которой – в расчете напряжения на изгиб и сравнении с допустимым:

$$\sigma_{из} = M / W_{из} < \sigma_{доп},$$

где: $M = F_{max} l / 4$ – максимальное значение изгибающего момента (усилие делиться между половинами балки), Н·м; $W_{из} = b \cdot a^2 / 6$ – момент сопротивления, м²; $\sigma_{доп}$ – допустимое механическое напряжение на изгиб в металле (для меди $137 \cdot 10^6$, Па).

Если ножи рубильника удовлетворяют условиям прочности, следует проверить их на предмет отсутствия механического резонанса. Достаточно вычислить частоту собственных колебаний ножа (балки на двух опорах), и, если она не совпадает с перовой или с третьей гармоникой вынуждающей силы, резонансных явлений в электрическом аппарате не будет. Для двух параллельных шин частота собственных колебаний

$$f_{соб} = \frac{k}{l^2} \sqrt{\frac{EJ}{\gamma S}}, \text{ Гц}$$

где: k – коэффициент, учитывающий способ крепления балки на двух опорах ($k=112$ – для жесткого крепления концов, $k=78$ – шарнир вращения на одном конце, сварка – на другом, $k=49$ – шарниры на обоих концах балки); $\gamma=85.2$, Н/см³ – удельный вес меди; $S=3 \times 15 \cdot 10^{-2}$, см² – площадь поперечного сечения; $E=11.8 \cdot 10^6$, Н/см² – модуль упругости материала (меди); $J=b \cdot a^3 / 12$, см⁴ – момент инерции поперечного сечения.

26.08.2013



Информатика	Моделирование	Электротехника	Электропривод	Аппараты	ТАУ	«	»
-------------	---------------	----------------	---------------	----------	-----	---	---

© А.И. Согрин, Н.В. Клиначёв, 2013.