

Условие

1. При постоянной скорости горизонтального движения трамвая 30 км/час в цепи электромотора протекает ток 30А. Максимальная скорость равномерного горизонтального движения трамвая равна 70км/час. Считая силу сопротивления пропорциональной скорости трамвая, а активное сопротивление двигателя постоянным, оцените какой ток пойдет в цепи мотора неподвижного трамвая. (Для компенсации больших значений силы тока в цепь включается реостат, который в данной задаче не учитывается. Стандартные значения напряжения, используемого в промышленности и на транспорте равны 380В, 550В, 660В).

Решение

1. Мощность тока в цепи двигателя IU (I — сила тока в цепи двигателя, U — напряжение контактной цепи) равна сумме механической мощности βv^2 (v — скорость движения трамвая, βv — сила сопротивления), затрачиваемой на преодоление сил сопротивления, и мощности джоулевых тепловых потерь $I^2 R$ (R — полное электрическое сопротивление цепи двигателя):

$$IU = \beta v^2 + I^2 R. \quad (1)$$

Заметим, что слагаемое βv^2 равно произведению силы тока на ЭДС индукции, возникающей в якоре электродвигателя при его вращении.

Выразим полезную мощность $P = \beta v^2$ из уравнения (1):

$$\beta v^2 = IU - I^2 R. \quad (2)$$

Из вида зависимости $P(I)$ следует, что полезная мощность достигает максимального значения при $I = \frac{U}{2R}$, причем $P_{\max} = \frac{U^2}{4R}$.

При движении трамвая со скоростью v_0 , меньшей максимальной скорости, выполняется соотношение

$$\beta v_0^2 = I_0 U - I_0^2 R, \quad (3)$$

а при движении с максимальной скоростью справедливо

$$\beta v_{\max}^2 = \frac{U^2}{4R}. \quad (4)$$

Решив уравнения (3)-(4), определим сопротивление цепи

$$R = \frac{U}{2I_0} \left(1 \pm \sqrt{1 - \frac{v_0^2}{v_{\max}^2}} \right). \quad (5)$$

Два решения соответствуют тому, что полезная мощность квадратично зависит от силы тока (см. уравнение (2)), следовательно, её одно и то же значение может быть достигнуто при двух значениях сопротивления цепи..

При остановке трамвая сила тока в цепи двигателя станет равной

$$I = \frac{U}{R} = \frac{2I_0}{1 \pm \sqrt{1 - \frac{v_0^2}{v_{max}^2}}}.$$

$$I = \frac{U}{R} = \frac{2I_0}{1 \pm \sqrt{1 - \frac{v_0^2}{v_{max}^2}}}$$

Два рассчитанных по этой формуле значения силы тока равны 600А и 32А. Для выбора одного из значений рассчитаем по формуле (4) максимальную мощность, достигаемую при данных значениях сопротивления и напряжения в цепи. Получаем 99 кВт при напряжении 660 В и токе 600 А и 5,3 кВт при 660 В и токе 32 А. Очевидно, что реальным является первое значение мощности трамвая, а следовательно, и первое значение силы тока, т.е. 600 А.

Ответ

$$I = 600 \text{ А}$$