

ЭКВИВАЛЕНТНАЯ ТЕПЛОВАЯ МОДЕЛЬ ЛИНЕЙНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ВИБРОВОЗБУДИТЕЛЯ

Косенко Е. А.

Уральский государственный горный университет

Основным критерием работоспособности электромагнитных вибровозбудителей - линейных двигателей, является теплостойкость. Линейные двигатели, устанавливаемые в вибротранспортных машинах (ВТМ), как правило, работают в переходном режиме, который характеризуется относительно большими тепловыми потерями. В результате происходит перегрев обмотки и отказ.

Для теплового расчета линейного электромагнитного вибровозбудителя необходимо обосновать эквивалентную схему теплопередачи.

В результате предварительных тепловых испытаний электромагнитного вибровозбудителя постоянного тока было установлено, что установившаяся средняя избыточная температура корпусов подшипников практически в 2 раза меньше, чем торца корпуса, к которому закрепляются фланцы подшипника.

Эквивалентная расчетная схема распространения теплового потока в электромагнитном линейном вибровозбудителе составлялась с использованием известного метода электротепловой аналогии.

Эквивалентная расчетная схема распространения теплового потока в электромагнитном линейном двигателе отличается от известных тем, что практически весь теплообмен с окружающей средой происходит по боковой и части торцевых поверхностей корпуса электромагнитного линейного двигателя.

Для этой схемы уравнение теплового равновесия имеют вид

$$\Delta t = nP(R^* + R_1 + R_2 + R)$$

$$\Delta t = (1-n)P[R^{**} + R_3 + R_4 + R_7 + (1-n_1)R_8]$$

$$\Delta t = (1-n)P[R^{**} + R_3 + R_4 + R_7 + n_1(R_5 + R_6 + R_9)]$$

где Δt – разность температур между наиболее нагретой частью обмотки и

окружающей средой, К; R^* – тепловое сопротивление обмотки, имеющей внутренний распределенный источник тепла, при передаче его через внешнюю стенку, К/Вт; R_1 – тепловое сопротивление электроизоляционной прокладки и воздушного зазора между обмоткой и корпусом двигателя, К/Вт;

R_2 – тепловое сопротивление корпуса двигателя, К/Вт; R – тепловое сопротивление распространению теплового потока от корпуса двигателя в воздух, К/Вт; R^{**} – тепловое сопротивление обмотки, имеющей внутренний распределенный источник тепла, при передаче его через внутреннюю стенку в якорь, К/Вт; R_3 – тепловое сопротивление изоляционной прокладки между обмоткой и якорем, К/Вт; R_4 – тепловое сопротивление воздушного зазора между обмоткой и якорем, К/Вт; R_7 – тепловое сопротивление при распространении тепла вдоль его оси якоря, К/Вт; R_5 – тепловое сопротивление воздушно-масляного зазора между якорем и задним полюсом – корпусом двигателя, К/Вт; R_9 – тепловое сопротивление распространению теплового потока от полюсной части корпуса двигателя в воздух, К/Вт; R_6 – тепловое сопротивление полюса корпуса, К/Вт; R_7 – тепловое сопротивление воздушного зазора и демпфера, К/Вт; P – мощность тепловых потерь в обмотке, Вт; n и n_1 – коэффициенты распределения теплового потока.

В данной схеме наибольшее тепловое сопротивление имеет обмотка, изоляционные прокладки и воздушные зазоры.

Так как коэффициент соотношения тепловых потерь в якорь и обмотке (отношение потерь в якорь потерям в обмотке приближается к нулю $\Rightarrow 0$), используя приведенную систему можно получить уравнение для определения коэффициентов n и n_1 распределения теплового потока

Обозначив $R^* + R_1 + R_2 + R = a$; $R^{**} + R_3 + R_4 + R_7 = b$; $R_5 + R_6 + R_9 = c$; $R_8 = d$, можно получить $n_1 = d / (c+d)$, $n = (bc+bd+dc)/(ac+bc+ad+bd+cd)$.

Величина тепловых потерь в обмотке зависит от её параметров, величины тока и частоты колебаний. Таким образом, зная величину тепловых потерь за один цикл (Е, Дж) можно определить тепловую мощность из формулы $P = E f$, где f – частота колебаний рабочего органа, Гц.

Используя первое уравнение системы, можно определить при установившемся тепловом равновесии максимальную избыточную температуру обмотки

$$\Delta t_0 = P_k (R^* + R_1 + R_2 + R_{кв}) (bc+bd+dc)/(ac+bc+ad+bd+cd).$$

Эта температура должна быть меньше допустимой, которая определяется теплостойкостью изоляции проводника обмотки.

Для проверки адекватности тепловой модели были произведены эксперименты с двумя линейными электромагнитными вибровозбудителями. Эти двигатели имели различные по форме, массе и сопротивлению обмотки. Время каждого испытания составляло 240 минут, что позволяло двигателю достичь установившегося теплового равновесия. В результате эксперимента установлено: средняя избыточная температура обмотки первого двигателя была равна +77 0С, а рассчитанная по тепловой модели +790С. У второго двигателя средняя избыточная температура обмотки была равна +68 0С, а рассчитанная по тепловой модели +61,50С.