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

Δ t =nP(R*+R1 + R2+ R)

Δ t = (1-n)P[R**+R3 + R4+ R7 +(1-n1)R8]

Δ t = (1-n)P[R**+R3 + R4+ R7 +n1(R5+ R6 +R9)]

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; R1- тепловое сопротивление электроизоляционной прокладки и воздушного зазора между обмоткой и корпусом двигателя, К/Вт;

R2- 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; R3 – тепловое сопротивление изоляционной прокладки между обмоткой и якорем, К/Вт; R4 – тепловое сопротивление воздушного зазора между обмоткой и якорем, К/Вт; R7 – тепловое сопротивление при распространении тепла вдоль его оси якоря, К/Вт; R5 – тепловое сопротивление воздушно-масляного зазора между якорем и задним полюсом – корпусом двигателя, К/Вт; R9– тепловое сопротивление распространению теплового потока от полюсной части корпуса двигателя в воздух, К/Вт; R6 – тепловое сопротивление полюса корпуса, К/Вт; R7 – тепловое сопротивление воздушного зазора и демпфера, К/Вт; P – мощность тепловых потерь в обмотке, Вт; n и n1 - коэффициенты распределения теплового потока.

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

Так как коэффициент соотношения тепловых потерь в якоре и обмотке (отношение потерь в якоре потерям в обмотке приближается к нулю ν => 0), используя приведенную систему можно получить уравнение для определения коэффициентов n и n1 распределения теплового потока

Обозначив R* + R1 + R2+ R =a; R** + R3 + R4 +R7 = b;R5+ R6+ R9= c; R8= d,можно получить n1 = 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

Δt0 = Рк (R*к + R1 + R2+ Rкв) (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.