

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НАГРЕВА  
АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ  
В ПОВТОРНО-КРАТКОВРЕМЕННЫХ РЕЖИМАХ РАБОТЫ  
С ЧАСТЫМИ ПУСКАМИ**

В. А. ЖАДАН, Ю. В. КОПЫЛОВ, Д. И. САННИКОВ

(Представлена объединенным семинаром кафедр электрических машин и аппаратов  
и общей электротехники)

Значительная часть асинхронных двигателей работает в повторно-кратковременных режимах (ПКР) работы с частыми пусками. Однако существующие методики теплового расчета асинхронных двигателей имеют достаточно высокую точность только для продолжительного режима работы. Методики теплового расчета, применяемые в настоящее время для ПКР, являются в большинстве своем упрощенными и имеют значительную погрешность или сложны для инженерных расчетов и пригодны только для отдельных типов двигателей.

Для разработки уточненной методики теплового расчета асинхронных двигателей в ПКР необходимо провести экспериментальные исследования нагрева этих двигателей при изменении в широких пределах всех влияющих факторов: величины относительной продолжительности включения (ПВ), числа включений в час  $h$ , статического момента на валу двигателя  $M_c$  и коэффициента инерции вращающихся масс  $K_j$ , который представляет собой отношение момента инерции всех масс на валу двигателя к моменту инерции ротора двигателя.

Обычно при проведении тепловых испытаний асинхронных двигателей в ПКР изменение статического момента на валу двигателя осуществляется с помощью генератора постоянного тока. Этот метод изменения статического момента имеет ряд недостатков:

1. Коэффициент инерции не удается получить меньше, чем 3, так как маховая масса якоря генератора постоянного тока в несколько раз больше маховой массы ротора асинхронного двигателя одинаковой мощности, тогда как согласно ГОСТ—183—66 регламентированные значения  $K_j$  составляют 1,2; 1,6; 2,5; 4,0. Следовательно, тепловые испытания в ПКР при  $K_j < 3,0$  можно проводить только при  $M_c = 0$ .

2. Использование генератора постоянного тока с постоянно включенной обмоткой возбуждения в качестве статической нагрузки может привести к чрезмерному нагреву обмотки в период стоянки двигателя.

Поэтому для проведения тепловых исследований асинхронных двигателей, мощность которых не превышает 10–15 кВт, в ПКР предлагается маломоментная установка, схема которой показана на рис. 1. Здесь статический момент на валу двигателя создается силами трения между тормозными колодками 1 и тормозным цилиндром 2. Регулирование статического момента осуществляется путем изменения давления тормозных колодок на цилиндре с помощью пружины 3. При этом вся

полезная мощность двигателя тратится на трение между колодками и цилиндром, что приводит их к значительному нагреву. Поскольку колодки и цилиндр изготовлены из стали, то допустимая рабочая температура трущихся поверхностей может быть довольно высокой. Для улучшения охлаждения тормозного цилиндра в его внутреннюю полость подается вода, расход которой регулируется вентилем 4. Для отвода образующегося пара над установкой расположен раструб вытяжной вентиляции. После непродолжительной притирки статический момент на валу двигателя становится практически постоянным, и регулирование его в процессе испытаний почти не требуется.

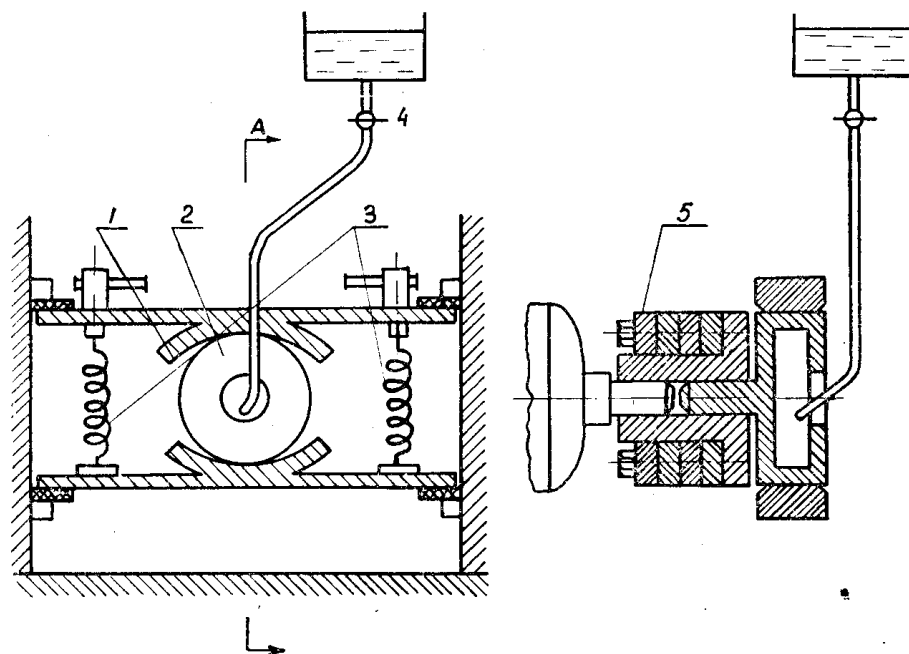


Рис. 1. Установка для исследования нагрева асинхронных двигателей в повторно-кратковременных режимах работы

Изменение коэффициента инерции производится путем изменения числа дисков 5 с известным моментом инерции. Установка позволяет изменять коэффициент инерции  $K_j$  в пределах 1,2—5,0, то есть охватить весь диапазон изменения  $K_j$ , предусмотренный ГОСТ—183-66.

Величина относительной продолжительности включения и число включений в час задается с помощью механического переключателя, который имеет привод от двигателя постоянного тока, что позволяет регулировать число включений в час, а также относительную продолжительность включения во всем диапазоне, предусмотренном ГОСТ—183-66 для режима  $S_4$ .

Для определения теплового состояния в исследуемые двигатели были заложены медно-константановые термопары в количестве 66 штук; в различные точки по длине витка и по окружности обмотки статора заложено 36 термопар, в различных точках по окружности и длине корпуса двигателя — 30 термопар, в ротор — 6 термопар. Показания термопар на роторе измерялись при вращающемся роторе с помощью ртутного токосъемника РАТ-12. Регистрация сигналов от термопар производилась с помощью полуавтоматического потенциометра Р 2/1 и самописца Н39. Схема коммутации термопар позволяет измерять и записывать на бумагу показания любой из термопар, заложенных в двигатель. Контроль за ходом теплового режима осуществляется по одной

из них, расположенной в характерной точке обмотки, а в установившемся тепловом режиме измерялось полное температурное поле двигателя.

тора и станины самотормозящегося двигателя 4А-132-М-4 при ПВ =

На рис. 2 приведены кривые изменения температуры обмотки статора  $f=40\%$ ,  $K=3$  и номинальном статическом моменте на валу двигателя для различного числа включений в час. Кривую изменения температуры обмотки статора в течение рабочего цикла можно разбить на три участка. При включении обмотки статора на напряжение питающей сети ее температура увеличивается (участок 1) за счет потерь от пускового тока на величину, пропорциональную времени разгона маховых

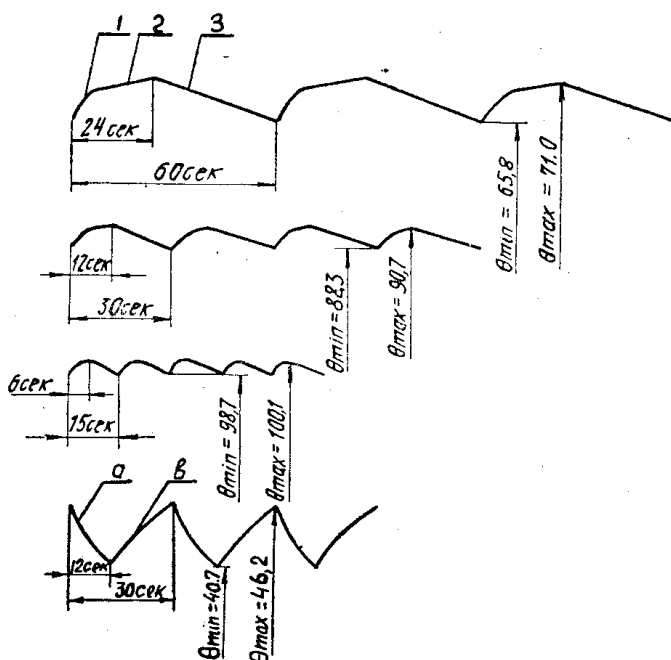


Рис. 2. Изменение нагрева обмотки статора и корпуса при различной частоте включений

масс. На участке 2 увеличение температуры обмотки статора происходит за счет потерь в обмотке, соответствующих номинальному статическому моменту на валу двигателя. На участке 3 происходит охлаждение обмотки статора неподвижного двигателя после отключения его от питающей сети.

Кривая изменения температуры станины в ПКР с частыми пусками имеет существенную особенность: при вращении двигателя корпус охлаждается (участок «а»), а во время паузы — нагревается (участок «в») за счет поступления тепла, аккумулированного в теплоемкости внутренних частей машины. Изменение температуры корпуса за цикл значительно меньше, чем изменение температуры обмотки, что обусловлено его более значительной теплоемкостью.

Анализ полученных кривых нагрева показывает, что при малых числах включений в час увеличение температуры обмотки статора за цикл происходит за счет потерь, вызванных статическим моментом на валу двигателя. При увеличении числа включений в час рост температуры обмотки статора за цикл обусловлен в основном потерями в обмотке, вызванными разгоном вращающихся масс до заданной скорости. Не-

обходимо также отметить, что при увеличении числа включений в час разница между наибольшей и наименьшей температурой обмотки за цикл уменьшается.

По результатам проделанной работы можно сделать следующие выводы:

1. Предлагаемая установка для исследования асинхронных двигателей в ПКР позволяет проводить испытания при  $k_j = 1,2; 1,6; 2,5$ , что не удастся осуществить при использовании для задания статического момента генератора постоянного тока.

2. В связи с противоположным характером изменения температуры обмотки и корпуса в режиме  $S_4$  при расчете кривой нагрева двигателя его нельзя рассматривать как однородное тело.

---