

## НОВЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЕФЕКТОВ ЛИТЬЯ БЕЛИЧЬЕЙ КЛЕТКИ РОТОРА АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ ДО МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

М. П. ТАБИНСКИЙ, А. И. ЗАЙЦЕВ

(Представлена научно-техническим семинаром кафедры ЭПП электромеханического факультета)

В настоящее время на электромоторных заводах проверка качества заливки роторов по ходу технологического процесса не производится, поэтому дефекты литья беличьей клетки обнаруживаются лишь в собранной машине при контрольном испытании. Во многих случаях двигатели с некачественными роторами проходят через контрольные испытания незамеченными. В результате этого наша промышленность терпит убытки как из-за непосредственной траты труда на изготовление некачественных роторов двигателей, так из-за преждевременного выхода из строя электродвигателей, пропущенных через контроль.

Причиной этого является отсутствие простого и надежного, а вместе с тем производительного метода проверки качества заливки ротора [1]. Поэтому поиски рационального метода контроля заливки необработанных роторов продолжаются.

Ниже описанный метод, базирующийся на сравнении механических характеристик двигателей с нормальным и дефектным ротором, является принципиально новым.

Известно, что механические характеристики асинхронного двигателя зависят от параметров статорной и роторной обмоток. Дефекты литья беличьей клетки вызывают некоторое изменение параметров двигателя: раковины в стержне увеличивают активное сопротивление, практически не изменяя сопротивления рассеяния, а обрыв одного стержня сопровождается увеличением активного сопротивления ротора и увеличением сопротивления рассеяния [2].

Экспериментальные исследования, проведенные в лаборатории кафедры электрификации промышленных предприятий Томского политехнического института выявили возможность распознавания дефектов беличьей клетки по различию механических характеристик двигателей с исправным и неисправным ротором [3]. Для этой цели была сконструирована лабораторная установка применительно к роторам электродвигателей ЭМУ-5А и ЭМУ-12А. Установка состоит из многофазного статора с внутренним диаметром на 10 мм больше испытуемого ротора, консольного вала для центрирования испытуемого ротора в расточке статора и источника несимметричного напряжения, подводимого к статору асинхронного двигателя.

При большом воздушном зазоре и ненасыщенной стали м.д.с. обмотки фазы статора имеет форму трапеции. Для удобства анализа про-

исходящих в машине процессов разложим кривую м.д.с. на гармоники, причем, гармониками пятого и высших порядков из-за их малости можно пренебречь.

По [4], результирующая м.д.с. симметричной трехфазной обмотки при симметричной системе напряжений, приложенной к фазам статора, представляет собой правобегущую волну по окружности статора с амплитудой, равной

$$F_1 = \frac{3}{2} F_{\phi 1}, \quad (1)$$

где  $F_{\phi 1}$  — амплитуда основной гармоники обмотки фазы. Все гармоники м.д.с., кратные трем, исчезают. Легко показать, что при несимметричной системе напряжений, приложенной к фазам статора, амплитуда результирующей м.д.с. основной гармоники будет уже значительно меньше, так как появится, кроме правобегущей волны, левобегущая волна и появится также правобегущая волна м.д.с. третьей гармоники<sup>1)</sup>.

$$F_2 = \kappa_1 F_{\phi 1} \sin \left( \omega t - \frac{\pi}{\tau} x \right) + \kappa_2 F_{\phi 1} \sin \left( \omega t + \frac{\pi}{\tau} x \right) + \kappa_3 F_{\phi 3} \sin \left( \omega t - \frac{3\pi}{\tau} x \right), \quad (2)$$

где  $F_{\phi 3}$  — амплитуда м.д.с. третьей гармоники;  
 $\kappa_1; \kappa_2; \kappa_3$  — коэффициенты;  
 $x$  — пространственная координата;  
 $\tau$  — полюсное деление.

Уравнение (2) позволяет представить машину в виде совокупности трех независимых элементарных двигателей различной мощности с жестко соединенными валами, с числом пар полюсов  $p=2$  и  $p=6$ , причем четырехполюсных машин две (рис. 1).

Результирующая механическая характеристика такой машины при симметричном роторе представлена на рис. 2.

Рассмотрим явления, возникающие в машине при наличии раковины, которая вызывает увеличение активного сопротивления стержня, что приводит к некоторой несимметрии токов ротора. Эта несимметрия токов возникает в каждом из трех элементарных двигателей.

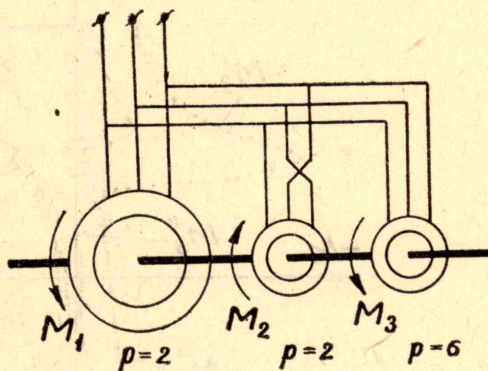


Рис. 1.

Несимметричную систему токов ротора можно разложить на симметричные составляющие прямой и обратной последовательности. При этих условиях [5] в каждом двигателе возникают два вращающихся магнитных поля. Первое создается м.д.с. токов статора и токами прямой последовательности ротора, второе — м.д.с. токов обратной последовательности ротора и токами статора частоты  $f = (1-2s)f_1$ , индуцируемых в обмотках статора потоком ротора обратной последовательности.

<sup>1)</sup> Для простоты рассуждений левобегущую волну м.д.с. третьей гармоники не учитываем, так как ее максимальное влияние находится в зоне отрицательных скоростей.

ности. В соответствии с этим в каждом элементарном двигателе будут существовать два момента:  $M_i'$  и  $M_i''$  (рис. 3). Результирующая механическая характеристика машины получается путем сложения отдельных механических характеристик элементарных двигателей.

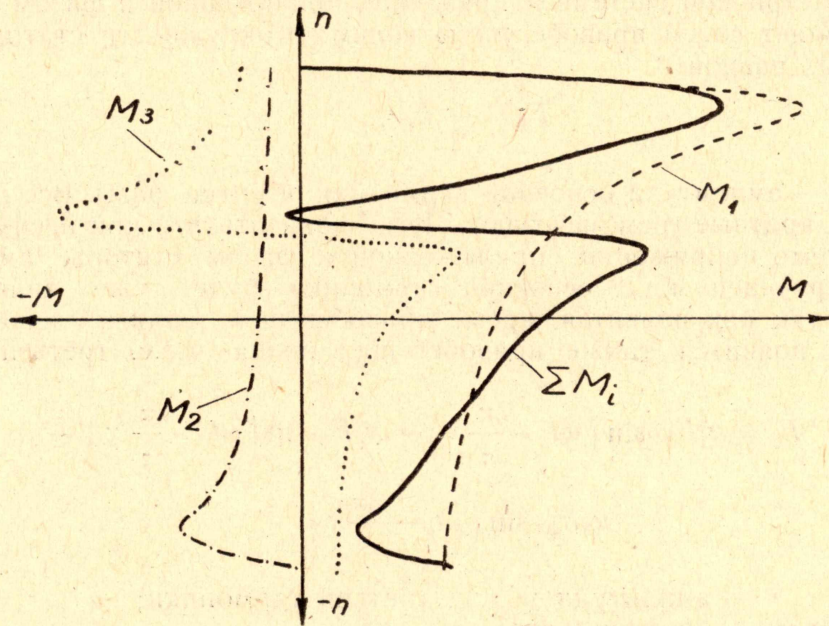


Рис. 2.

Как видно из сравнения рис. 2 и 3, механические характеристики машины с нормальным и дефектным ротором сильно отличаются между собой. Наиболее сильно отличие проявляется в области провала, выз-

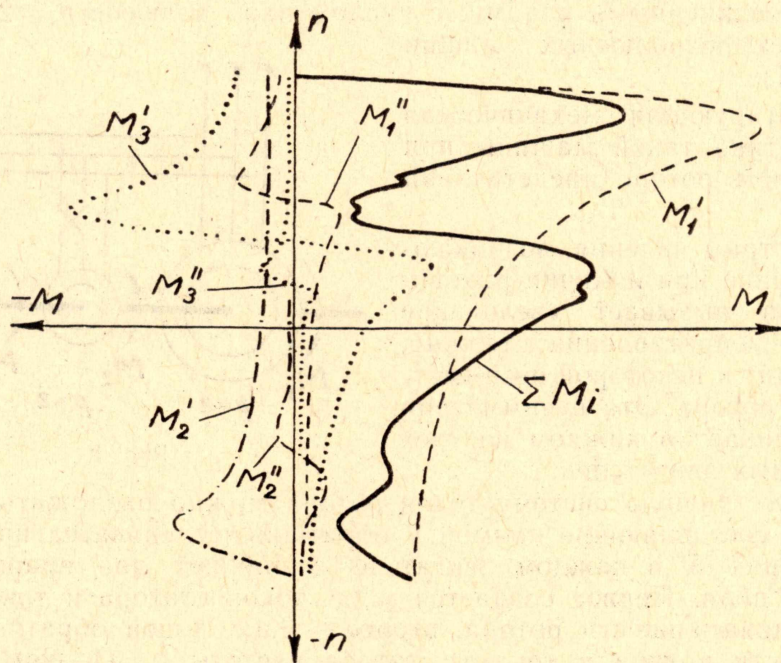


Рис. 3.

ванного третьей гармоникой магнитного поля. Если при нормальном роторе провал в механической характеристике заходит в область отрицательных моментов, то при дефектном роторе провал расположен

только в двигательной области и не достигает нулевого значения момента. Именно данное обстоятельство используется в новом методе контроля: нормальный ротор при пуске установки разгоняется до надсинхронной скорости третьей гармонике магнитного поля, а ротор с дефектом литья разгоняется до подсинхронной скорости основной гармонике магнитного поля статора.

Распознавать дефектные ротора по скорости вращения можно визуально или при помощи тахометра.

Длительность процесса контроля определяется временем разгона ротора. С помощью установки определяются следующие дефекты литья беличьей клетки:

- 1) одна раковина в одном стержне, уменьшающая сечение стержня в этом месте на 30%;
- 2) полный обрыв стержня;
- 3) обрыв двух и более стержней.

Необходимо отметить высокую эффективность данного метода даже при закрытых пазах.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Дан Теодореску. Новый способ определения литейных дефектов стержней короткозамкнутых роторов. ВЭП, № 7, 1963.
2. Hiller, Ute—Maria. Eisfluß fehlender Läuferstäbe auf die elektrischen Eigenschaften von Kurzschlußläufer—Motoren. ETZ—A, à 4, 1962.
3. А. И. Зайцев, М. П. Табинский, Л. А. Цирина. Обнаружение повреждений ротора короткозамкнутого асинхронного двигателя. Тезисы докладов II научнотехнической конференции по вопросам автоматизации производства, Томск, 1964.
4. М. П. Костенко, Л. М. Пиотровский. Электрические машины. Ч. II, ГЭИ, 1958.
5. В. П. Андреев, Ю. А. Сабинин. Основы электропривода. ГЭИ, 1963.

