

КОНТРОЛЬ ИСПРАВНОСТИ ОБМОТОК КОРОТКОЗАМКНУТЫХ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Ясинский А.В., студент; Полковниченко Д.В., к.т.н., доц.

(ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк, Украина)

Методы диагностики технического состояния асинхронных электродвигателей, основанные на выполнении мониторинга потребляемого тока с последующим выполнением специального спектрального анализа полученного сигнала, получили в последнее время широкое распространение [1,2].

В Донецком национальном техническом университете предложено [3] для контроля состояния обмоток короткозамкнутых АД использовать функциональные зависимости мгновенных значений фазных токов статора или их соотношений, например зависимость $i_1(t)=f[i_2(t)]$. При этом i_1 и i_2 определяются как

$$i_1(t) = i_a(t) + i_c(t); \quad i_2 = \frac{i_a(t) - i_c(t)}{\sqrt{3}},$$

где $i_a(t)$, $i_c(t)$ – мгновенные значения токов фаз А и С.

Использование токов фаз А и С обусловлено тем, что на большинстве присоединений электродвигателей трансформаторы токи устанавливаются лишь в этих двух фазах.

На рис.1 приведены зависимости $i_1(t)=f[i_2(t)]$, которые получены путем математического моделирования для исправного двигателя и при наличии в нем дефектов обмоток статора и ротора. Моделирование выполнялось для АД типа АНЗ-16-36-12 мощностью 1000 кВт, который имеет сто тридцать два паза обмотки короткозамкнутого ротора, а его фазные обмотки статора выполнены из двух параллельных ветвей. Согласно [4] для этого двигателя несимметрия токов при обрыве одного стрежня короткозамкнутого ротора составляет 5 %, а при обрыве одной параллельной ветви обмотки статора - 25 %. При этом частота тока обратной последовательности $f_{оп}$, вызванного обрывом стрежней короткозамкнутого ротора АД, является функцией скольжения s , и определяется по выражению

$$f_{оп} = f_1(1-2s),$$

где f_1 – частота питающего напряжения.

Исходя из этого, наличие дефекта короткозамкнутого ротора вызывает пульсации тока во всех фазах обмотки статора, а дефекты обмотки статора вызывают несимметрию амплитуд в поврежденной и "здоровых" фазах [5].

Анализ полученных зависимостей показывает, что для полностью исправного двигателя зависимость $i_1(t)=f[i_2(t)]$ представляет собой правильную окружность (рис.1,а). При возникновении дефекта происходит ее искажение. Так возникновение дефекта короткозамкнутого ротора приводит к образованию кольца, толщина которого согласно зависимости $i_1(t)=f[i_2(t)]$ пропорциональна току обратной последовательности и зависит от степени дефекта короткозамкнутого ротора АД (рис.1,б). При возникновении дефекта обмотки статора зависимость $i_1(t)=f[i_2(t)]$ представляет собой эллипс (рис.1,в). При этом по виду эллипса можно определить не только наличие дефекта, а и вид дефекта, его степень и поврежденную фазу. Так

степень развития дефекта можно определить по изменению диаметров большой и малой осей эллипса, а от того какая фаза повреждена зависит направление наклона зависимости.

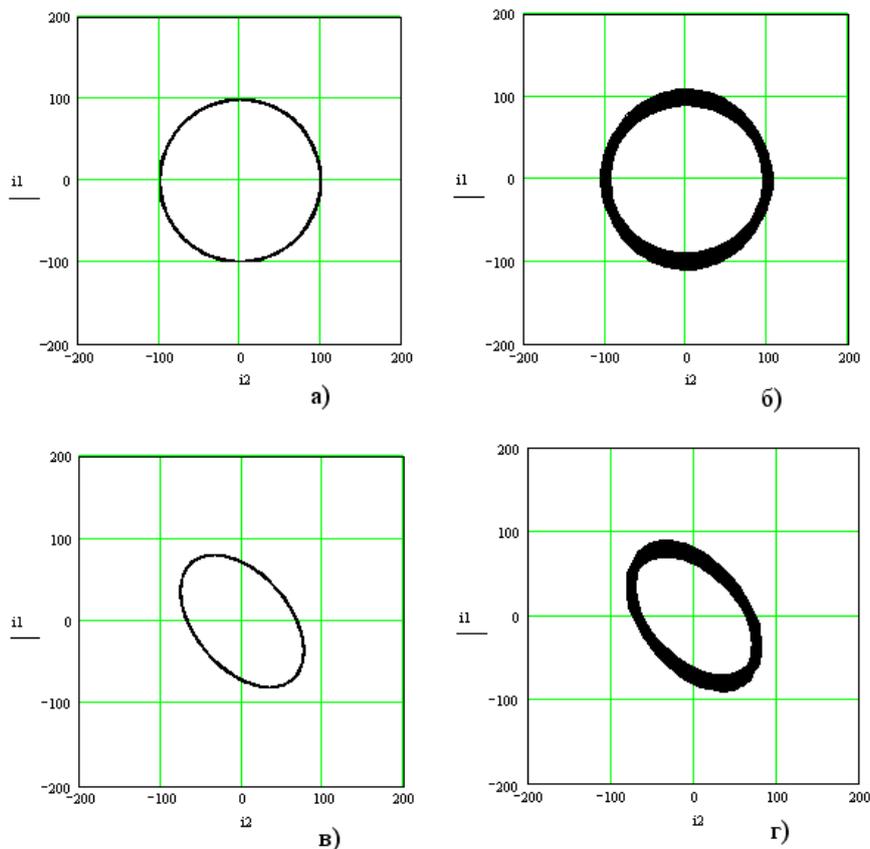


Рисунок 1 - Зависимости $i_1(t)=f[i_2(t)]$: а - для исправного АД; б - при обрыве одного стержня короткозамкнутого ротора; в - при обрыве одной параллельной ветви обмотки статора; г - при обрыве одной параллельной ветви и одного стержня короткозамкнутого ротора

Результаты, полученные путем математического моделирования, подтверждены экспериментальными исследованиями, которые были проведены в лаборатории кафедры "Электрические станции" Донецкого национального технического университета.

Исследование витковых замыканий в обмотке статора проведены на экспериментальном АД 0,4 кВ типа 4А112Г4У3 мощностью 5,5 кВт с выведенными в фазе А отпайками, которые позволяют имитировать замыкание витков. На рис.2,а приведена зависимость $i_1(t)=f[i_2(t)]$ при наличии замыкания 16 % витков фазы обмотки статора АД.

Для исследования режимов работы АД при обрыве стержней короткозамкнутого ротора использовался экспериментальный АД 0,4 кВ типа 4А132Г6У3, ротор которого модернизирован с целью обеспечения возможности имитации обрывов стержней обмотки. Для этого на вынутом роторе отрезаны и заменены боковые короткозамыкающие кольца, а во всех стержнях с двух сторон выполнены отверстия с резьбой. Выполненная модернизация позволяет имитировать обрывы стержней короткозамкнутой обмотки ротора. Для этого с помощью отвертки через отверстия в боковых крышках вывинчиваются болты, которые соединяют стержень с

короткозамыкающими кольцами. На рис.2,б приведена зависимость $i_1(t)=f[i_2(t)]$ при наличии трех оборванных стержней короткозамкнутого ротора АД.

Для внедрения предложенного способа не нужны ни дополнительные датчики, ни сложные устройства и алгоритмы его реализации. Особенно удобным является использования цифровых осциллографов, которые в последнее время широко внедряются на промышленных предприятиях. В этом случае выполняют запись фазных токов двигателей с помощью токоизмерительных клещей, а затем воссоздают функциональные зависимости $i_1(t)=f[i_2(t)]$ на мониторе компьютера.

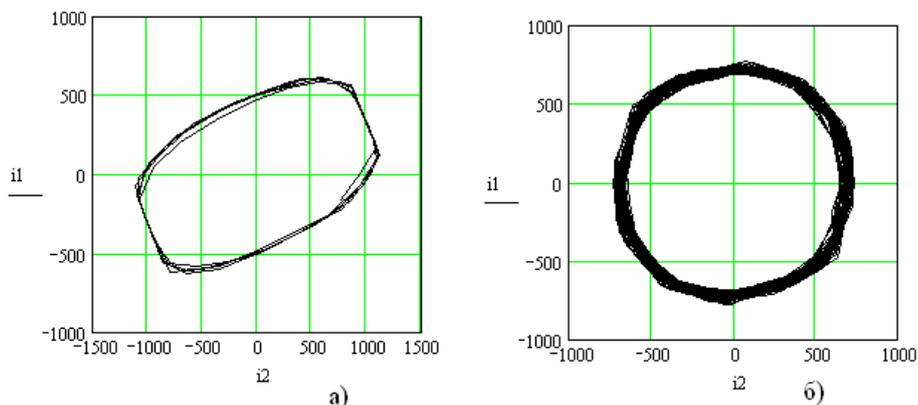


Рисунок 2 - Зависимость $i_1(t)=f[i_2(t)]$: а - при замыкании 16 % витков фазы обмотки статора АД; б - при обрыве трех стержней короткозамкнутого ротора АД

Перечень ссылок

1. Петухов В.С. Диагностика состояния электродвигателей. Метод спектрального анализа потребляемого тока / В.С. Петухов, В.А. Соколов // Новости электротехники. – 2005. - № 31. - С. 50-52.
2. Assaf T. A spectral method for on-line computation of the harmonics of symmetrical components in induction machines / Т. Assaf, Н. Henaо, G.-A. Capolino // International conference on electrical machines (ICEM-2002), Old St. Jan Conference Center, Brugge, Belgium, Conference Record.
3. Патент на винахід № 83226 (Україна) Спосіб контролю справності стрижнів короткозамкненої обмотки ротора асинхронного двигуна/ В.Ф. Сивокобыленко, Д.В. Полковніченко. – Бюл. № 12, 2008.
4. Полковниченко Д.В. Математическое моделирование установившихся режимов работы асинхронных электродвигателей при наличии в них дефектов / Д.В. Полковниченко // Сборник научных трудов ДонГТУ. Серия: электротехника и энергетика, выпуск 28. - Донецк: ДонГТУ. – 2001. – С.100-102.
5. Сивокобыленко В.Ф. Диагностика состояния ротора асинхронного электродвигателя на основе контроля параметров рабочего режима / В.Ф. Сивокобыленко, Д.В. Полковниченко // Сборник научных трудов ДонГТУ. Серия: электротехника и энергетика, выпуск 41. - Донецк: ДонГТУ. – 2002. – С.41-45.