

ПОТЕРИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ОТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ЭКСЦЕНТРИСИТЕТА РОТОРА АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

А.Н. Новожилов, Н.А. Исупова

Павлодарский государственный университет им. С.Торайгырова

Постановка задачи. Электромеханическое преобразование энергии обычно сопровождается потерями. В асинхронных двигателях (АД) их можно разделить на основные и добавочные. К основным потерям относят электрические в обмотках, магнитные в ферромагнитных сердечниках и элементах конструкции, а также механические и вентиляционные потери. Они в основном зависят от конструкции АД и достаточно хорошо исследованы. Так соответствии с [1-3], именно их величина определяет коэффициент полезного действия АД, который проставляют в паспорте на заводе.

Добавочные потери [4-6] возникают в результате вторичных процессов электромагнитного характера, например, вследствие искажения воздушного зазора при эксцентриситете или разнице в сопротивлениях стержней короткозамкнутого ротора АД. Такие дефекты могут возникнуть в АД при изготовлении на заводе или во время эксплуатации. Эксплуатация АД с такими дефектами обычно не приводит к немедленному выходу его из строя, а сопровождается ухудшением эксплуатационных характеристик и повышением потреблением электроэнергии. Добавочные потери на заводе не отражают в паспортных данных АД. Их уровень в АД при отпуске с завода определен уровнем технологии, квалификации персонала и контроле качества выпускаемой продукции. В этой работе сделана попытка оценки величины дополнительных потерь при естественном смещении ротора, то есть при технологическом эксцентриситете.

Определение величины технологического эксцентриситета и вызванных им потерь осуществляется следующим образом. Первоначально находят общую зависимость тока АД от эксцентриситета ротора. Затем экспериментально на группе двигателей определяют ток при технологическом эксцентриситете и величину технологического эксцентриситета.

Ток АД при эксцентриситете ротора. Как правило, статический эксцентриситет ротора возникает в АД при смещении опор подшипников. Он сопровождается неравномерностью воздушного зазора. При этом в зазоре возникают дополнительные поля [5,6]. Последние индуцируют в «беличьей клетке» ротора дополнительные токи. Эти токи существенно изменяют параметры АД и определяют его потери при эксцентриситете ротора.

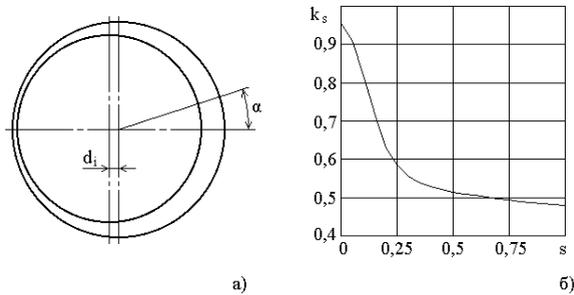


Рисунок 1-Расчетная схема и зависимость коэффициента перемещения в зависимости от l_2/l_1

В соответствии с [1-3] сердечник ротора изготавливают из листов электротехнической стали. Если считать, что первый и последний лист сердечника ротора удалены от неподвижной опоры на расстоянии l_1 и l_2 , то они сместятся на d_1 и d_2 соответственно. Так как обычно технологический эксцентриситет мал, а разница между d_1 и d_2 невелика, то с учетом [5,6] и рис.1,а величина воздушного зазора

$$\delta(\alpha) = k_{\delta} \delta_n - d_{cp} \cos \alpha,$$

где $d_1 = d_2 l_1/l_2$; $d_{\bar{a}} = (d_1 - d_2)/2$; α - геометрический угол, отсчитываемый вдоль расточки ротора от оси обмотки статора той фазы, в которой ток равен амплитуде при $t=0$; k_d -коэффициент Картера.

Если принять величину относительного эксцентриситета

$$\varepsilon = d_{cp} / (k_{\delta} \delta_n), \quad (1)$$

то удельная проводимость зазора, образованная сердечником ротора

$$\lambda_{\delta} = \frac{\mu_0}{k_{\delta} \delta_n (1 - \varepsilon \cos \alpha)}.$$

Разложив второй множитель этого выражения в ряд Фурье и ограничившись нулевым и первым членом ряда, можно получить

$$\lambda_{\delta} = \frac{\mu_0}{k_{\delta} \delta_n} \lambda_0 \left(1 + \frac{\lambda_1}{\lambda_0} \cos \alpha \right), \quad \lambda_0 = 1/\sqrt{1-\varepsilon^2}; \quad \lambda_1 = 2\left(1 - \sqrt{1-\varepsilon^2}\right) / \varepsilon \sqrt{1-\varepsilon^2} \quad (2)$$

Пространственное распределение основной гармонической поля воздушного зазора в эксплуатационных режимах работы при синусоидальном напряжении сети моделируется по методу удельной магнитной проводимости зазора [7]. Если считать магнитную проницаемость стали бесконечно большой и принять магнитодвижущую силу ротора равной нулю, то без эксцентриситета в режиме холостого хода индукция магнитного поля воздушного зазора АД

$$B_{\delta} = \frac{\mu_0}{\delta_n k_{\delta}} \frac{m\sqrt{2}w_1 k_{ol}}{2\pi p} I_{1xx} \lambda_{\delta}, \quad (3)$$

где $I_{1\delta}$ - действующее значение тока холостого хода в фазах АД без эксцентриситета; w_1 - число последовательно соединенных витков в обмотки фазы статора; k_{ol} - обмоточный коэффициент; m - число фаз обмотки статора.

Если (2) подставить в (3) и с учетом [3] преобразовать, то при эксцентриситете ротора

$$B_{\delta} = \frac{\mu_0}{\delta_n k_{\delta}} \frac{m\sqrt{2}w_1 k_{ol}}{2\pi p} I_{1xx} \lambda_0 \left\{ \cos(\omega t - p\alpha) + \frac{\lambda_1}{2\lambda_0} \cos[\omega t - (p+1)t] + \frac{\lambda_1}{2\lambda_0} \cos[\omega t - (p-1)t] \right\}, \quad (4)$$

где первое слагаемое уравнения является основной гармонической поля зазора, а второе и третье – дополнительные с числом пар полюсов равным $\delta \pm 1$, которые и определяют потери от эксцентриситета ротора.

Анализ (4) показывает, что дополнительные поля в воздушном зазоре пропорциональны основному полю, вращаются асинхронно с ротором и поэтому демпфируются полями “белочей клетки”. Поле зазора зависит от скольжения S ротора и определяется отношением $k_s(s) = E_1/U_1$, усредненное значение которого приведено на рис.1,б. и построено с учетом [2], где E_1 - ЭДС, индуцируемая в обмотке фазы статора магнитным полем воздушного зазора АД, а U_1 - фазное напряжение сети.. Тогда ток АД при эксцентриситете ротора можно рассчитать как

$$I_1^* = I_1 + I_{1xx} \left(1 - D_{p\pm 1} \right) \frac{\lambda_1}{\lambda_0} k_s^2, \quad (5)$$

где I_1 и I_1^* - действующее значение тока в фазе АД до и после

эксцентриситета ротора; $D_{p\pm 1}$ - коэффициент демпфирования, который по [6] в соответствии с рекомендациями Иордана и Фрейса следует принимать равным $0,25 \div 0,3$.

Расчет тока фазы I_1^* на АД АО-31-4 при эксцентриситете ротора приведен на рис.2,а.

Экспериментальные исследования. Экспериментальное исследование зависимости $I_1^* = f(\varepsilon)$ и определение технологического эксцентриситета ротора АД проводилось в электротехнической лаборатории кафедры «Автоматизация и управление» ПГУ им. Торайгырова на базе группы из десяти двигателей АД АО-31-4. Экспериментальное значение $I_1^* = f(\varepsilon)$ приведено на рис.2 в виде точек. Из этого рисунка видно, что результаты расчета и эксперимента отличается не более чем на 10-15%.

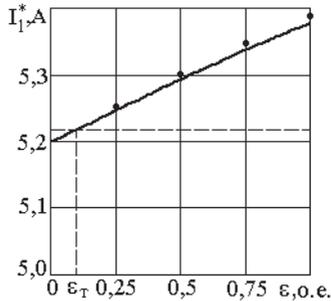


Рисунок 2-Схема и результаты измерения увеличения тока АД в зависимости от эксцентриситета ротора

Экспериментальное среднее значение I_1^* для группы АД составило порядка $5,23 \text{ А}$, а технологический эксцентриситет ε_m соответственно примерно 0,1. Таким образом для данного типа двигателя перерасход электроэнергии в режиме номинальной нагрузки составит примерно 35-30 Вт. При непрерывной эксплуатации АД такого типа в течении года перерасход электроэнергии составит примерно $265 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$. Что соизмеримо со стоимостью самого двигателя. Для избавления от этих потерь следует повышать культуру и улучшать технологию производства АД.

ЛИТЕРАТУРА

1. Иванов-Смоленский А.В. Электрические машины: Учебник для вузов. -М.: Энергия, 1980.- 928 с.

2. Петров Г.Н. Электрические машины. Ч.2. Асинхронные машины и синхронные машины. -М.-Л.: Энергия, 1968.- 224с.
3. Копылов И.П., Горяинов Ф.А., Клоков Б.К. и др. Проектирование электрических машин. -М.: Энергия, 1980.- 495с.
4. Известия Академии наук СССР. Энергетика и транспорт. №1, 1982. Богуславский И.З. Токи в несимметричной короткозамкнутой клетке ротора.
5. Новожилов А.Н. Токи асинхронного двигателя при статическом эксцентриситете// Электротехника. – 1994.- №11.- С.45-47.
6. Геллер Б., Гамата В. Высшие гармоники в асинхронных машинах. -М.: Энергия, 1981.- 351с.
7. Вольдек А.И. Электрические машины. -Л.: Энергия, 1974.- 639с.

Түйіндеме

Көрінудің процессі қаралған және электр энергиясы шығындарының мөлшерлері асинхрондық қозғалтқыш роторы технологиялық эксцентриситеті жанында көрсетілген.

Resume

Process of occurrence and sizes of losses of the electric power is considered at technological exsentrisset a rotor of the asynchronous engine.

УДК 621.313.333.1

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА РАБОТЫ УСТРОЙСТВА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ДВУХДВИГАТЕЛЬНЫМ АСИНХРОННЫМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ

Б.Б. Утегулов, С.С. Исенов

Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова

Для ряда подъемно-транспортных механизмов, используется двухдвигательный асинхронный электропривод (ДАЭП), регулирование координат которого осуществляется изменением добавочных сопротивлений в цепи роторов. Однако такой способ регулирования координат электропривода, в настоящее время, не может удовлетворить возросшим требованиям. Следовательно, необходимо перейти к другому способу, в котором требуемые характеристики обеспечиваются минимальными затратами, и особенно важно использовать существующие двигатели с фазным ротором, внося изменения только в электрическую часть привода.