

Рис. 3. Изготовление магнитопровода с закрытыми пазами из аморфного железа

Использование магнитопроводов из аморфного железа позволит сократить потери в стали в несколько раз, а так же увеличить коэффициент полезного действия приблизительно на 2%, что является значимыми показателями, как в экономическом, так и в техническом плане.

Полученные результаты могут быть использованы на практике при проектировании высокочастотных электромеханических преобразователей энергии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Балагуров В. А. Проектирование специальных электрических машин переменного тока.-М.: Высш. школа, 1982. 272 с.
2. Насыпная Е. П., Подход к расчету удельных потерь в электротехнических сталях // Труды Одесского политехнического университета. сер. Энергетика. Теплотехника. Электротехника. 2010. Т. 1(33). № 2(34). С. 116–123
3. Vavilov V., Gerasin A., Ismagilov F., Khayrullin I. An Algorithm for Controlling Hybrid Magnetic Bearings Using the Magnetic Field Pattern // Journal of Computer and Systems Sciences International. 2013. Vol. 52. №. 5. pp. 794–799.
4. Аморфные и нанокристаллические магнитомягкие сплавы [<http://www.mstator.ru/products/amorf>].

АСИНХРОННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД С ПОВЫШЕННОЙ ЖИВУЧЕСТЬЮ

Иванов К.В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск

Понятие живучести электропривода относится к разделу электромеханике, а именно к устройствам для регулирования числа оборотов электродвигателя и может быть использовано в широко регулируемых асинхронных электроприводах с повышенной живучестью при однократных или множественных отказах. Применяется в различных отраслях промышленности, таких как: военная техника, химическая промышленность металлургия, ядерная промышленность.

Задачей данной модели является обеспечение управления с повышенной живучестью n -секционного трехфазного асинхронного электропривода в случае

одиночных или множественных отказов. В предложенном асинхронном электроприводе с повышенной живучестью используется микроконтроллер, который позволяет выявить отказ в одном из n -преобразователей частоты, либо выявить отказ одного из фаз n -секционного двигателя. В результате по программе микроконтроллера происходит адаптация структуры электропривода из рабочего трехфазного в аварийный двухфазный режим работы. При этом вектор одного из токов в отказавшей секции смещается на угол $\pi/3$ с сохранением одинаковой амплитуды токов в фазах и в результате обеспечивается сохранение кругового вращающегося поля в магнитном зазоре той секции электрического двигателя, где произошел отказ, при этом оставшиеся $n-1$ секции электропривода продолжают работать в трехфазном режиме. При последующих отказах в этой же секции она выбывает из работы, и электропривод функционирует с пониженной активной мощностью, но с обеспечением свойства живучести. В процессе плавного истощения рабочего ресурса электропривода: – структурного (за счет формирования избыточности в виде n -секций вместо одной); – функционального (за счет обеспечения работоспособности каждой из n -секций двигателя на двух оставшихся фазах трехфазного двигателя в аварийном режиме) резервов в минимальном составе электропривода обеспечивается работа на двух оставшихся фазах одной работоспособной секции при отказавших $n-1$ секциях включительно, что позволяет обеспечить работоспособность, как при одиночных, так и при множественных отказах электропривода с обеспечением свойства повышенной живучести.

На рисунке 1 представлена функциональная схема отказоустойчивого асинхронного электропривода выполненного на основе n - секционного трехфазного асинхронного двигателя. Отказоустойчивый асинхронный электропривод с повышенной живучестью содержит n -асинхронных двигателей 1 (АД 1), ..., 2 (АД n), каждая фаза которых через соответствующие датчики тока 3 (ДТ1), 4 (ДТ2), 5 (ДТ3), ..., 6 (ДТ4), 7 (ДТ5), 8 (ДТ6) подключена к соответствующему трехфазному преобразователю частоты 9 (ПЧ1), 10 (ПЧ2), 11 (ПЧ3), ..., 12 (ПЧ4), 13 (ПЧ5), 14 (ПЧ6). Все преобразователи частоты 9 (ПЧ1), 10 (ПЧ2), 11 (ПЧ3), ..., 12 (ПЧ4), 13 (ПЧ5), 14 (ПЧ6) и датчики тока 3 (ДТ1), 4 (ДТ2), 5 (ДТ3), ..., 6 (ДТ4), 7 (ДТ5), 8 (ДТ6) подключены к микроконтроллеру 15 (МК). На общем валу асинхронных двигателей 1 (АД1), ..., 2 (АД n) установлен датчик скорости 16 (ДС), выход которого подключен к микроконтроллеру 15 (МК). Датчик частоты вращения вала двигателя 17 (ЗЧВ) подключен к микроконтроллеру 15 (МК).

В случае возникновения аварийной ситуации в одной из фаз асинхронного двигателя 1 (АД), или ..., или 2 (АД), или в преобразователях частоты 9 (ПЧ1), 10 (ПЧ2), 11 (ПЧ3), ..., 12 (ПЧ4), 13 (ПЧ5), 14 (ПЧ6) выявляется отказ на основе анализа сигнала текущей ошибки регуляторов тока в микроконтроллере 15 (МК). В результате, происходит восстановление работоспособности за счет активизации алгоритма восстановления в микроконтроллере 15 (МК) при переключении из рабочего трехфазного в аварийный двухфазный режим работы.

При этом один из двух оставшихся векторов тока смещается на угол $\pi/3$ с сохранением одинаковой амплитуды тока в фазах и в результате, обеспечивается сохранение кругового вращающегося поля в магнитном зазоре асинхронных двигателей 1 (АД), ..., 2 (АД), где произошел отказ [2].

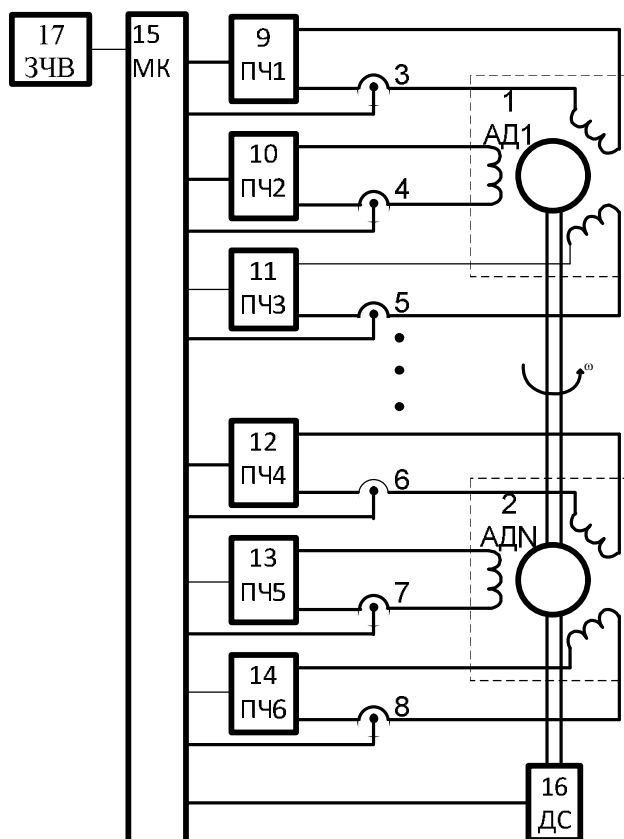


Рис. 1. Функциональная схема отказоустойчивого асинхронного ЭП

В качестве примера функционирования алгоритма восстановления, корректируют мгновенные значения фазных токов асинхронного двигателя 1(АД1),..., 2(АДn) для опережающей фазы вектора тока по выражениям:

$$I_A = I_\omega \cdot \bar{a} \cdot \sin((2^\sigma - 1 - \alpha) \cdot \bar{d} + \alpha \cdot d \pm \pi \cdot b);$$

$$I_B = I_\omega \cdot \bar{b} \cdot \sin((2^\sigma - 1 - \alpha) \cdot \bar{d} + \alpha \cdot d \pm \pi \cdot c + 2\pi/3);$$

$$I_C = I_\omega \cdot \bar{c} \cdot \sin((2^\sigma - 1 - \alpha) \cdot \bar{d} + \alpha \cdot d \pm \pi \cdot a + 4\pi/3);$$

а для отстающей фазы вектора тока:

$$I_A = I_\omega \cdot \bar{a} \cdot \sin((2^\sigma - 1 - \alpha) \cdot \bar{d} + \alpha \cdot d \pm \pi \cdot c) \sqrt{b^2 - 4ac};$$

$$I_B = I_\omega \cdot \bar{b} \cdot \sin((2^\sigma - 1 - \alpha) \cdot \bar{d} + \alpha \cdot d \pm \pi \cdot a + 2\pi/3);$$

$$I_C = I_\omega \cdot \bar{c} \cdot \sin((2^\sigma - 1 - \alpha) \cdot \bar{d} + \alpha \cdot d \pm \pi \cdot b + 4\pi/3),$$

где I_ω – значение амплитуды формируемых фазных токов, А; σ – число двоичных разрядов выходного кода цифрового сигнала, полученного в результате интегрирования сигнала с датчика скорости 16 (ДС); d – значение бита, вычисляемого по логическому выражению: $d = a \cup b \cup c$, \cup – логическая операция ИЛИ, если $d = 1$ – есть отказ в одной из фаз; $\bar{a}, \bar{b}, \bar{c}, \bar{d}$ – инверсные значения битов a, b, c, d ; α – значение текущего двоичного кода цифрового сигнала, полученного в результате интегрирования сигнала с датчика скорости 16 (ДС).

Таким образом, предложенное техническое решение позволяет обеспечить повышенную живучесть n- секционного трёхфазного асинхронного электропривода

при однократных или множественных отказах с сохранением кругового вращающегося поля в воздушном зазоре двигателя.

ЛИТЕРАТУРА

1. Глухов Д.М. Моделирование многофазных асинхронных двигателей в аварийных режимах: автореферат Изд-во ТПУ, 2005. – 18 с.
2. Юферов Ф.М. Электрические машины автоматических устройств. –Высшая школа, 1988. – с. 479.

ДИАГНОСТИКА МАГНИТНОЙ СИСТЕМЫ ДВИГАТЕЛЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА ПО ДОБАВОЧНОМУ ТОКУ КОММУТАЦИИ

Кулибаба М.В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск

Тяжелые условия эксплуатации локомотивов предъявляют высокие требования к техническому состоянию отдельных узлов и агрегатов. Особое место в них занимают тяговые электродвигатели (ТЭД), которые являются наиболее нагруженными и, одновременно, наиболее уязвимыми и неконтролируемыми узлами.

На долю ТЭД приходится свыше 50% возникающих неисправностей, из-за которых отрасль терпит убытки, связанные с внеплановыми ремонтами, простоями, исчисляемыми десятками часов, а также с аварийными ситуациями, нарушающими безопасность движения.

Одним из основных узлов тяговых электрических машин является коллекторно-щеточный узел (КЩУ). Большая часть неисправностей ТЭД связана с обмотками и проявляется в нарушении процесса коммутации. Увеличение искрения вызывается также многими причинами механического характера. Проявление нарушений коммутации в искрении коллекторно-щеточного узла давно рассматривается как показатель состояния машины постоянного тока и, в частности, ТЭД.

Под коммутацией тока понимают процесс изменения направления тока в секции обмотки якоря при переходе ее из одной параллельной ветви в другую.

Так как добавочный ток i_d , складываясь с током i_a , приводит к повышению плотности тока под сбегаящим краем щетки, то под щеткой появляется искрение. Этот ток обусловлен наличием нескомпенсированной ЭДС в короткозамкнутой секции и изменением площади скользящего контакта:

$$i_d = \frac{\Delta e_r}{R_{\text{щ}} + r_c},$$

где Δe_r - нескомпенсированная ЭДС в короткозамкнутой секции, В;

$R_{\text{щ}}$ – сопротивление контакта щетка – коллектор, Ом;

r_c – активное сопротивление секции, Ом.

Самой лучшей коммутацией считается прямолинейная, при которой ток i_d равен нулю. Так как величина добавочного тока i_d зависит от величины ЭДС в коммутируемой секции и от сопротивления переходного контакта между щеткой и коллекторными пластинами то улучшать коммутацию можно, увеличивая сопротивление щеток или уменьшая ЭДС в коммутируемой секции до нуля. Увеличение сопротивления щеток для улучшения коммутации может быть применено только в машинах малой мощности, так как при больших значениях тока якоря