

$S_3 \vee (S_2 \wedge S_1) = (S_3 \vee S_2) \wedge S_1$ модулярность, для элементов S_1, S_2, S_3 выполняется.

Можно отметить, что большинство подрешеток в иерархии страт все - таки удовлетворяют этому условию. Более того, в любой иерархии можно построить подрешетку удовлетворяющую условию не только модулярности но и дистрибутивности.

Утверждение 2. В любой иерархии существует последовательность страт S_{i_1}, S_{i_2}, \dots

$$d = \frac{|A \cup B| - \max(|A|, |B|)}{\min(|A|, |B|)},$$

где $|A|, |B|$ - мощность страт A и B , $\min(a, b)$ - минимальное из чисел a, b , $\max(a, b)$ - максимальное из чисел a, b .

Утверждение 3. Расстояния между стратами обладают следующими свойствами:

1. $d(A, B) = 1 \Leftrightarrow A \cap B = \emptyset$
2. $d(A, B) = 0 \Leftrightarrow A \subset B$ или $B \subset A$
3. $0 \leq d(A, B) \leq 1$

В доказательстве следующего критерия немодулярности иерархии также используется понятие расстояния между стратами.

Утверждение 4. В иерархии I тогда и только тогда существует немодулярная подрешетка, когда в ней найдутся такие страты A, B, C , которые удовлетворяют следующим условиям:

1. $d(A, C) = 0, A \neq C$

S_{i_n} , которые образуют дистрибутивную подрешетку.

Часто является необходимым оценить, насколько две страты близки друг к другу. Для этого введем понятие расстояния между стратами. Дадим следующее определение.

Определение 2. Расстоянием $d(A, B)$ между стратами называется число

$$2. d(A, B) > 0$$

3. $B \cap C = A \cap B$ (при этом если $|B| < |A|$ это условие эквивалентно равенству $d(A, B) = d(B, C)$).

Доказательства утверждений 2, 3, 4 будут рассмотрены в следующих работах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Клейменов В.Ф., Суровцева Н.Н., Функции для иерархии категорий пожилых людей // *Фундаментальные исследования*. № 10, 2008 г., С. 75.
2. Клейменов В.Ф., Суровцева Н.Н., Вычисление для иерархии страт // *Фундаментальные исследования*. № 3, 2009 г., С.58-59.
3. Биркгоф Г. Теория решеток. - М.: Наука. 1984. - 568 с.

Технические науки

ПОГРЕШНОСТИ МЕТОДА ПРИВЕДЕНИЯ К ЭКВИВАЛЕНТНОЙ ДВУХФАЗНОЙ МАШИНЕ ПРИ АНАЛИЗЕ АВАРИЙНЫХ РЕЖИМОВ МНОГОФАЗНЫХ ИНВЕРТОРНЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Бражников А.В., Бабин В.А., Белозеров И.Р., Шульгин А.В., Калинин К.Н.
ФГОУ ВПО «Сибирский федеральный университет»
Красноярск, Россия

В настоящее время одним из наиболее широко применяемых методов теоретического исследования электромагнитных процессов, происходящих в инверторных электроприводах переменного тока (ИЭП), является метод приведения к эквивалентной двухфазной машине.

В [1] был проведен анализ погрешностей этого метода применительно к установившимся нормальным (неаварийным) режимам работы ИЭП и доказано, что в указанных режимах при подавляющем большинстве значений числа фаз ИЭП использование классического варианта метода приведения к эквивалентной двухфазной машине (МЭДМ) обуславливает потерю определённой доли информации о фазных напряжениях и токах, электромагнитном моменте электродвигателя и токе на выходе преобразователя частоты. Это связано с тем, что применение базовых операций МЭДМ приводит к взаимной компенсации гармонических составляющих фазных напряжений (а, следовательно, и токов), порядки которых удовлетворяют равенству

$$c \pm 1 = b_0 m_s, \quad (1)$$

где C – порядок гармоники напряжения (тока); m_s – число фаз ИЭП; $b_0 = 0, \pm(1, 2, 3, \dots)$.

МЭДМ (в различных своих модификациях) применяется при проведении значительного числа исследований ИЭП с $m_s \geq 5$, несмотря на его недостаточную точность при этих числах фаз. Некоторые исследователи высказывают предположение о том, что при анализе аварийных режимов многофазных (т.е. с $m_s \geq 5$) ИЭП использование МЭДМ не вносит погрешностей в результаты моделирования.

В связи с этим представляется актуальным решение вопроса о возможности и целесообразности применения МЭДМ при изучении аварийных режимов ИЭП с числами фаз $m_s \geq 5$.

Наиболее рациональными будет решение сформулированной задачи аналитическим путем, позволяющим получить наиболее пол-

ное представление о фильтрующих свойствах базовых операций МЭДМ.

Для анализа фильтрующих свойств линейного преобразования МЭДМ при моделировании аварийных режимов работы многофазных ИЭП необходимо и достаточно изучить спектральный состав фазных напряжений и (или) токов электродвигателя до и после проведения базовых операций МЭДМ. С целью получения наиболее полного решения этого вопроса целесообразно воспользоваться аналитическими методами исследования.

При моделировании установившихся электромагнитных процессов, имеющих место при аварийных режимах работы m_s -фазного ИЭП (например, в случае обрыва одной или нескольких фазных обмоток статора электродвигателя), система фазных напряжений машины может быть описана следующим образом:

$$u_i(t) = \sum_{c=1}^{\infty} U_{\phi}(c) \cos \left[c \omega_o t - \alpha(c) - \frac{2\pi}{m_s^* \kappa_a} \cdot c(i-1) \right], \quad (2)$$

где $U_{\phi}(c)$, $\alpha(c)$ – соответственно амплитуда и фаза C -й гармоники; ω_o – угловая частота основной гармоники $u_i(t)$; $i = \overline{1, m_s^*}$; $\kappa_a = m_s / m_s^*$; $m_s^* = m_s - \theta_s$; θ_s – число фазных обмоток статора m_s -фазного электродвигателя, находящихся в аварийном состоянии.

Необходимо отметить, что формула (2) соответствует наиболее “тяжелому” аварийному режиму работы m_s -фазного ИЭП, когда все дефектные фазные обмотки электродвига-

теля расположены в непосредственной близости друг от друга по расточке статора, т.е. когда номера j дефектных фазных обмоток принадлежат множеству $J \equiv \{j_o; j_o + 1; j_o + 2; j_o + 3; \dots; j_o + \theta_s - 1\}$, где j_o – некоторое число; $j_o = \overline{1, m_s^*}$; $j = \overline{1, m_s}$.

В рассматриваемом случае выражение, описывающее базовую операцию (линейное преобразование) МЭДМ, будет иметь вид

$$\sigma_{Б.МЭДМ} = \sum_{i=1}^{m_s^*} U_i(t) \delta_i \quad (3)$$

Формула (3) с учетом (2) принимает следующий вид:

$$\sigma_{Б.МЭДМ} = \frac{1}{2} \sum_{v_s=1}^2 \sum_{c=1}^{\infty} A_A(c) U_{\phi}(c) \times$$

$$\times \frac{\sin}{\cos} \left\{ (-1)^{V_3} \left[c \omega_o t - \alpha(c) - \pi \cdot \frac{m_s^* - 1}{m_s^* \kappa_a} (1 + (-1)^{V_3} c) \right] \right\}, \quad (4)$$

где

$$A_A = \frac{\sin\{\pi[1 + (-1)^{V_3} c]/\kappa_a\}}{\sin\{\pi[1 + (-1)^{V_3} c]/m_s^* \kappa_a\}} = \begin{cases} m_s^* \text{ при } (c \pm 1) = b_A m_s; \\ 0 \text{ при } (c \pm 1) \neq b_A m_s; \end{cases} \quad (5)$$

$$b_A = 0, \pm(1, 2, 3, \dots).$$

Коэффициент $A_A(c)$ характеризует фильтрующие свойства линейного преобразования МЭДМ при моделировании установившихся электромагнитных процессов, имеющих место в аварийных режимах работы m_s -фазного ИЭП.

Анализ выражения (5) показывает, что при исследовании названных выше процессов с помощью МЭДМ в процессе линейного преобразования происходит взаимная компенсация гармоник фазных напряжений (а, следовательно, и токов) многофазного электродвигателя, порядки которых не удовлетворяют равенству (1), т.е. эти гармонические составляющие исключаются из дальнейшего рассмотрения (происходит потеря информации).

При моделировании аварийных режимов работы ИЭП с помощью МЭДМ методические погрешности будут отсутствовать только в следующих трех случаях:

– $m_s = 3$; фазные обмотки статора электродвигателя соединены по схеме “звезда без нулевого провода”; C – целые числа;

– $m_s = 4$; фазные обмотки статора электродвигателя соединены по схеме “звезда без нулевого провода”; C – целые нечетные числа;

– $m_s = 6$; симметричная система фазных обмоток статора электродвигателя расщеплена на две 3-фазные симметричные подсистемы, в каждой из которых фазные обмотки соединены по схеме “звезда без нулевого провода”; C – целые нечетные числа.

Описанные фильтрующие свойства линейного преобразования МЭДМ при моделировании аварийных режимов работы ИЭП имеют место независимо от типа преобразователя частоты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бражников А.В. Многофазный инверторный электропривод с различным исполнением ротора асинхронного двигателя: Дисс... канд. техн. наук / Томск. политехн. ин-т. Защищена 26.06.1985 г. № ГР 01830052658. – Красноярск, 1985 г. – 210 с.

СОВРЕМЕННЫЕ АСПЕКТЫ ПОДГОТОВКИ КОНСТРУКТОРОВ ПО НАПРАВЛЕНИЮ 200100 ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

Гормаков А.Н., Дмитриев В.С.
Национальный исследовательский
Томский политехнический университет
Томск, Россия

Первые приборы, созданные человеком, были направлены на измерение веса, длины, угловых размеров, объёма и содержали исключительно механические узлы. С развитием науки и техники приборы стали содержать в своем составе кроме механических узлов электротехнические изделия, электронные, оптические устройства и микропроцессоры. В настоящее время в нефтегазодобывающей, химической, перерабатывающей промышленности измеряют и контролируют технологические параметры: давление, расход, силу, массу, уровень, температуру, скорость, влажность и др. В процессе управления подвижными объектами (морскими кораблями, самолётами, вертолётами и др.) определяют географические координаты, пространственную ориентацию, скорость, ускорение, высоту. В быту нас окружают бытовые приборы. Мы не можем обходиться без средств связи, радио, телевидения и многих других приборов.

Создание современных приборов требует от конструктора глубоких знаний по блоку естественнонаучных, общепрофессиональных и специальных дисциплин.

В последние годы технические ВУЗы страны испытывают общие для всех проблемы: