

УФК 6 21. 314 + 621316

Б.Т. Кононов, А.Е. Ручка

Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков

НЕПОЛНОФАЗНЫЕ РЕЖИМЫ РАБОТЫ ДИЗЕЛЬ-ИНЕРЦИОННЫХ УСТАНОВОК ГАРАНТИРОВАННОГО ПИТАНИЯ

В статье рассматриваются аварийные режимы работы, вызываемые обрывом одной или двух фаз в цепях основного источника системы автономного электроснабжения, в состав которой входят дизель-инерционные установки гарантированного питания с электрической машиной переменного тока.

Ключевые слова: дизель-инерционная установка, электрическая машина переменного тока, аварийный режим работы.

Введение

Постановка проблемы. В системах автономного электроснабжения, в состав которых входят дизель-инерционные установки гарантированного питания, содержащие приводной двигатель (ПД), электрическую машину переменного тока (ЭМ), на валу которой размещен маховик (m), и разобщительную муфту М, соединяющую вал двигателя с валом электрической машины (рис. 1), возможны нештатные аварийные ситуации, связанные с неполнофазными режимами работы внешней сети, являющейся основным источником электроснабжения (ОИ).

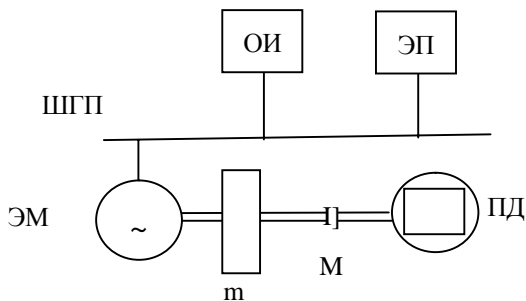


Рис. 1. Схема системы автономного электроснабжения

В возникающих нештатных ситуациях, вызванных обрывом одной или двух фаз внешней сети, электроприемники (ЭП) продолжают получать трехфазный переменный ток от шин гарантированного питания (ШГП), но электрическая машина в случае обрыва одной фазы в цепях ОИ переходит в режим генератора по этой фазе и остается в двигательном режиме по двум другим фазам. В случае обрыва двух фаз в цепях ОИ электрическая машина переходит в режим генератора по этим двум фазам, оставаясь в режиме двигателя по исправной фазе. Таким образом в неполнофазных режимах работы основного источника происходит искажение формы вращающегося магнитного поля электрической машины, которое перестает быть круговым, что приво-

дит к возникновению опасных вибраций электрической машины, входящей в состав установки гарантированного питания и являющейся резервным источником электроснабжения. Возникшая ситуация усугубляется тем, что на шинах гарантированного питания ШГП напряжение не меняется, а значит нет оснований принять решение об отключении основного источника и включении приводного двигателя.

Анализ литературы. В [1] описывается работа установок гарантированного питания с электромашинами преобразователями и механическими накопителями энергии в полнофазных режимах работы основного источника питания и в переходных режимах, связанных с трехфазными короткими замыканиями и с исчезновением напряжения в цепях сетевого ввода.

В [2] рассматриваются режимы поперечной и продольной несимметрии трехфазной цепи переменного тока. Однако в известной литературе не рассматривается свойственный только электрическим машинам установок гарантированного питания режим их одновременной работы по разным фазам и в качестве двигателя, и в качестве генератора.

Цель статьи состоит в анализе неполнофазных режимов работы установок гарантированного питания, в состав которых входят трехфазные электрические машины, и разработке рекомендаций по своевременному прекращению нештатных ситуаций при работе таких установок гарантированного питания.

Основной материал

Рассмотрим вначале неполнофазный режим работы, связанной с обрывом одной фазы питающей сети, например, фазы В. При этом электрическая машина по фазам А и С остается в работе в режиме двигателя, а в фазе В переходит в генераторный режим работы.

На рис. 2 приведены векторные диаграммы, соответствующие исходному и неполнофазному режиму работы электрической машины.

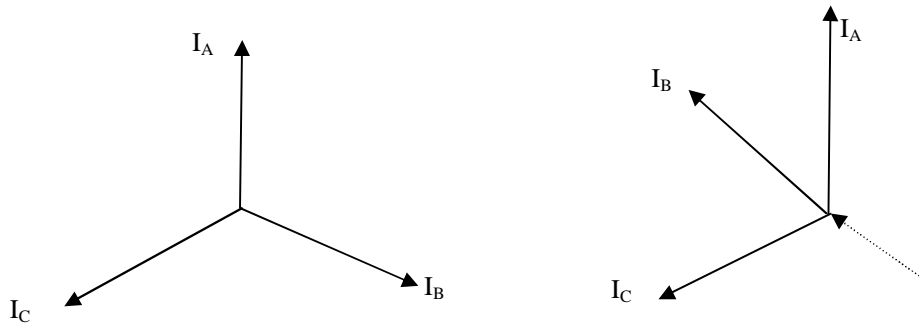


Рис. 2. Векторные диаграммы нормального и неполнофазного режима при обрыве фазы В

Для анализа исследуемого режима воспользуемся методом симметричных составляющих [2]. Введя понятие оператора поворота $a = -1/2 + j\sqrt{3}/2$, в соответствии с рис. 2. получаем для рассматриваемого неполнофазного режима, что

$$\begin{aligned} \dot{I}_B &= -a^2 \dot{I}_A; \\ \dot{I}_C &= a \dot{I}_A, \end{aligned} \quad (1)$$

где I_A, I_B, I_C – соответствующие фазные токи.

Используя (1) и известные соотношения для определения симметричных составляющих I_1, I_2 и I_0 :

$$\begin{aligned} \dot{I}_1 &= 1/3 (\dot{I}_A + a \dot{I}_B + a^2 \dot{I}_C); \\ \dot{I}_2 &= 1/3 (\dot{I}_A + a \dot{I}_B + a \dot{I}_C); \\ \dot{I}_0 &= 1/3 (\dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C); \end{aligned} \quad (2)$$

получаем, что

$$\begin{aligned} \dot{I}_1 &= 1/3 \dot{I}_A; \quad \dot{I}_2 = (1/3 - j\sqrt{3}/3) \dot{I}_A; \\ \dot{I}_0 &= (1/3 + j\sqrt{3}/3) \dot{I}_A; \end{aligned} \quad (3)$$

Из (3) следует, что в рассматриваемом неполнофазном режиме неизбежно появление обратной и нулевой последовательностей.

В неполнофазном режиме, связанном с обрывом двух фаз питающей сети, например фаз В и С, электрическая машина в этих фазах переходит в режим генератора, а в исправной фазе остается в режиме двигателя, тем самым становятся справедливыми следующие соотношения

$$\dot{I}_B = -a^2 \dot{I}_A; \quad \dot{I}_C = -a \dot{I}_A; \quad (4)$$

Учитывая соотношения (2) и (4), получаем, что

$$\dot{I}_1 = -1/3 \dot{I}_A; \quad \dot{I}_2 = -2/3 \dot{I}_A; \quad \dot{I}_0 = -2/3 \dot{I}_A, \quad (5)$$

т.е. то, что и в этом неполнофазном режиме появляются обратная и нулевая последовательности.

Для фиксации факта появления тока нулевой последовательности целесообразно использовать фильтр токов нулевой последовательности, содержащий в своем составе токовое реле и три трансформатора тока, измеряющие фазные токи. В обмотке реле суммируются фазные токи, а при срабатывании этого реле подается команда на отключение сетевого ввода и пуск приводного двигателя. По этой команде включается разобщительная муфта, подключая при этом вал приводного двигателя к валу генератора с маховиком, выполняющим роль стартера и обеспечивающего выход приводного двигателя на данный режим работы и перевод тем самым установки гарантированного питания в автономный режим. Для фиксации появления тока обратной по-

следовательности возможно использовать стандартный фильтр токов обратной последовательности, содержащий три трансформатора тока, измеряющие фазные токи и промежуточного трансформатора, токовые обмотки которого в двух фазах индуктивно связаны с третьей обмоткой в выходной цепи, подключенной к реле пуска приводного двигателя.

Соответствующим подбором активных и реактивных сопротивлений фильтра обеспечивается фиксация в выходной цепи напряжения, появляющегося при появлении тока нулевой последовательности.

В рассматриваемых неполнофазных режимах изменяется характер вращающегося магнитного поля. Действительно, в нормальном режиме работы мгновенные значения индукций фаз определяются соотношениями [2]:

$$\begin{aligned} V_A &= V_M \sin \omega t; \quad V_B = V_M \sin (\omega t - 2\pi/3); \\ V_C &= V_M \sin (\omega t + 2\pi/3); \end{aligned} \quad (6)$$

а результирующий вектор магнитной индукции

$$\overline{V_{НР}} = j (V_A + a^2 V_B + a V_C), \quad (7)$$

$$\text{т.е.} \quad \overline{V_{НР}} = -1.5 V_M e^{-j\omega t}. \quad (8)$$

В неполнофазном режиме работы, связанном с обрывом одной фазы, например фазы В, результирующий вектор магнитной индукции $\overline{V_{НР}}$ определяется из соотношения

$$\begin{aligned} \overline{V_{НР}} &= j V_M (\sin \omega t - a^2 \sin \omega t \cos 2\pi/3 - \\ &- a^2 \cos \omega t \sin 2\pi/3 + a \sin \omega t \cos 2\pi/3 + \\ &+ a \cos \omega t \sin 2\pi/3) = V_M (3/2 \cos \omega t - \\ &- 0,5 j \sin \omega t) = \overline{V_{НР}} + V_M j \sin \omega t. \end{aligned} \quad (9)$$

Таким образом, круговые вращающееся магнитное поле, соответствующее выражению (8), искажается и становится эллиптическим, что соответствует выражению (9). Искажение кругового вращающегося магнитного поля имеет место и в неполнофазном режиме, связанном с обрывом двух фаз в цепи основного источника.

Выводы

1. Неполнофазные режимы работы в цепях основного источника питания автономной системы электроснабжения, содержащей дизель-инерционную установку гарантированного питания с электрической машиной переменного тока, вызывают

опасные для работы электрической машины вибрации и требуют безотлагательного отключения цепей сетевого ввода и перевода установки в режим автономной работы.

2. В неполнофазных режимах работы в цепях основного источника питания сама электрическая машина служит датчиком аварийной ситуации, так как начинает работать в смешанном двигательно-генераторном режиме, в котором появляются значительные токи обратной и прямой последовательности.

3. Для фиксации неполнофазных режимов работы в рассматриваемой системе автономного электроснабжения необходимо использовать фильтры обратной и нулевой последовательности, выходы

которых следует подключать к цепи управления пуском приводного двигателя.

Список литературы

1. Системы автономного электроснабжения: Учебник / Б.Ф. Самойленко, Б.Т. Кононов, Ю.А. Скворцов, Н.И. Григорьев, В.Г. Михайловский. – М.: МО СССР, 1990. – 318 с.

2. Атабеков Г.И. Теоретические основы электротехники. Ч. 1 / Г.И. Атабеков. – М.–Л.: Энергия, 1966. – 320 с.

Поступила в редколлегию 14.12.2010

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.Н. Чинков, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков.

НЕПОВНОФАЗНІ РЕЖИМИ РОБОТИ ДИЗЕЛЬ-ІНЕРЦІЙНИХ УСТАНОВОК ГАРАНТОВАНОГО ЖИВЛЕННЯ

Б.Т. Кононов, О.О. Ручка

У статті розглядаються аварійні режими роботи, що викликаються обривом однієї або двох фаз в ланцюгах основного джерела системи автономного електропостачання, до складу якої входять дизель-інерційні установки гарантованого живлення з електричною машиною змінного струму.

Ключові слова: дизель-інерційна установка, електрична машина змінного струму, аварійний режим роботи.

OPEN-PHASE MODES OF OPERATIONS OF DIESEL-INERTIAL OPTIONS OF THE ASSURED FEED

B. T. Kononov, A. Ye. Ruchka

In the article malfunctions are examined works, caused the precipice of one or two phases in the chains of basic source of the system of autonomous power supply, in the complement of which the diesel-inertial options of the assured feed enter with the electric machine of alternating current.

Keywords: diesel-inertial option, electric machine of alternating current, malfunction of work.