

## МЕТОД НЕПРЕРЫВНОЙ ДИАГНОСТИКИ ПРИСОЕДИНЕНИЙ КАБЕЛЬ-ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЬ 6-10 КВ

Надежная работа электродвигателей (ЭД) в значительной степени определяет эффективность работы практически всех производственных технологических процессов. При этом следует иметь в виду, что работоспособность электродвигателей 6-10 кВ зависит не только от исправности самого ЭД, но и от исправности кабеля, питающего ЭД. Опыт эксплуатации показывает, что доля повреждений ЭД среди всех повреждений электрооборудования может достигать 40 %, а кабелей – до 10% [1]. Таким образом, почти половина повреждений приходится на присоединения кабель-электродвигатель. Наиболее повреждаемым узлом ЭД является статор (60% отказов от общего числа повреждений ЭД), доля повреждений подшипникового узла составляет около 20%, а ротора – около 10% [2]. Основным недостатком известных методов диагностирования ЭД в рабочих режимах является то, что не определяется место локального дефекта изоляции, а, следовательно, требуется значительное время на его отыскание.

Целью работы является разработка метода, позволяющего выявлять большую часть дефектов и их место в рабочем режиме присоединений электродвигателей.

Анализ показывает, что дефекты, развитие которых приводит к возникновению наиболее частых повреждений, могут быть выявлены по изменению параметров режима присоединения кабель-ЭД. Эта зависимость положена в основу разработанного метода непрерывного диагностирования.

Возникновение дефектов изоляции (в кабеле или в ЭД) приводит к нарушению симметрии (изменению степени несимметрии) токов, протекающих через изоляцию трех фаз. Механические дефекты (износ подшипников, нарушение центровки вала и т.д.) и механические повреждения (обрывы стержней короткозамкнутой обмотки ротора), как правило, сопровождаются появлением несимметрии магнитного поля в воздушном зазоре ЭД и, вследствие этого, - несимметрии токов фаз присоединения [3].

В качестве первичных параметров режима используются: векторы токов присоединения  $\dot{I}_A, \dot{I}_B, \dot{I}_C$ ; вектор тока нулевой последовательности  $3\dot{I}_0$ ; векторы напряжений фаз по отношению к земле  $\dot{U}_{AO}, \dot{U}_{BO}, \dot{U}_{CO}$ ; вектор напряжения нулевой последовательности  $3\dot{U}_0$ . В качестве вторичных параметров режима используются расчетные значения симметричных составляющих токов (прямой, обратной, нулевой последовательностей), а также частота тока обратной последовательности.

Появление дефектов изоляции элементов присоединения (кабель, ЭД) выявляется в результате решения системы уравнений текущего состояния. Периодичность решения варьируется в зависимости от конкретных условий. Минимальное время составляет 1-2 секунды.

В соответствии с принятой схемой замещения присоединения соотношение для векторов фазных токов присоединения  $\dot{I}_A, \dot{I}_B$  и  $\dot{I}_C$  в нормальном режиме работы в матричной форме записи [3]:

$$\dot{I} = \dot{I}_H + \dot{I}_N = \underline{Y}_{HD} \dot{Y} + \underline{\Psi}_{HD} (\dot{Y} - \dot{Y}_N) \quad (1)$$

или

$$\begin{bmatrix} \dot{I}_A \\ \dot{I}_B \\ \dot{I}_C \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \dot{I}_{AI} \\ \dot{I}_{BI} \\ \dot{I}_{CI} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \dot{I}_{AH} \\ \dot{I}_{BH} \\ \dot{I}_{CH} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \underline{Y}_{AI} & & \\ & \underline{Y}_{BI} & \\ & & \underline{Y}_{CI} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \dot{U}_A \\ \dot{U}_B \\ \dot{U}_C \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \underline{Y}_{AH} & & \\ & \underline{Y}_{BH} & \\ & & \underline{Y}_{CH} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \dot{U}_A - \dot{U}_N \\ \dot{U}_B - \dot{U}_N \\ \dot{U}_C - \dot{U}_N \end{bmatrix} \quad (2)$$

где  $\dot{I}_{AH}, \dot{I}_{BH}, \dot{I}_{CH}$  - векторы токов фаз нагрузки присоединения;  $\dot{I}_{AI}, \dot{I}_{BI}, \dot{I}_{CI}$  - векторы токов через изоляцию фаз присоединения;  $\underline{Y}_{AI}, \underline{Y}_{BI}, \underline{Y}_{CI}$  - поперечные комплексные проводимости изоляции фаз по отношению к земле (диагональная матрица  $\underline{Y}_{HD}$ );  $\dot{U}_A, \dot{U}_B, \dot{U}_C$  - векторы напряжений фаз присоединения по отношению к земле;  $\underline{Y}_{AH}, \underline{Y}_{BH}, \underline{Y}_{CH}$  - продольные фазные комплексные проводимости нагрузки присоединения (диагональная матрица  $\underline{Y}_{HD}$ );  $\dot{U}_N$  - напряжение нейтрали присоединения по отношению к земле.

Продольные и поперечные комплексные проводимости кабельной или воздушной линии присоединения учитываются в соответствующих проводимостях нагрузки присоединения.

В общем виде в матричной форме система уравнений (2):

$$\underline{A} \cdot \underline{Y}_H = \underline{B}, \quad (3)$$

где  $\underline{A}$  - квадратная матрица коэффициентов при неизвестных проводимостях изоляции

$\underline{Y}_H$  - матрица-столбец искомых комплексных проводимостей изоляции фаз;

$\underline{B}$  - матрица-столбец свободных членов.

При выявлении локального дефекта фазной изоляции, как правило автоматически определяется его место (фаза присоединения, расстояние от начала обмотки статора и т.д.). При этом точность определения места тем выше, чем меньше сопротивление изоляции в месте дефекта.

На (рис. 1) изображена схема сбора информации о режимах работы ЭД, а на (рис. 2) – основной алгоритм реализации метода.

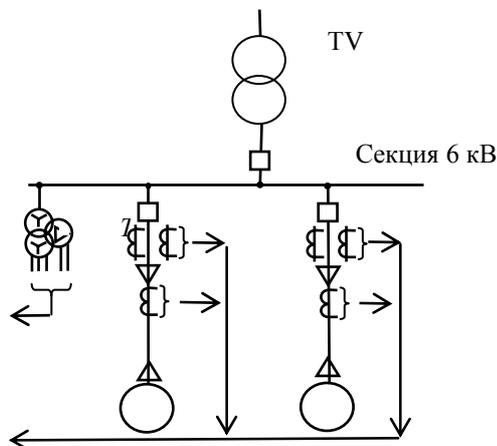


Рис. 1 Схема сбора текущей информации о режимах работы присоединений ЭД

Большое значение имеет точность измерения параметров режима. Чем выше точность, тем выше вероятность правильной постановки диагноза и оценки степени развития дефекта и прогноза его дальнейшего изменения.

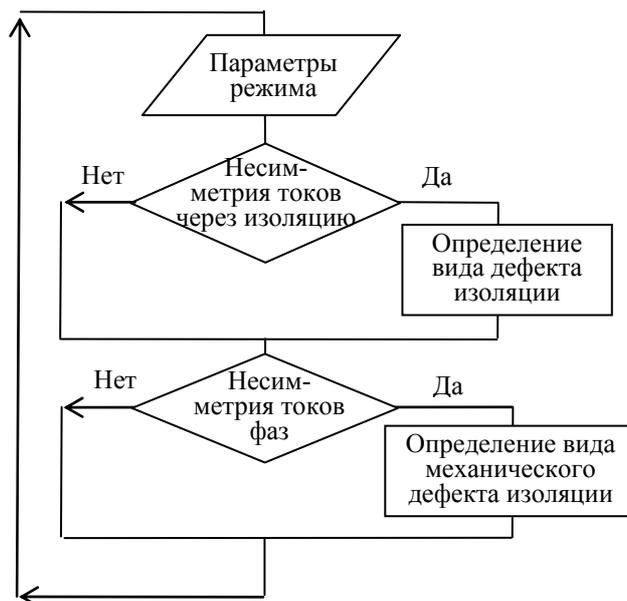


Рис. 2. Основной алгоритм реализации метода непрерывной диагностики

#### Выводы.

1. Рассмотренный метод прошел поэлементную проверку в лабораторных и промышленных условиях и показал высокую эффективность выявления основных дефектов.

2. Разработанный метод рекомендуется к внедрению на различных промышленных объектах, имеющих большое количество электродвигателей.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Савельев В.А., Мартынов В.А. Методы и средства управления техническим состоянием электрооборудования электростанций // Тезисы докладов 15-й НТК «Неразрушающий контроль и диагностика».- М.: РОНКТД.- 1999.- С.56.

2. Завидей В.И., Голубев А.В., Головичер В.А., Завидей О.В., Милованов С.В. // ЭЛЕКТРО 5/2008

3. Grebchenko N.V., Koval I.I., Sidorenko A.A., Smirnova M. A. Definition of complex admittance of electric isolation without disconnecting of electrical equipment Compatibility and Power Electronics CPE2009. 6<sup>th</sup> International Conference-Workshop 978-1-4244-2856-4/09.© 2009 IEEE. P. 61-66.