

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.

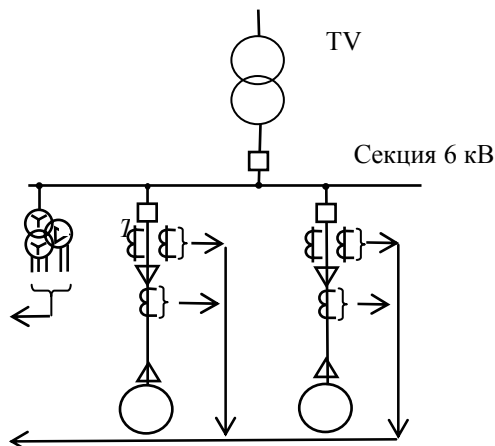


Рис. 1 Схема сбора текущей информации о режимах работы присоединений ЭД

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.

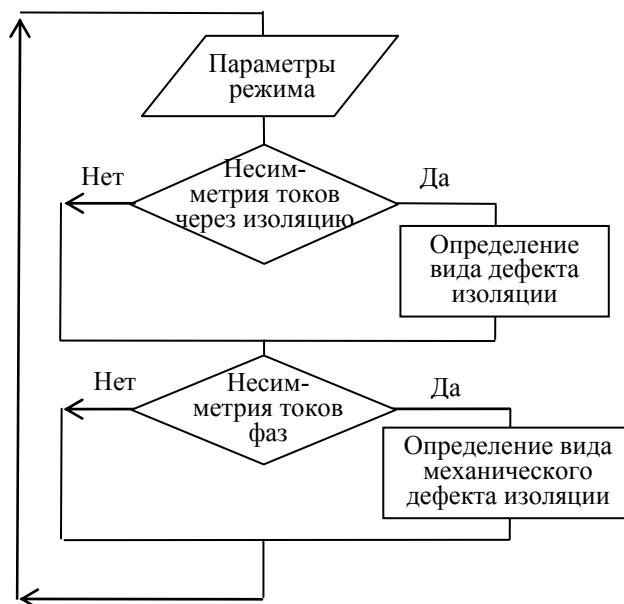


Рис. 2. Основной алгоритм реализации метода непрерывной диагностики

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. 6th International Conference-Workshop 978-1-4244-2856-4/09.© 2009 IEEE. P. 61-66.