

СИСТЕМА ЗАЩИТНО-ДИАГНОСТИРУЮЩЕЙ АВТОМАТИКИ ЛОКАЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Гребченко Н.В.

Донецкий национальный технический университет

Description of the system of automation consisting of a few subsystems is resulted, action of which is directed on prevention of failures. The system allows to estimate current status of local objects and expose the arising up defects of electrical equipment or disconnect the damaged elements.

Наиболее важная проблема электроэнергетики всех стран на ближайшие 15-20 лет состоит в продлении ресурса надежной и эффективной эксплуатации энергетического оборудования сверх сроков, определенных стандартами и другими нормативными документами [1]. Решение этой проблемы невозможно без объективной оценки износа и реального состояния оборудования, которые могут быть получены в результате внедрения эксплуатационного мониторинга и технической диагностики. Благодаря этому возможен переход к принципиально новой прогрессивной стратегии обслуживания и ремонта основного оборудования электрических станций по его фактическому состоянию. Такая технология является основным направлением повышения надежности функционирования электрических систем всех стран [2, 3]. Энергетика Украины на период до 2030 г. в значительной мере будет ориентироваться на Европейский и Евразийский рынки, при этом она будет участвовать в создании межгосударственных энергетических объединений, а также в других крупных межгосударственных проектах в области топливно-энергетического комплекса [4-6], что требует высокой надежности работы электрических систем страны. В связи с этим, к одной из главных задач научно-технического и технологического обеспечения функционирования и развития объединенной электроэнергетической системы Украины относится разработка технологий и оборудования для широкого внедрения современных информационных технологий, создание новых и модернизация существующих систем телекоммуникации, измерения, защиты и диагностики [7-10].

Таким образом видно, что необходимость решения проблемы повышения эффективности работы электрооборудования электрических станций и подстанций выходит на первый план. Кроме того, необходимо учитывать, что в результате увеличения суммарной мощности узлов нагрузки с электрическими двигателями (ЭД) они начинают оказывать существенное влияние на надежность работы энергосистем. В ряде случаев влияние синхронной нагрузки приводит к возникновению системных аварий с нарушением устойчивости и отключением большого количества потребителей [11]. До сих пор поиски решения проблемы в основном велись в направлении модернизации конструкции электрооборудования и максимального приближения режимов его работы к оптимальным. В последнее время появились новые возможности, позволяющие достичь существенного прогресса в решении этой проблемы. Благодаря развитию цифровой элементной базы, которая все шире применяется для вторичных систем управления в энергосистемах, представляется возможным изменить основные подходы в системе оценки текущего состояния электрооборудования, которая сейчас ориентирована на выявление предельного состояния, т.е. повреждений. Новые принципы управления направлены на своевременное предотвращение возникновения и развития повреждений электрооборудования. Для этого во вторичных системах подстанций начинают реализовывать функции автоматического диагностирования. При этом защиты от междуфазных повреждений должны иметь высокую надежность и действовать без выдержки времени, их чувствительность должна обеспечивать выявление повреждений на начальной стадии возникновения.

Возможности применяемых принципов построения защит и автоматики практически исчерпаны и использование для их реализации даже самой совершенной микропроцессорной техники почти не дает качественного улучшения. Поэтому предложена новая концепция технической реализации информационно-управляющих систем (ИУС) [12, 13], которая заключается в том, что вместо индивидуальных защит отдельных элементов электрической системы применяется централизованная система релейной защиты и автоматики локальных узлов энергосистем, в том числе для узлов двигательной нагрузки. Кроме того, для повышения быстродействия и чувствительности, т.е. технического совершенства ИУС, возникает необходимость перехода от детерминированного подхода при построении систем защиты и автоматики к более совершенным, например, централизованным стохастическим методам распознавания режимов.

Кроме указанного, новые системы автоматики локальных объектов, в отличие от известных [8, 9, 14-16], следует дополнить функциями автоматического диагностирования защищаемого электрооборудования. При этом для реализации функций защиты и диагностирования целесообразно использование в этих системах элементов интеллекта. Решение сложных задач автоматического диагностирования необходимо обеспечивать за счет соответствующей организации обработки информации, а не за счет традиционного аппаратного усложнения системы, например, путем установки новых датчиков, устройств и т.д.

В значительной степени эффективность и надежность работы источников генерирования (ТЭС, АЭС, ГЭС), а также узлов потребления электроэнергии, определяется надежностью работы ЭД, входящих в их

состав. Анализ показал, что объединение в локальные объекты непосредственно электрически соединенного электрооборудования при организации управления дает возможность разработать более совершенные методы оценки технического состояния. На рис. 1 в качестве примера приведены основные типы локальных объектов.

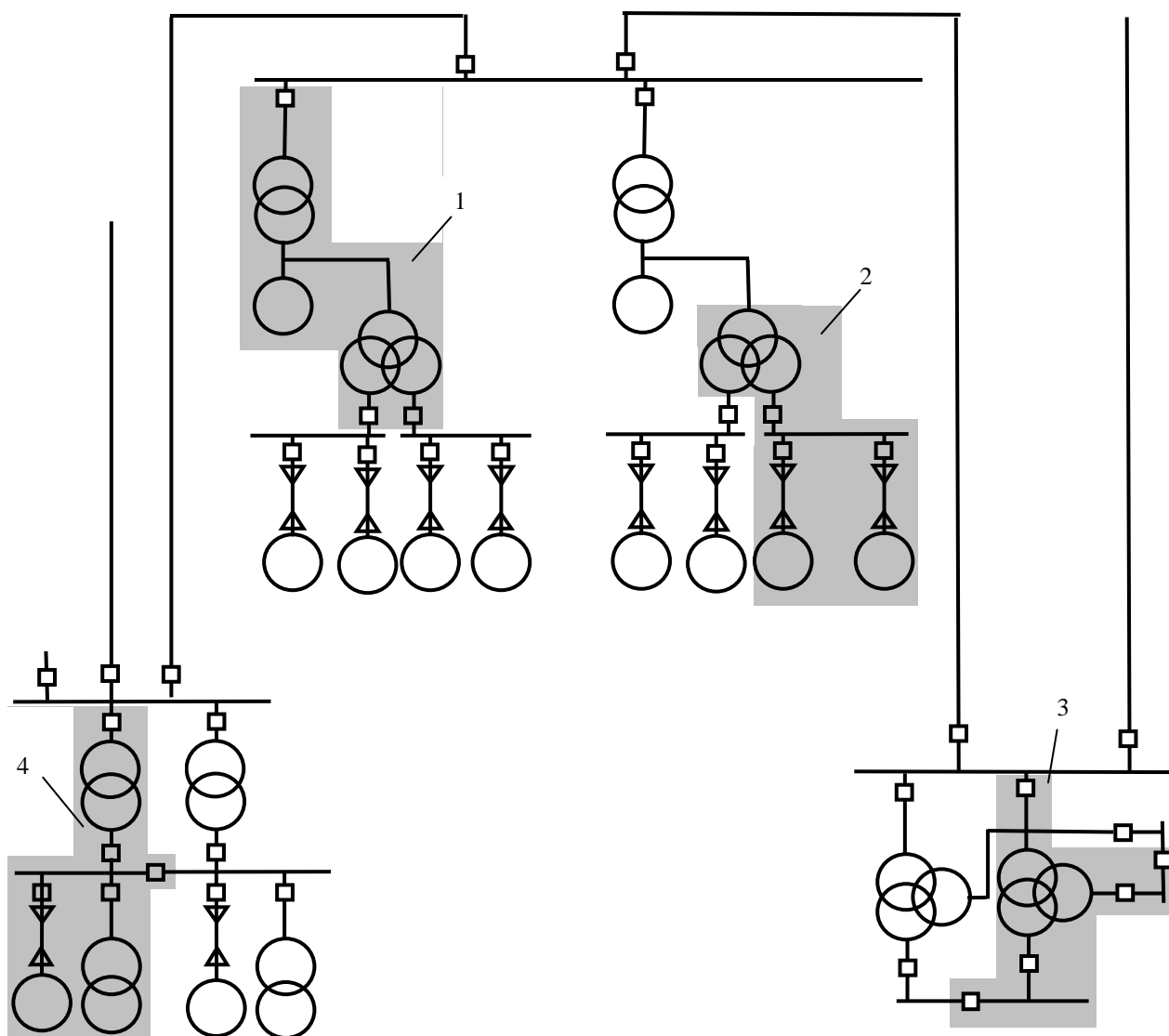


Рисунок 1 - Узел электрической системы с выделением основных типов локальных объектов

- 1- блок генератор-трансформатор;
- 2- трансформатор собственных нужд с секцией сборных шин и присоединениями нагрузки;
- 3- трехобмоточный трансформатор подстанции с ошиновкой;
- 4- узел электрической системы с двигателями(УЭСД).

Автоматическое диагностирование элементов подстанций с двигательной нагрузкой позволяет предотвращать развитие возникающих дефектов и, благодаря своевременному их устранению, сократить количество нарушений технологических процессов и исключить значительные повреждения электрооборудования. При применении автоматического диагностирования УЭСД обычно достаточно ограничить его объем выявлением только наиболее часто возникающих дефектов, т.е. определять основные дефекты. Для этого в первую очередь необходимо обеспечить непрерывный контроль качества электрической изоляции как присоединений находящихся в работе, так и отключенных присоединений, которые подготавливаются к включению. Благодаря такому подходу исключаются в большинстве случаев неоправданные усилия по разработке и реализации выявления редких дефектов.

Таким образом, нижний уровень информационно-управляющей системы подстанции реализуется в виде системы защитно-диагностирующей автоматики (ЗДА).

Анализ структуры и задач, которые решают современные ИУС, показал, что им присущи следующие основные недостатки:

- стратегия управления подстанциями с двигательной нагрузкой не ориентирована на предупреждение возникновения повреждений;
- недостаточно развито диагностирование элементов УЭСД в рабочих режимах и практически не автоматизировано диагностирование временно отключенных элементов;
- селективность действия резервных защит продолжает обеспечиваться за счет введения выдержек времени (например, установка защит с абсолютной селективностью на каждом элементе и резервирование этих защит многоступенчатой дистанционной защитой);
- во многих случаях подача резервного питания на секцию с электродвигателями выполняется без учета фазы вектора напряжения резервного питания.

Целью работы является – разработка системы защитно-диагностирующей автоматики, обеспечивающей повышение технической эффективности работы локальных объектов за счет реализации принципов предотвращения возникновения повреждений, повышения технического совершенства алгоритмов защиты от повреждений и выполнение пуска ЭД и их переключения на резервное питание при оптимальных условиях.

В результате объединения результатов разработок и установления между ними новых связей предложена система ЗДА локального объекта, функциональная схема которой представлена на рис.2.

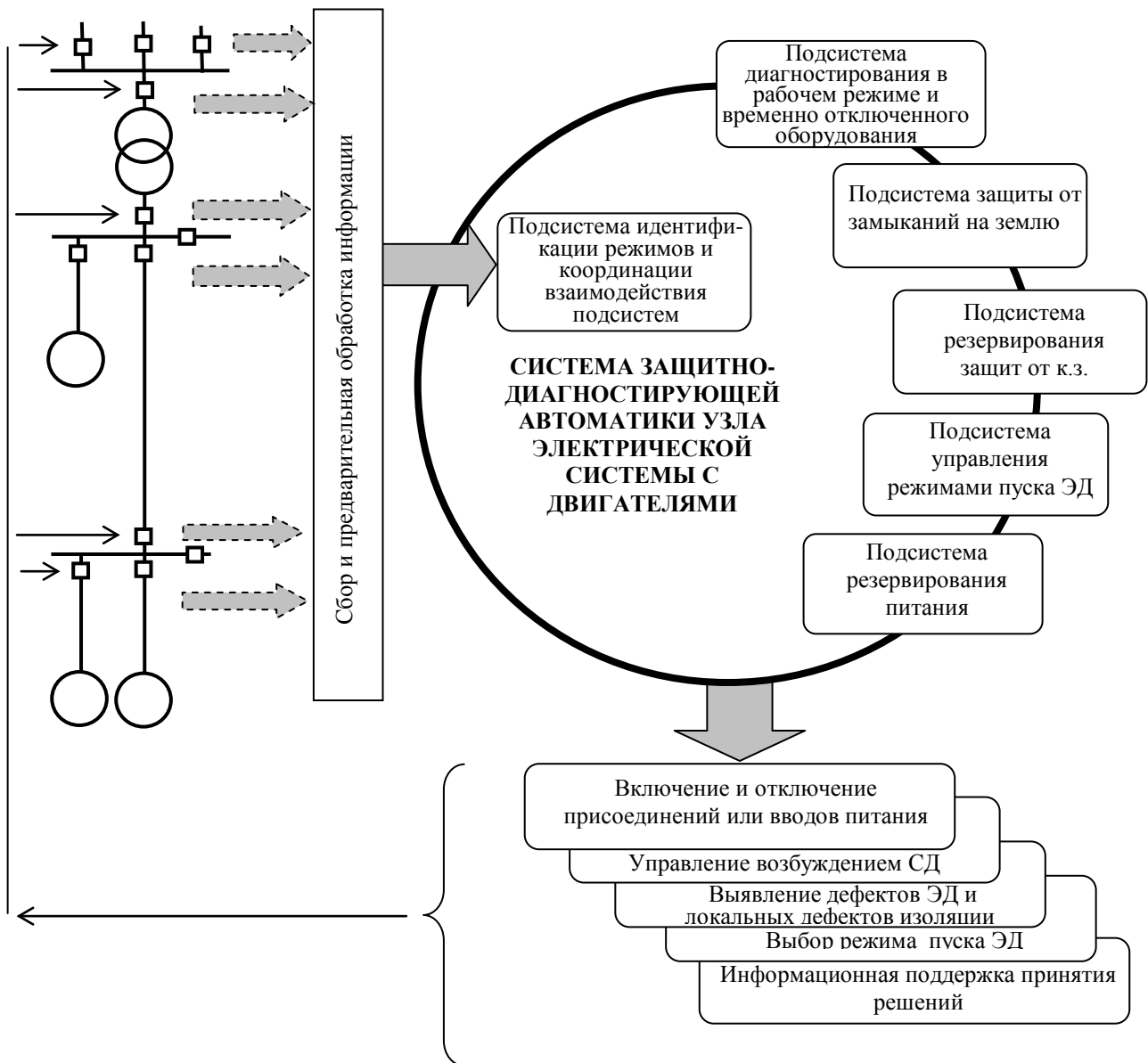


Рисунок 2 – Функциональная схема системы защитно-диагностирующей автоматики локального объекта электрической системы

Система ЗДА выполняет сбор и обработку информации, непрерывный анализ получаемой информации и выработку необходимых управляющих воздействий. На сегодняшний день в качестве технической базы системы ЗДА принят многомашинный распределенный комплекс, базирующийся на структурах локальных сетей, например [17]. Сбор и предварительная обработка информации (параметров режима) для системы ЗДА (рис.2) выполняется специальной подсистемой, а также для этой цели используются соответствующие блоки микропроцессорных терминалов, установленные на каждом элементе (присоединении) локального объекта.

В качестве входных параметров системы используются фазные токи каждого элемента локального объекта и напряжения фаз по отношению к земле. В нормальном установившемся режиме работы локального объекта система ЗДА выполняет поочередное диагностирование элементов объекта. В случае изменения режима работы объекта подсистема идентификации режимов переводит систему ЗДА к обработке новой информации и оценке текущего состояния объекта. Для перехода формируется сигнал прерывания системы по одному или нескольким условиям. В качестве условий используется превышение значениями симметричных составляющих тока допустимых значений и дополнительно используются сигналы пуска быстродействующих защит или пуска регистраторов аварийных сигналов.

Подсистема диагностирования в рабочем режиме и диагностирования временно отключенного оборудования является основой превентивных действий ИУС. В ней реализуются алгоритмы определения комплексных проводимостей изоляции фаз путем решения системы уравнений, коэффициенты которых непрерывно определяются на основании измеренных мгновенных значений режимных параметров [18, 19]. Решаемая система уравнений в матричном виде:

$$\dot{\mathbf{I}} = \dot{\mathbf{I}}_{\text{H}} + \dot{\mathbf{I}}_{\text{H}} = \underline{\mathbf{Y}}_{\text{Hд}} \dot{\mathbf{U}} + \underline{\mathbf{Y}}_{\text{Hд}} (\dot{\mathbf{U}} - \dot{\mathbf{U}}_{\text{N}}) \quad (1)$$

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 $\underline{\mathbf{Y}}_{\text{Hд}}$);

$\dot{U}_A, \dot{U}_B, \dot{U}_C$ - векторы напряжений фаз присоединения по отношению к земле;

$\underline{Y}_{AH} = \underline{k}_{HA} \cdot \underline{Y}_H, \underline{Y}_{BH} = \underline{k}_{HB} \cdot \underline{Y}_H, \underline{Y}_{CH} = \underline{k}_{HC} \cdot \underline{Y}_H$ - продольные комплексные проводимости фаз нагрузки присоединения (диагональная матрица $\underline{\mathbf{Y}}_{\text{Hд}}$);

$\underline{k}_{HA}, \underline{k}_{HB}, \underline{k}_{HC}$ - комплексные коэффициенты несимметрии, учитывающие отличие продольных проводимостей фаз нагрузки от среднего (номинального) значения проводимости фазы нагрузки \underline{Y}_H ;

\dot{U}_N - напряжение нейтрали присоединения по отношению к земле:

$$\dot{U}_N = \frac{\dot{U}_A \cdot \underline{Y}_{AH} + \dot{U}_B \cdot \underline{Y}_{BH} + \dot{U}_C \cdot \underline{Y}_{CH}}{\underline{Y}_{AH} + \underline{Y}_{BH} + \underline{Y}_{CH}} = \frac{\dot{U}_A \cdot \underline{k}_{HA} + \dot{U}_B \cdot \underline{k}_{HB} + \dot{U}_C \cdot \underline{k}_{HC}}{\underline{k}_{HA} + \underline{k}_{HB} + \underline{k}_{HC}}.$$

После учета в системе уравнений (2) равенства значений продольных проводимостей фаз нагрузки \underline{Y}_H во всех трех фазах и соответствующих преобразований получена система уравнений относительно искомым комплексных проводимостей изоляции фаз:

$$\dot{U}_A (\dot{U}_B - \dot{U}_N) \cdot \underline{k}_{HB} \cdot \underline{Y}_{AI} - \dot{U}_B (\dot{U}_A - \dot{U}_N) \cdot \underline{k}_{HA} \cdot \underline{Y}_{BI} = \dot{I}_A (\dot{U}_B - \dot{U}_N) \cdot \underline{k}_{HB} - \dot{I}_B (\dot{U}_A - \dot{U}_N) \cdot \underline{k}_{HA}, \quad (3)$$

$$\dot{U}_B (\dot{U}_C - \dot{U}_N) \cdot \underline{k}_{HC} \cdot \underline{Y}_{BI} - \dot{U}_C (\dot{U}_B - \dot{U}_N) \cdot \underline{k}_{HB} \cdot \underline{Y}_{CI} = \dot{I}_B (\dot{U}_C - \dot{U}_N) \cdot \underline{k}_{HC} - \dot{I}_C (\dot{U}_B - \dot{U}_N) \cdot \underline{k}_{HB}, \quad (4)$$

$$\dot{U}_A (\dot{U}_C - \dot{U}_N) \cdot \underline{k}_{HC} \cdot \underline{Y}_{AI} - \dot{U}_C (\dot{U}_A - \dot{U}_N) \cdot \underline{k}_{HA} \cdot \underline{Y}_{CI} = \dot{I}_A (\dot{U}_C - \dot{U}_N) \cdot \underline{k}_{HC} - \dot{I}_C (\dot{U}_A - \dot{U}_N) \cdot \underline{k}_{HA}. \quad (5)$$

В полученном виде система уравнений (3) – (5) непрерывно решается в ЗДА итерационным методом.

В результате выполненных преобразований из уравнений (3) – (5) исключена величина средней продольной проводимости фаз нагрузки \underline{Y}_H . Значения коэффициентов несимметрии $\underline{k}_{HA}, \underline{k}_{HB}, \underline{k}_{HC}$ определяются в результате соответствующих измерений в отключенном состоянии присоединения. Принято допущение о том, что при непрерывном функционировании системы ЗДА и изменении режима работы ЭД, величины питающего напряжения, температуры двигателя и т.д. коэффициенты несимметрии не изменяются.

Коэффициенты несимметрии $\underline{k}_{HA}, \underline{k}_{HB}, \underline{k}_{HC}$ позволяют автоматически учитывать статическую и динамическую несимметрию, которая может возникать на работающем присоединении. Статическая появляется в случае возникновения витковых замыканий в обмотке статора ЭД или междуфазных дефектов изоляции. При возникновении механических дефектов в ЭД (нарушение симметрии воздушного зазора, износ подшипников, обрывы стержней короткозамкнутой обмотки ротора) появляется динамическая несимметрия, частота которой определяется скольжением электродвигателя присоединения. Все указанные дефекты приводят к возникновению токов обратной последовательности I_2 . Поэтому коэффициенты несимметрии автоматически изменяются в процессе работы системы по мере появления I_2 и определяются путем увеличения или уменьшения соответствующих значений $\underline{k}_{HA} = \underline{k}_{HB} = \underline{k}_{HC} = 1$ на величину отношения амплитуды I_2 к действующему значению полного тока определенной фазы присоединения. Определение фазы, для которой необходимо выполнять коррекцию коэффициента несимметрии, определяется по результату сравнения амплитуд полных токов фаз присоединения. В связи с тем, что при возникновении механических дефектов в ЭД частота I_2 отличается от частоты сети, то для повышения точности решения системы уравнений (3) – (5) последовательно выполняется серия однотипных решений системы уравнений, а решение получается в результате усреднения всех полученных значений проводимости изоляции. В некоторых случаях только благодаря правильному выбору количества решений системы уравнений обеспечивается требуемая точность.

При превышении током I_2 предварительно заданного значения выполняется расчет величины комплексной проводимости междуфазного дефекта изоляции в соответствии с выражением:

$$\underline{Y}_{M\Phi} = \frac{\dot{I}_A - \dot{I}_B - \dot{U}_{AB} \cdot \underline{Y}_{AH}}{\dot{U}_{AB}}. \quad (6)$$

Выражение (6) получено на основании того, что поперечная проводимость между двумя фазами преобразуется в эквивалентное изменение продольных проводимостей двух фаз нагрузки. Правильность этого выражения проверена экспериментально на физической модели присоединения электродвигателя мощностью 0,55 кВт. Осциллографирование режима работы присоединения с междуфазной проводимостью в 600 Ом выполнено с помощью микропроцессорного устройства защиты типа МРЗС-05. Погрешность определения междуфазной проводимости по выражению (6) составила 14,9%. Относительно большое значение погрешности обусловлено тем, что в расчете не учтена исходная несимметрия продольных проводимостей фаз обмотки двигателя.

Для определения места локального дефекта изоляции в ЗДА используется итерационный расчет на математической модели сети и сравнение его результатов с действительными значениями параметров режима. При совпадении расчетных и действительных значений амплитуды тока нулевой последовательности и сдвига фазы этого тока по отношению к вектору линейного напряжения, определяется удаленность локального дефекта изоляции и величина сопротивления этого дефекта [20]. В основу принципа выявления удаленности локального дефекта изоляции $l_{ДЕФ}$ и величины переходного сопротивления $R_{ДЕФ}$ в месте дефекта положена зависимость:

$$\dot{I}_0 = \frac{(1 - l_{ДЕФ})(\dot{U}_{CA} - \dot{U}_{BC})}{x_C + l_{ДЕФ}(3 - 2l_{ДЕФ}) \cdot \underline{Z} + 3R_{ДЕФ}},$$

где x_C – емкость фазы всей сети по отношению к земле; \underline{Z} – продольное сопротивление фазы присоединения.

Результатом работы подсистемы ЗДА является выявление распределенных и локальных дефектов изоляции, благодаря чему в большинстве случаев возможно своевременное устранение дефектов изоляции.

Подсистема защиты от замыканий на землю предназначена для выявления быстроразвивающихся дефектов изоляции, которые практически не удаётся устранить на ранней стадии. Основой подсистемы являются трансформаторы тока нулевой последовательности с дополнительной первичной обмоткой [21]. Реализация подсистемы определяется режимом нейтрали сети, в которой применяется система ЗДА. В качестве источника дополнительного тока используются: междуфазные напряжения; напряжение нулевой последовательности; специальный генератор тока, частота которого отличается от частоты сети.

Подсистема резервирования защит от к.з. отличается от традиционных способов резервирования тем, что она работает практически мгновенно за счет того, что выполнена централизованной. Система в каждый момент времени получает информацию со всех уровней локального объекта [22].

Процесс определения места повреждения заключается в непрерывном автоматическом анализе содержимого строк и столбцов матрицы \mathbf{S} , которая постоянно формируется на основании обработки параметров текущего режима и оценки состояния схемы электроснабжения. Элементы матрицы \mathbf{S}

определяются путем умножения каждого элемента матрицы соединений **M** на соответствующий элемент матрицы знаков активной мощности **signP**:

$$S=M \cdot \text{sign}P.$$

Для правильного определения места к.з. знак каждого элемента матрицы **sign P** принимается отрицательным если активная трехфазная или хотя бы одна фазная активная мощность имеет знак минус.

Подсистема управления режимами пуска электродвигателей обеспечивает снижение отрицательных воздействий пусковых токов на элементы конструкции ЭД. К функциям подсистемы относится поддержание номинального напряжения на секции сборных шин 6-10 кВ, а также включение токоограничивающих устройств для обеспечения плавного пуска электродвигателей [23]. Для узлов с крупными синхронными двигателями при выполнении АВР и АПВ оптимальным является поочередный пуск ЭД [24].

Подсистема резервирования питания выполняет непрерывный контроль наличия рабочего питания и в случае его исчезновения выбирает момент включения резервного питания таким образом, чтобы воздействия на ЭД были минимальными. При этом система выполняет контроль работы выключателя резервного питания. При нарушении нормального включения выключателя подсистема выполняет анализ ситуации и вырабатывает соответствующие управляющие воздействия: опережающее отключение двигателей, которые не допускают несинхронное включение; снятие возбуждения с синхронных ЭД [25, 26].

Координация работы подсистем выполняется в соответствии с алгоритмом, изложенным в [22]. При отсутствии изменений режима работы узла электрической системы ЗДА непрерывно выполняет диагностирование элементов узла. Появление токов обратной или нулевой последовательности, которые превышают допустимые значения, интерпретируется как изменение режима и в системе формируется соответствующее прерывание. Прерывания обрабатываются в соответствующей подсистеме. В результате обработки прерываний система ЗДА вырабатывает управляющие воздействия: отключение поврежденных присоединений; запуск алгоритма поочередного или плавного пуска ЭД; переключение на резервный источник питания с последующим управлением режимом двигателей; выявление места локального дефекта изоляции и величины сопротивления этого дефекта; предоставление информации для поддержки принятия решения оперативным или эксплуатационным персоналом.

Рассмотренная система ЗДА УЭСД поэлементно прошла лабораторные и промышленные испытания. В настоящее время отдельные подсистемы находятся в промышленной эксплуатации.

Выводы

1. Разработана система ЗДА, позволяющая повысить эффективность работы локальных объектов, в первую очередь узлов электрических систем с двигателями, за счет предотвращения возникновения повреждений.

2. В разработанной системе применены новые методы и принципы построения с использованием элементов интеллекта для выявления места междуфазных к.з. и локальных дефектов изоляции.

Диагностирование элементов локальных объектов, в том числе и присоединений с синхронными и асинхронными электродвигателями, выполняется в рабочем режиме. Оно основано на непрерывном контроле симметричных составляющих токов и непрерывном решении системы уравнений, коэффициенты которых постоянно обновляются (несколько раз в течение периода промышленной частоты). Точность решения повышается за счет автоматического учета влияющих факторов.

3. В системе применен усовершенствованный принцип направленной защиты. Контроль направления активной мощности одновременно в различных точках локального объекта обеспечивает быстрое определение точки к.з. независимо от места его возникновения. Этот принцип повышает эффективность ближнего резервирования.

4. Разработанная система ЗДА в виде отдельных подсистем прошла лабораторные и промышленные испытания и находится в опытно-промышленной эксплуатации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шидловський А.К., Мацевитий Ю.М. Проблеми електроенергетики України // Технічна електродинаміка. Тематичний випуск "Проблеми сучасної електротехніки", частина 1.- 2006.- С.3-7.
2. Шидловський А.К., Федоренко Г.М. Енергетичний комплекс України на сучасному етапі // Технічна електродинаміка. Тематичний випуск "Проблеми сучасної електротехніки", частина 1.- 2004.- С.3-6.
3. Виноцкий Ю.Д., Лохматов А.П., Мамиконянц Л.Г. Проблемы электрических машин на сессии СИГРЭ 2000 г. // Электрические станции.- 2002.- № 1.- С. 62-67.
4. Стогній Б.С., Денисюк С.П. Глобальні енергетичні процеси, роль та місце енергетики України в їх розвитку // Технічна електродинаміка. Тематичний випуск "Проблеми сучасної електротехніки", частина 1.- 2004.- С.7-11.
5. Шеберстов А.Н. Состояние тепловых электростанций Украины, перспективы их обновления и модернизации // Энергетика и электрификация. – 2004. - № 12. – С. 1-6.
6. Воевода А.И. Системные требования ОЭС Украины по реализации программы реконструкции и модернизации оборудования ТЭС с учетом «Концепции интеграции ОЭС Украины в ОЭС стран Европы (УСТЕ)» // Энергетика и электрификация. – 2004. - № 12. – С. 32-33.

7. Кириленко О.В., Денисюк С.П., Рибіна О.Б. Основні напрямки науково-технічного забезпечення розвитку електроенергетичної системи України // Технічна електродинаміка. Тематичний випуск "Проблеми сучасної електротехніки", частина 1.- 2004.- С.12-15.
8. Integrated decision support system for electrical power generation planning system / Saxena A. K., Bhatnagar S. D., Saxena P. K. // Int. J. Power and Energy Syst. - 2003. - 23, № 3. - С. 143-150. - Англ.
9. Saving through SICAP / Johnston Colin, Fitch John // Power Engineer. - 2003. - 17, № 2. - С. 34-37. - Англ.
10. Практический аспект решения некоторых актуальных задач оперативного управления режимами электрических сетей Украины / А.Ф.Буткевич, М.С.Сегеда, В.И.Ковач, Е.В.Парус / Технічна електродинаміка. Тематичний випуск. Проблеми сучасної електротехніки. Частина 1. Київ. - 2004. - С.28-32.
11. Беляев А.В. Противаварийная автоматика в узлах нагрузки с мощными синхронными электродвигателями. – М.:МТФ «Энергопрогресс», 2005.- 88 с.
12. Система защитно-диагностирующей автоматика узла двигательной нагрузки как нижний уровень информационно-управляющей системы подстанций и ТЭС / Н.В.Гребченко, В.Ф.Сивокобыленко, В.В.Кулеба, А.В.Егоров // Энергетика и электрификация. - № 5. – 2001. – С.39 – 44.
13. Гребченко Н.В. Система защитно-диагностирующей автоматика узлов электрических систем с двигателями // ЭЛЕКТРО.-2001.-№4.-С.12-14.
14. Микропроцессорные системы в электроэнергетике / Б.С. Стогний, В.В. Рогоза, Кириленко А.В. и др. – К.: Наук. думка, 1988.- 232 с.
15. Микропроцессорные гибкие системы релейной защиты.// В.В.Михайлов, Е.В.Кириевский, Е.М.Ульяницкий и др.; Под ред. В.П.Морозкина. - М.: Энергоатомиздат.- 1988.-240 с.
16. Микропроцессорные защиты оборудования электроэнергетических систем / М.И. Успенский, Н.А. Манов, В.А.Полуботко и др. - АН СССР Коми филиал. Сыктывкар. – 1986. – 172 с.
17. Система контроля у управления электрической подстанцией "MES-SEPM" // А.С.Яндульский, О.И.Курсон, И.Н.Блощаневич и др. // Электрические сети и системы. - № 4-5. – 2005. – С.56-69.
18. Гребченко Н.В. Метод непрерывного определения комплексных проводимостей изоляции в рабочих режимах электрических присоединений 6-10 кВ // Электричество. - 2003. - №12. – С.24-29.
19. Пат. 51177 Україна. МКИ G01R 31/02. Спосіб безперервного визначення комплексної провідності ізоляції фаз відносно землі електричного приєднання навантаження / Гребченко М.В., Гребченко В.М. (Україна) ДонНТУ. - №2002010644; Заявл. 25.01.2002; Опубл. 15.12.2004. Бюл. №12. – 4 с.
20. Мендусь В.В., Сидоренко О.А., Гребченко М.В. Визначення відстані до місця локального дефекту опору ізоляції та його ступеня у розподільчих мережах. Автоматизація технологічних об'єктів та процесів. Пошук молодих. Збірник наукових праць VI Міжнародної науково-технічної конференції аспірантів та студентів. – Донецьк. – ДонНТУ, 2006.- С.120-122.
21. Патент 34689. Україна. МКИ G01N 27/00, G01R 31/00. Пристрій автоматичного контролю ізоляції електричної мережі змінного струму // Гребченко М.В. - 2003.- Бюл. №2.
22. Гребченко М.В. Теоретичні основи побудови захисно-діагностуючої автоматика вузлів електричних систем з двигунами. Функції централізованого захисту // Наукові праці ДонДТУ. Серія: Електротехніка і енергетика, випуск 41: Донецьк: ДонДТУ. - 2002.- С. 90- 97.
23. Сивокобыленко В.Ф., Гребченко Н.В. Система плавного пуска технологических агрегатов с синхронным электроприводом // Вісник Українського Будинку економічних та науково-технічних знань. - 1999. - № 1. - С.11-13.
24. Гребченко Н.В., Сивокобыленко В.Ф. Самозапуск синхронных двигателей СТД-4000 с бесщеточной системой возбуждения // Промышленная энергетика. - 1992. - № 10. - С.39-41.
25. Пат. 27380 С2. Україна. МКИ H02J9/06. Спосіб автоматичного увімкнення резервного живлення двигунів змінного струму / Гребченко М.В., Сивокобыленко В.Ф. - № 93006374; Заявл. 20.01.1993; Опубл. 15.09.2000. Бюл. № 4. – 3с.
26. Гребченко Н.В., Нури А. О применении быстродействующего АВР двигательной нагрузки // Электричество.- 1997.- №7. - с.15-19.