

ПРИНЦИПЫ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ ИЗОЛЯЦИИ СИСТЕМЫ СОБСТВЕННЫХ НУЖД ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ

*Гребченко Н.В., к.т.н.,
Полковниченко Д.В., аспирант*

Для обеспечения устойчивой работы тепловых электрических станций требуется надежная работа всех механизмов собственных нужд (с.н.), приводом которых являются синхронные и асинхронные электродвигатели.

Более половины случаев повреждения изоляции электрических двигателей связаны с неблагоприятными условиями их эксплуатации (действие высоких температур, влажности, загрязненности, загазованности). Электрические воздействия на изоляцию обмотки статора (перенапряжения), возникающие в режимах пуска, самозапуска, несинхронных АВР, при коротких замыканиях, часто являются причиной повреждений электродвигателей с.н. ГРЭС [1].

Например, при пусках, особенно при включениях заторможенных мощных электродвигателей и при их отключениях, могут возникать большие пусковые токи, тогда обмотки статоров находятся под воздействием динамических ударов, срезов напряжений и перенапряжений. Перегрев обмоток от пусковых токов и их охлаждение приводит к перетиранию изоляции, ее деформации и образованию трещин. Может возникнуть также перегрев контактных соединений алюминиевых кабелей с медными наконечниками выводов. Нарушение контактных соединений с распылением расплавленного алюминия приводит к дуговому замыканию на землю в коробке выводов и к.к.з. на присоединении электродвигателя [2], а одно несинхронное повторное включение двигателя по своему воздействию на изоляцию при определенных условиях может быть эквивалентно нескольким тысячам пусков двигателя на х.х. [3].

Таким образом, одной из основных причин повреждения обмоток статора асинхронных и синхронных электродвигателей можно считать постепенное ухудшение состояния изоляции.

Автоматический контроль состояния изоляции системы с.н. предлагается выполнять по изменению во времени величины токов и напряжений нулевой последовательности. Но при этом стоит проблема контроля малых значений токов и напряжений.

В настоящее время для снижения перенапряжений в сети с.н. 6 кВ директивными материалами рекомендовано нейтраль заземлять через высоковольтный резистор сопротивлением 100 Ом, устанавливаемый в нейтрали дополнительного трансформатора [4]. Можно ожидать, что такое включение приведет к

увеличению токов фаз через сопротивление изоляции, что может повысить чувствительность системы диагностики.

Для оценки зависимости изменения величины вторичного тока трансформатора тока (при работе ТТ без погрешности) от величины сопротивления изоляции принята схема замещения системы с.н. 6 кВ с сосредоточенными параметрами (рис. 1), где C – емкость фазы сети по отношению к земле (включает емкость фазы кабелей и электродвигателей), а $R_{из}$ – активное сопротивление изоляции.

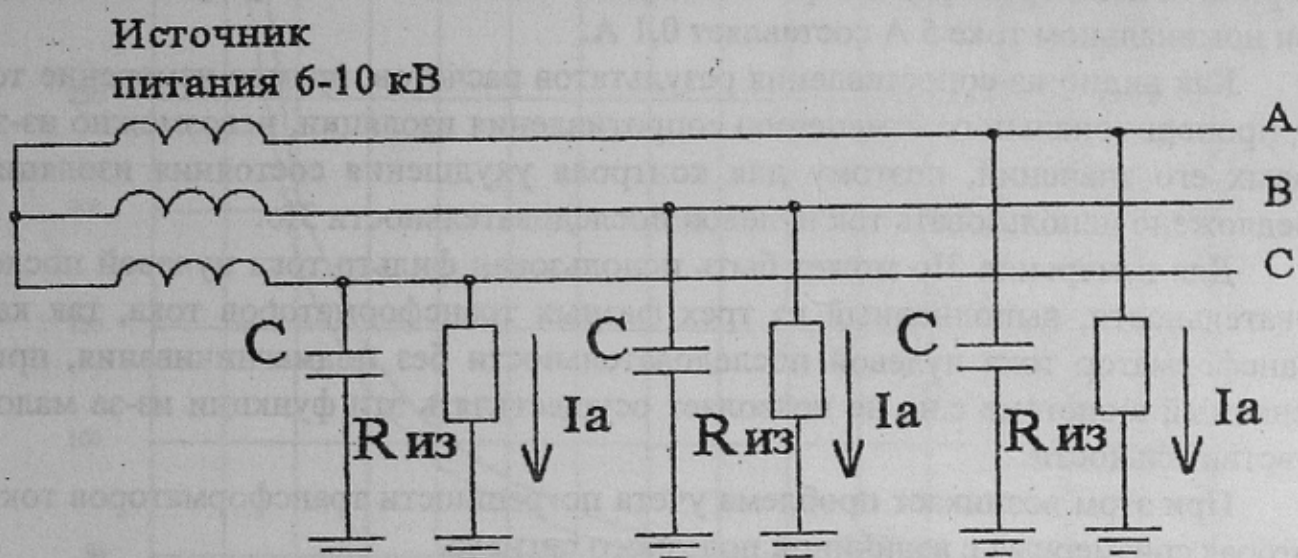


Рисунок 1 – Схема замещения трехфазной сети с изолированной нейтралью

Если принять допущение, что источник питания имеет симметричное напряжение, а емкостные проводимости всех фаз сети равны, то активная составляющая тока через изоляцию I_a в симметричном режиме может быть определена следующим образом

$$I_a = \frac{V_{ном}}{\sqrt{3R_{из}}}$$

Тогда при $R_{из}=100$ МОм I_a составит 0,035 мА, а при снижении сопротивления изоляции до 1 МОм – ток возрастет до 3,5 мА.

Для примерной оценки вторичного тока примем коэффициент трансформации ТТ $K_{тт}=400/5=80$.

Тогда величина вторичного тока ТТ, обусловленная сопротивлением изоляции, равна

$$I_{a2} = \frac{3,5}{80} = 0,04 \text{ мА.}$$

Для реализации системы диагностики состояния изоляции системы с.н. используется персональная ЭВМ, в которую постоянно вводятся значения фазных токов на вводе питания и линейных напряжений на секции. Разработано быстродействующее устройство ввода информации в ПЭВМ, основу которого составляют адаптер параллельного интерфейса КР580ВВ55А и десятиразрядные аналого-цифровые преобразователи (АЦП) К1113ПВ1 [5].

Разрешающая способность измерительного канала с использованием во вторичной цепи трансформатора тока шунта 5А/75мВ и десятиразрядного АЦП при номинальном токе 5 А составляет 0,1 А.

Как видно из сопоставления результатов расчетов, прямое измерение тока, пропорционального изменению сопротивления изоляции, невозможно из-за малых его значений, поэтому для контроля ухудшения состояния изоляции предложено использовать ток нулевой последовательности $3I_0$.

Для измерения $3I_0$ может быть использован фильтр тока нулевой последовательности, выполненный из трех фазных трансформаторов тока, так как трансформатор тока нулевой последовательности без подмагничивания, применяемый в системе с.н., не позволяет осуществлять эти функции из-за малой чувствительности.

При этом возникает проблема учета погрешности трансформаторов тока, которая соизмерима с величиной полезного сигнала.

Выполним расчет зависимости тока нулевой последовательности $3I_0$ и напряжения нулевой последовательности $3U_0$ от величины сопротивления изоляции $R_{из}$ для системы собственных нужд блока № 6 Кураховской ГРЭС. В качестве присоединения с ухудшившимся состоянием изоляции принято присоединение, имеющее минимальное значение емкости фазы по отношению к земле.

Ток нулевой последовательности

$$3I_0 = 3U_0 \cdot Y_2,$$

где $U_0 = \frac{U_\phi}{1 + 3R_{из}(Y_1 + Y_2)}$ — напряжение нулевой последовательности;

Y_1 и Y_2 — полные комплексные проводимости отдельных участков сети относительно земли

$$Y_1 = g_1 + j\omega C_1; \quad Y_2 = g_2 + j\omega C_2;$$

g_1 и g_2 — активные проводимости фаз относительно земли;

C_1 и C_2 — емкостные проводимости фаз относительно земли.

Результаты расчетов $3U_0$ и $3I_0$ в зависимости от сопротивления изоляции $R_{из}$ приведены на рис. 2.

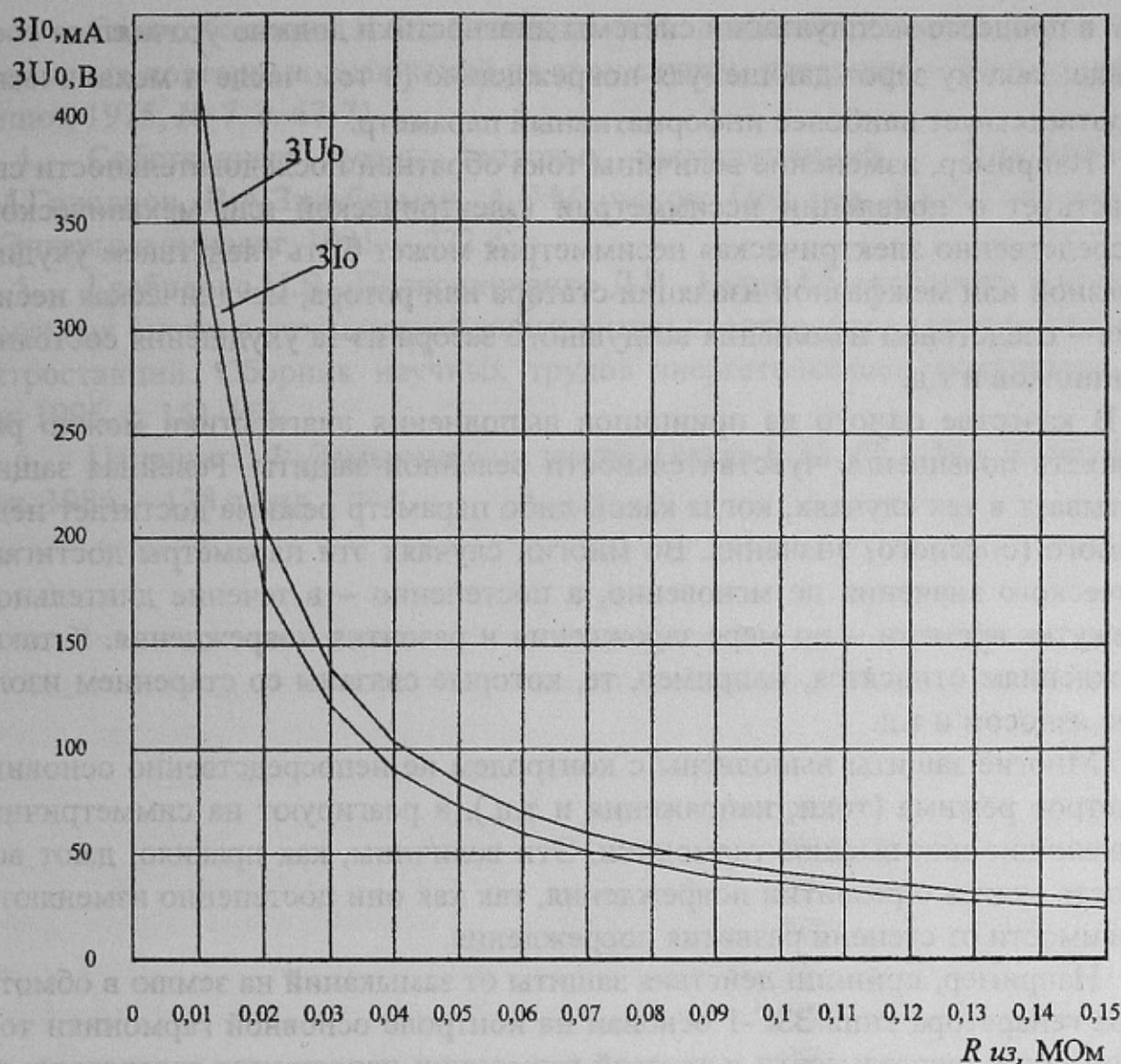


Рисунок 2 – зависимость $3U_o$ и $3I_o$ от величины сопротивления изоляции $R_{из}$

На основании полученных результатов можно сделать вывод, что измеряя фазные токи статора электродвигателя и напряжения с помощью измерительных трансформаторов тока и напряжения, можно достоверно оценивать состояние электрического двигателя (исправен или нет, произошли ли в нем изменения за известный промежуток времени и т.д.) путем соответствующей обработки этих параметров.

В этом случае проблема состоит в том, чтобы:

- обеспечить точное измерение очень малых токов и напряжений (менее 1 мА и 1 мВ), в том числе исключить погрешности ТТ и ТН;

- обработка должна заключаться в выделении токов и напряжений симметричных составляющих (1, 2, 0), гармоник различного порядка и оценки их веса;

□ в процессе эксплуатации системы диагностики должно уточняться соответствие: какому зарождающемуся повреждению (в том числе и механическому) соответствует наиболее информативный параметр.

Например, изменение величины тока обратной последовательности свидетельствует о появлении несимметрии (электрической или механической). Непосредственно электрическая несимметрия может быть следствием ухудшения фазной или межфазной изоляции статора или ротора, механическая несимметрия – следствием изменения воздушного зазора из-за ухудшения состояния подшипников и т.д.

В качестве одного из принципов выполнения диагностики можно рассматривать повышение чувствительности релейной защиты. Релейная защита срабатывает в тех случаях, когда какой-либо параметр режима достигает недопустимого (опасного) значения. Во многих случаях эти параметры достигают критического значения не мгновенно, а постепенно – в течение длительного промежутка времени – по мере зарождения и развития повреждения. К таким повреждениям относятся, например, те, которые связаны со старением изоляции, ее износом и т.д.

Многие защиты выполнены с контролем не непосредственно основных параметров режима (токи, напряжения и т.д.), а реагируют на симметричные составляющие или высшие гармоники. Эти величины, как правило, дают возможность судить о развитии повреждения, так как они постепенно изменяются в зависимости от степени развития повреждения.

Например, принцип действия защиты от замыканий на землю в обмотке статора генератора типа ЗЗГ-1 основан на контроле основной гармоники тока нулевой последовательности и третьей гармоники напряжения генератора, отношение которых является относительным сопротивлением изоляции обмотки статора. Контролируя это отношение до срабатывания защиты, можно судить о постепенном ухудшении изоляции обмотки статора генератора.

На основании этого можно сделать вывод, что:

- необходимо дополнить релейную защиту, имеющую органы выделения симметричных составляющих, устройством автоматического контроля изменения во времени симметричных составляющих;
- необходимо разработать методику оценки этих результатов контроля;
- для решения проблемы необходимо также повысить точность измерения симметричных составляющих.

Список литературы

1. Корогодский В.И., Кужеков С.Л., Паперно Л.Б. Релейная защита электродвигателей напряжением выше 1 кВ. – М.: Энергоатомиздат. 1987, 248 с.
2. Лихачев Ф.А. Перенапряжения в сетях собственных нужд. – Электрические станции, 1983, № 10.

3. Сивокобыленко В.Ф., Костенко В.И. Влияние режимов пуска и не-синхронных повторных включений на срок службы изоляции. – Электрические станции, 1975, № 7, с. 67-71.

4. Собственные нужды тепловых электростанций. / Э.М.Аббасова, Ю.М.Голоднов, В.А.Зильберман, А.Г.Мурзаков; Под ред. Ю.М.Голоднова. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 272 с.

5. Гребченко Н.В., Полковниченко Д.В., Нури Абдельбассет. Автоматизированная система технической диагностики электрооборудования тепловых электростанций. Сборник научных трудов энергетического факультета, Донецк: 1996, с. 151-153.

6. Цапенко Е.Ф. Замыкания на землю в сетях 6-35 кВ. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 128 с.: ил.