РАЗДЕЛ IV. ЭНЕРГЕТИКА

Соболь А.Н., Андреева А.А.

**Возможность использования информационных признаков повреждений
асинхронных генераторов ветроэнергетических установок для разработки
устройств защиты**

*ФГБОУ ВО Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина
(Россия, Краснодар)*

doi: 10.18411/scienceconf-05-2020-08

idsp: scienceconf-05-2020-08

Развитие современной ветроэнергетики идёт в основном по двум крупным направлениям: – ветроэнергетические установки (ВЭУ) малой мощности, предназначенные для обеспечения автономного электроснабжения изолированных объектов и объектов, удалённых от электрических сетей; – крупные ветропарки (ВП) на базе ВЭУ мегаваттного класса, работающие в составе объединённых энергосистем.

ВЭУ может использоваться для основного или резервного питания потребителей, удалённых от линий электропередачи. Ветроэлектростанцию однозначно выгоднее использовать в сравнении с бензо-дизельным генератором, так как она не создает сильного шума, не требует топлива, не загрязняет окружающую среду вредными выбросами и не требует сложного технического обслуживания [3].

Многообразие конструкций ВЭУ проявляется прежде всего в использовании ведущими производителями нескольких типов генераторов электрической энергии, которые, в свою очередь, предъявляют различные требования как к системам управления и регулирования комплексов в целом, так и к наличию или отсутствию дополнительных ступеней преобразования электрической энергии до подключения к электрическим сетям.

Характерной особенностью современного парка мощных ВЭУ является применение в большинстве конструкций (более 80 %) автономных асинхронных генераторов (ААГ) с короткозамкнутым ротором. Несмотря на относительно скромные энергетические показатели, определяющими факторами выступают более высокая надёжность асинхронных машин и меньшие затраты на производство единицы электрической энергии в связи с их меньшей стоимостью.

В подавляющем большинстве случаев отказы асинхронных машин происходят из-за повреждения обмоток, при этом большинство повреждений приходится на замыкания между витками. Если генератор не потеряет возбуждение при замыкании между витками и сохранит временную работоспособность, то надо считать, что он находится в состоянии скрытого отказа, выявление которого необходимо для обеспечения надёжности электроснабжения [4]. Также в состоянии скрытого отказа асинхронный генератор может находиться в случае обрыва одно или нескольких стержней короткозамкнутого ротора [1]. Таким образом возникает необходимость построения собственной защиты автономного асинхронного генератора [2].

Установлено, что в случае витковых коротких замыканий (КЗ) несимметрия токов и напряжений не велика и сравнима с несимметрией в цепи нагрузки ААГ. Это не позволяет выполнить защиту, реагирующую на данную несимметрию. Тоже можно сказать и об изменении гармонического спектра токов и напряжений [5].

В качестве защиты от межфазных КЗ можно использовать устройство для дифференциально-фазной защиты [7], а также дифференциальной защиты асинхронного генератора [8].

Для защиты ААГ с двумя параллельными ветвями возможно использование поперечной дифференциальной защиты.

Использование устройства защиты, в котором используется вибродатчик, позволяет осуществлять защиту от большинства повреждений, вызывающих увеличение амплитуды колебаний корпуса машины таких, например, как витковые и межфазные КЗ [6]. Устройство позволяет защитить электрическую машину, в том числе ААГ от неисправностей подшипников и др.

На рисунке 1 изображена принципиальная схема управления и защиты ААГ, а на рисунке 2 представлена блок-схема защитного устройства. Данное устройство содержит защищаемую электрическую машину 1, вибродатчик 2, который крепится на корпусе машины 1. Вибродатчик 2 подключается к входу защитного устройства 3, выход которого подключен к электромагнитному отключающему механизму коммутационного аппарата 4, который обеспечивает подключение к емкостям самовозбуждения трехфазной статорной обмотки машины.

Рисунок 1 – Схема управления и защиты асинхронного генератора

На рисунке 2 показана блок-схема защитного устройства. Вибродатчик 2 подключен к входу блока сравнения 5, к выходу которого включен усилитель электрического сигнала 6, подающий усиленный сигнал на исполнительный механизм (реле) 7, который приводит в действие электромагнитный привод аварийного выключения выключателя 4 (нумерация позиционных обозначений на рисунках 1 и 2 общая). Блок питания 8 выходами подключен к блокам 5 и 6 и обеспечивает работу этих блоков. Блоки 5, 6, 7 и 8 в совокупности составляют защитное устройство 3.

Сигналом вибродатчика 2 является электрическое напряжение. В блоке сравнения 6 этот сигнал сравнивается с заданным эталонным напряжением, соответствующим нормальному режиму работы машины, и при превышении сигнала датчика установленной эталонной величины формируется электрический сигнал на выходе блока 5. При величине сигнала датчика 2 меньше установленной эталонной величины на выходе блока 6 сигнал отсутствует.

В качестве вибродатчиков могут быть использованы пьезоэлектрические элементы, например титанат бария (BaTiO_2).

Устройство работает следующим образом. При включении коммутационного аппарата 4 исправная электрическая машина 1 возбуждается, при этом корпус машины 1 подвергается нормальным колебаниям, фиксируемым вибродатчиком 2. Сигнал вибродатчика 2 подается на устройство защиты 3. При этом амплитуда колебаний корпуса машины 1 меньше заданной величины, защитное устройство 3 не формирует сигнал защиты, и электрическая машина 1 работает нормально, оставаясь подключенной к сети. В случае отсутствия сигнала на выходе блока сравнения 5 срабатывание исполнительного механизма 6 и отключение выключателя 4.

При возникновении виткового КЗ в обмотке статора нарушается равновесие магнитодвижущих сил трехфазной обмотки, появляются электромагнитные силы одностороннего тяжения ротора, вследствие чего появляются дополнительные колебания корпуса машины 1 и сигнал вибродатчика 2 превышает пороговое значение.

Рисунок 2 – Блок-схема защитного устройства

Сигнал на выходе блока сравнения 5 усиливается усилителем 6 и вызывает срабатывание исполнительного механизма 7 защитного устройства. Исполнительный механизм 7 приводит в действие привод аварийного отключения выключателя 4, который вызывает защитное отключение асинхронного генератора от цепи емкостей самовозбуждения.

Аналогичные процессы протекают при неисправности подшипников, только вместо сил одностороннего тяжения причиной появления дополнительных колебаний корпуса машины 1 будет нарушение центровки ротора.

Таким образом, в современной тенденции является применение в ветроэнергетических установках автономных асинхронных генераторов с короткозамкнутым ротором. Так как генератор может находиться в состоянии скрытого отказа, то возникает необходимость построения его устройства защиты. Возможно применение различных устройств защиты, позволяющих защитить генератор от большинства повреждений. В качестве универсального устройства защиты предлагается использовать устройство, на основе датчика вибраций. Данное техническое решение имеет существенные преимущества перед известными защитными устройствами, заключающиеся в простоте реализации, как блока защиты, так и монтажа датчика сигналов и высоком быстродействии защиты.

1. Богдан А.В. Обнаружение виткового замыкания в обмотке статора асинхронного генератора [Текст]. / А.В. Богдан, А.Н. Соболев, Н.С. Баракин // Сельский механизатор – М.: ООО «Нива», 2018. – № 7-8. С. 44 – 45.
2. Богдан А.В. Информационные признаки повреждения обмотки статора для построения релейной защиты автономного асинхронного генератора [Текст]. / А.В. Богдан, А.Н. Соболев // Известия вузов. Электромеханика. Новочеркасск: ЮРГПУ (НПИ) имени М.И. Платова, 2017. – № 6. С. 72-76.
3. Баракин Н.С. Асинхронный генератор с автотрансформаторной обмоткой статора [Текст]. / Н.С. Баракин, А.Н. Соболев, А.А. Кумейко // Сельский механизатор – М.: ООО «Нива», 2018. № 7-8. С. 48 – 49.
4. Богдан А.В. Измерение сопротивления нулевой последовательности силового трансформатора У/УН-12 [Текст]. / А.В. Богдан, А.Н. Соболев, В.А. Богдан // Сельский механизатор, – М.: ООО «Нива», 2018. № 11. С. 40 – 41.
5. Богдан А.В. Информационные признаки повреждения обмотки статора для построения релейной защиты автономного асинхронного генератора [Текст]. / А.В. Богдан, А.Н. Соболев // Известия вузов. Электромеханика. Новочеркасск: ЮРГПУ (НПИ) имени М.И. Платова, 2017. – № 6. С. 72-76.
6. Устройство защиты машин переменного тока [Текст]: пат. 2295815 С1 Рос. Федерация: МПК H02N 7/08, G01M 15/00, H02K 15/00 / Соболев А.Н.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО Кубанский государственный аграрный университет. № 2013128253/07, заявл. 07.10.2005; опубл. 20.03.2007, бюл. №8. – 10 с.
7. Устройство для дифференциально-фазной защиты [Текст]: пат. 2313890 С1 Рос. Федерация: МПК H02M 7/08, H02N 3/28 / Соболев А. Н.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО Кубанский государственный аграрный университет. 2006124282/09, заявл. 06.07.2006; опубл. 27.12.2007, бюл. №36. – 10 с.
8. Устройство для дифференциальной защиты асинхронного генератора [Текст]: пат. 66127 U1 Рос. Федерация: МПК H 02 K 11 00, H 02 N 7 08 / Соболев А. Н.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО Кубанский государственный аграрный университет. № 2006147115/22, заявл. 27.12.2006; опубл.: 27.08.2016; бюл. № 24. – 4с.