Соболь А.Н., Андреева А.А.

Проблематика построения защиты от повреждений обмоток автономного асинхронного генератора

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

doi: 10.18411/lj-06-2020-44

idsp: ljournal-06-2020-44

Аннотация

Применение надежной и эффективной защиты от аварийных режимов работы значительно сократит количество и частоту аварийных ситуаций и продлит срок службы автономных асинхронных генераторов. Для защиты асинхронных генераторов от различных повреждений в его обмотках возможно использование различных устройств, однако. Наиболее оптимальным является использование устройства защиты, в котором используется вибродатчик.

Ключевые слова: аварийный режим, асинхронный генератор, устройство защиты, вибродатчик.

Abstract

The use of reliable and effective protection against emergency operation will significantly reduce the number and frequency of emergency situations and extend the life of autonomous asynchronous generators. To protect asynchronous generators from various damages in its windings, the use of various devices is possible, however. The most optimal is the use of a protection device in which a vibration sensor is used.

Keywords: emergency mode, asynchronous generator, protection device, vibration sensor.

В настоящее время широко известны автономные асинхронные генераторы с емкостным самовозбуждением (ААГ) [1]. Теоретические исследования и практический опыт показывают перспективы их применения в сельском хозяйстве, в том числе в автономных источниках электроснабжения, а также в ветроэлектрических установках. Значительный вклад в науку и практику их применения внесли такие ученые, как Н.И. Алиев, Н.Д. Торопцев, А-З. Р. Джендубаев и др. Большой вклад в развитие защит асинхронных машин внесли: С.Л. Кужеков, М.Я. Клецель и др [6, 10]. Установки малой и средней мощности служат автономными источниками электроэнергии, как для коллективных хозяйств, так и частных целей.

Однако имеется важная нерешенная проблема эксплуатации генераторов. В настоящее время чувствительных защит ААГ не существует. Есть мнение, что в случае коротких замыканий (КЗ) ААГ теряет возбуждение, и защита для него не требуется.

Известно, что в большинстве случаев (85-95 %) отказы асинхронных машин происходят из-за повреждения статорной обмотки. При этом более 90 % повреждений приходится на межвитковые замыкания.

Замыкание небольшого количества витков статорной обмотки ААГ не должно существенно изменять основной магнитный поток машины, и, поэтому велика вероятность длительной работы ААГ с таким видом повреждения. Скрытый отказ, существующий в виде виткового замыкания, значительно снижает надежность автономного ААГ, как источника резервного питания [2].

Согласно статистике неисправности электрических машин, можно представить следующей классификационной схемой, показанной на рисунке 1.

Из рисунка видно, что большая часть неисправностей электрических машин приходится на повреждения обмоток. Наиболее трудно поддается диагностике

замыкание малого числа витков в статорной обмотке машины (1 – 5 %). Правильно функционирующий и сохраняющий временную работоспособность генератор может быть неисправен, т.е. находиться в состоянии скрытого отказа, выявление которого представляет собой сложную техническую задачу. То же самое можно сказать и повреждении обмотки короткозамкнутого ротора, связанным с обрывом одного или нескольких стержней. Причиной данного вида повреждения может служить, например, перегрев генератора. В этом случае ААГ также продолжает функционировать в состоянии скрытого отказа [3].

Рисунок 1 – Классификация неисправностей электрических машин

Применение надежной и эффективной защиты от аварийных режимов работы значительно сократит количество и частоту аварийных ситуаций и продлит срок службы ААГ, сократит эксплуатационные расходы.

При снижении сопротивления изоляции высока вероятность появления пробоя обмотки статора электрической машины на корпус. Не менее важным является контроль состояния изоляции обмоток статора во время работы. Для этого используется измерение тока утечки на “землю” с помощью дифференциального трансформатора тока, реагирующего на появление дифференциального тока выше некоторой уставки, заданной пользователем.

Термочувствительные устройства защиты относятся к встраиваемой защите. Они располагаются в специально предусмотренных для этой цели гнездах в лобовых частях (защита от заклинивания ротора) или в обмотках электрических машин. Недостатком данного вида защиты является то, что с датчиками выпускаются далеко не все типы машин. Это особенно касается электрических машин отечественного производства. Причем датчики могут устанавливаться только в условиях стационарных мастерских. Кроме того, температурная характеристика термистора достаточно инерционна и сильно зависит от температуры окружающей среды и от условий эксплуатации.

Даже самые лучшие устройства не решают полностью задачу по защите электрических машин от механических перегрузок, перекоса фазных токов, связанных с внутренними авариями или ухудшением сопротивления изоляции обмоток.

В настоящее время попытки создать универсальную эффективную защиту предпринимаются различными производителями. Наибольшее распространение получили две идеологии: фазовый метод, реализованный в большинстве импортных дорогостоящих устройств, и контроль параметров работы машины по величине действующего значения тока в каждой из фаз, положенный в основу отечественных устройств. Задача создания универсального защитного устройства оказалась достаточно сложной по разным причинам. Например, ток необходимо измерять как

можно точнее, ведь известно, что длительная работа электрической машины всего лишь при 5%-ной перегрузке сокращает срок службы в 10 раз. Также в связи с возможной несинусоидальностью кривой тока необходимо определять действующее значение токов, включая гармонический анализ, чтобы учесть значения высших гармоник, оказывающих наиболее вредное влияние на пусковые и рабочие характеристики машины. Работа по пиковым значениям (длительным фронтам) или по неким усредненным суммам приводит к ложным срабатываниям. Необходимо обеспечить отстройку от 7 – 8 кратных пусковых токов, одновременно обеспечив отключение электрической машины даже при небольших перегрузках. Защита должна быть “умной”, т. е. время срабатывания должно зависеть от тока. Необходимо отключать электрическую машину при возникновении асимметрии токов, так как это приводит к биению ротора. Необходимо учитывать также тепло, выделяемое при пусках электрической машины, т. к. при частых пусках она может перегреться пусковыми токами, имея на валу нагрузку ниже номинальной [4].

Существует также так называемое фазочувствительное устройство защиты (ФУЗ). ФУЗ срабатывает при обрыве фазы во время пуска и заклинивании ротора или исполнительного механизма. Защита весьма чувствительна к обрыву фазы при пуске машины, а при работе с перегрузками ток в катушке реле увеличивается медленно, что позволяет защите срабатывать с выдержкой времени.

Большинство коротких замыканий являются несимметричными, при которых уровень тока КЗ ниже, чем при трехфазных. Поэтому чувствительность защит, реагирующих на фазные токи, в этом случае оказывается меньше. Если же несимметричные КЗ обнаруживать по составляющим тока, характерным для несимметричного режима, практически отсутствующим в нормальном режиме, то чувствительность защит существенно повышается [5].

Установлено, что в случае витковых 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.

В качестве защиты от межфазных КЗ можно использовать устройство для дифференциально-фазной защиты, а также дифференциальной защиты асинхронного генератора, описание и принцип действия которых приведено ниже [7, 8].

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

Также не исключается возможность использования других устройств защиты, например, реагирующих на несимметрию магнитного поля внутри генератора в случае виткового КЗ в статорной обмотке (при размещении кольца, охваченного ферромагнитным сердечником, внутри электрической машины).

Данное устройство обладает достаточно высокой чувствительностью, однако размещение кольца внутри машины сопряжено с необходимостью разборки и сборки машины и представляет сложную технологическую операцию. Наводимое в кольце электромагнитное поле не дает точного представления о характере нарушения изоляции и возникновении короткого замыкания в обмотке, что приводит к необходимости усложнения схемы блока защиты. Возможны ложные срабатывания защиты при несимметричной нагрузке генератора. Также сложность блока защиты не позволяет обеспечить его высокую надежность в работе и предопределяет высокую стоимость. Тоже можно сказать и об устройствах тепловой защиты.

Наиболее оптимальным с нашей точки зрения является 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 [9]. Устройство также позволяет защищать генератор от неисправностей подшипников и др.

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. Клецель М.А. Способ выявления витковых замыканий в трехфазных асинхронных электродвигателях [Текст] / М.А. Клецель, А.Н., Новоложилов // Известия вузов. Электромеханика. Новочеркасск: ЮРГПУ (НПИ) имени М.И. Платова, 1986. № 11. С. 46-48.
7. Пат. 66127 У1 Российская Федерация, МПК Н 02 К 11 00, Н 02 Н 7 08. Устройство для дифференциальной защиты асинхронного генератора [Текст]. / Соболев А. Н.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет. № 2006147115/22; заявл. 27.12.06; опубл. 27.08.07, Бюл. № 24. – 4 с.
8. Пат. 2313890 Российская Федерация, МПК 51 Н02М 7/08, Н02Н 3/28. Устройство для Устройство для дифференциально-фазной защиты [Текст]. / Богдан А.В., Соболев А. Н.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет. № 2006124282; заявл. 06.07.2006; опубл. 27.12.2007, Бюл. № 36. – 5 с.
9. Пат. 2295815 Российская Федерация, МПК 51 Н02Н 7/08, G01М 15/00, Н02К 15/00. Устройство защиты машин переменного тока [Текст]. / Богдан А.В., Стрижков И.Г., Потапенко И.А., Соболев А.Н.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет. № 2005131150; заявл. 07.10.2005; опубл. 20.03.2007, Бюл. № 8. – 4 с.
10. Торопцев Н.Д. Асинхронные генераторы для автономных электроэнергетических установок / Н.Д. Торопцев. – М.: НТФ «Энергопрогресс», 2004. – 88 с.