РАЗДЕЛ XV. ЭНЕРГЕТИКА

Соболь А.Н., Андреева А.А.

Экспериментальное исследование обрыва фаз и емкостей самовозбуждения асинхронных генераторов ветроэнергетических установок

ФГБОУ ВО Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т.

Трубилина

(Россия, Краснодар)

doi: 10.18411/lj-07-2021-59

Аннотация

Имеются и определенные проблемы в эксплуатации автономных асинхронных генераторов ветроэнергетических установок, связанные с разного рода повреждениями в обмотке статора, а также емкостей самовозбуждения. В статье рассматриваются экспериментальные исследования повреждений конденсаторов самовозбуждения, а именно не симметрия или обрыв одной из фаз емкостей, а также повреждения, связанные с обрывом фаз генератора. Дана рекомендация использования в качестве защиты устройства, реагирующего на изменение вибрации корпуса асинхронного генератора, возникающее при повреждениях.

Ключевые слова: ветроустановка, асинхронный генератор, повреждение, устройство защита.

Abstract

There are also certain problems in the operation of autonomous asynchronous generators of wind power plants associated with various kinds of damage in the stator winding, as well as self-excitation capacities. The article discusses experimental studies of damage to self-excitation capacitors, namely, not symmetry or breakage of one of the capacitor phases, as well as damage associated with the breakdown of the generator phases. A recommendation is given to use a device as a protection that responds to a change in the vibration of the asynchronous generator housing that occurs in the event of damage.

Keywords: wind turbine, asynchronous generator, damage, protection device.

По мере того, как необратимая революция в области экологически чистой энергии набирает обороты, ветровая энергия дала толчок распространению ветроустановок, снижению затрат и повышению производительности.

Один из способов сократить выбросы парниковых газов, а также нашу зависимость от ископаемого топлива - это увеличить долю электроэнергии, вырабатываемой с помощью ветра и других возобновляемых источников энергии. Ветроэлектростанции не выбрасывают парниковые газы при производстве электроэнергии, в отличие от угольных и заправочных станций [3].

Энергия ветра является экологически чистым возобновляемым источником энергии и предлагает множество преимуществ, что объясняет, почему она является одним из самых быстрорастущих источников энергии в мире.

Энергия ветра - это бесплатный и неисчерпаемый («возобновляемый») источник энергии. В отличие от ископаемых видов топлива, таких как уголь и нефть, которые существуют в ограниченных количествах и которые должны быть извлечены из земли с большими экологическими издержками, ветровые турбины используют безграничный запас кинетической энергии в виде ветра.

Для расширения масштабов ветроэнергетики и для широкого ее использования необходимо иметь установку надежно превращающую энергию ветровых потоков в электроэнергию.

Именно здесь выбор генератора играет огромную роль в максимальном использовании энергии ветра турбиной, что, в свою очередь, определяет ее способность производить высококачественную выходную мощность с минимальными затратами.

Этим требованиям вполне отвечает автономные асинхронные генераторы с возбуждением от батареи конденсаторов благодаря своей надежности, невысокой стоимости и простоте конструкции [4].

Однако имеются и определенные проблемы в их эксплуатации [2]. Заключаются они том, что могут произойти неисправности генератора. Среди самых распространённых можно выделить разного рода повреждения в обмотке статора, а также емкостей самовозбуждения. Как таковых специальных защит автономных асинхронных генераторов не существует. Поэтому имеется потребность разработки соответствующих устройств диагностики и защиты генератора. Для их разработки нужно исследовать признаки неисправностей. Это позволит сформулировать требования к защитным устройствам.

Для проведения опытных исследований была сконструирована экспериментальная установка [1]. В ее состав входил асинхронный генератор, выполненный на базе асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором типа 4A100S4У3 (3 кВт, 1435 об/мин, номинальным током 6,7 А, коэффициентом мощности, равным 0,65, количеством витков в фазе 210) [1]. Генератор возбуждался от батареи конденсаторов, которые были соединены по схеме со «треугольник». Схема экспериментальной установки, а также схема повреждений батареи конденсаторов представлены на рисунках 1 и 2 соответственно.

Рисунок 1 - Схема экспериментальной установки

Рисунок 2 - Схема повреждений в емкостях самовозбуждения генератора

Изменения напряжений и токов генератора, а также емкостных токов при повреждении батареи конденсаторов регистрировались с помощью осциллографа.

Соответствующие осциллограммы представлены на рисунке 3. Данные кривые показывают, что происходит с генератором при обрыве 70 % емкости, например в фазе «А», а также обрыве всей емкости в фазе. На рисунке показаны изменения фазных и емкостных токов. Изменение напряжения фаз, а также токов нагрузки носит аналогичный характер [2].

Для определения коэффициента обратной последовательности токов автономного асинхронного генератора K_2 примем следующее выражение согласно [1]

$$K_2 = \frac{I_2}{I_1},$$

где I_2 - ток обратной последовательности; I_1 - ток прямой последовательности.

Также можно записать следующее выражение [1]

$$K_2 = \frac{\sqrt{2} \sqrt{(I_A - I_C)^2 + (I_C - I_B)^2 + (I_B - I_A)^2}}{I_A + I_B + I_C},$$

где I_A, I_B, I_C – соответственно значение токов фаз «А», «В», «С».

При частичном обрыве емкости генератора в поврежденной фазе уменьшается ток и напряжение. Так, происходит уменьшения тока в поврежденной фазе в 1,4 раза. В неповрежденных фазах уменьшение величины токов и напряжений колеблется на уровне 2 – 3 %. Также незначительную величину составляет коэффициент обратной последовательности напряжений и токов генератора. Разница между средним значением токов фаз при несимметрии и током в поврежденной фазе составляет величину порядка 19 % по сравнению с номинальным током.

Если происходит полный обрыв одной из фаз емкостей возбуждения, то величина тока в поврежденной фазе генератора уменьшается в 4,24 раза. Аналогичный характер имеет изменение напряжений. Величину порядка 0,1 имеет в данном случае коэффициент обратной последовательности токов. Для напряжений он составляет незначительную величину [2].

Рисунок 3 - Обрыв емкости и фазы «А» генератора

Аналогичные изменения получаются при обрыве одной из фаз генератора. В случае обрыва двух фаз или короткого замыкания между фазами емкостей самовозбуждения асинхронный генератор теряет возбуждение.

Таким образом опытные исследования позволили выявить характер изменения величин токов и напряжений автономного асинхронного генератора при обрыве одной из фаз генератора, а также полном или частичном обрыве фаз емкостей возбуждения. Данные информационные признаки необходимы для разработки соответствующих устройств защиты, в качестве которых можно, например, использовать устройство, реагирующее на изменение вибрации корпуса генератора при повреждении [1]. Так как с помощью сигнала вибродатчика имеется возможность обнаружения не только электрических, но и механических повреждений, поэтому его целесообразно использовать для построения устройства защиты генератора.

1. Богдан А.В. Диагностика повреждений обмотки статора автономного асинхронного генератора [Текст] / А.В. Богдан, А.Н. Соболев // Известия вузов. Электромеханика. Новочеркасск: ЮРГПУ (НПИ) имени М.И. Платова, 2013. – № 1. С. 70–71.
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. Бубенчикова Т.В. Выбор электрогенераторов для ВЭУ [Текст] / Т.В. Бубенчикова и др. // Международный научно-исследовательский журнал. – Екатеринбург, 2016. № 12. – С. 43–50.
4. Григораш О.В. Нетрадиционные автономные источники электроэнергии [Текст] / О.В. Григораш, Ю.И. // Промышленная энергетика. – М., 2001. № 4. С.37–40.

Kondrateva N.P., Shishov A.A., Bolshin R.G., Krasnolutsкая M.G.
Digital technologies for monitoring and implementation of smart diagnostics of the
isolation of power supply systems with isolated neutral in the operating mode

Izhevsk State Agricultural Academy
(Russia, Izhevsk)

doi: 10.18411/ij-07-2021-60

Abstract

Nowadays, 75% of emergencies at power supply facilities are caused by single-phase ground faults. The currently used methods of thermal imaging and ultrasonic testing do not allow accurately identify the cause of accidents in electric power distribution systems. The current search generators, due to their low power, cannot cover the entire section of the diagnosed network. The article suggests the use of digital technologies for the intelligent diagnostics of the insulation of power supply system with insulated neutral in the operating mode, allowing on-line diagnostics of the network and analyzing the data obtained for the early prevention of emergency situations. In order to avoid disconnecting sections and diagnose the system in operating mode, it is proposed to check the system using a current-limiting capacitor, which will be connected to the live parts of each phase under voltage and accurately determine the location of a single-phase short circuit for any number of feeders. The relevance of these studies is due to the fact that, for example, during two years at one of the manufactures 19 emergencies related to single-phase ground faults were recorded. Four of these cases led to a complete stop of the production. Therefore, the development of digital technologies for the implementation of smart diagnostics of the insulation of an energized power supply system with insulated neutral will be of interest to practitioners, scientists, researchers, graduate students and other specialists seeking to study the latest achievements in smart agribusiness for their subsequent application in the real world.

Keywords: insulated neutral system 6, 10 and 35 kV, insulation fault locations, hidden insulation faults, single-phase ground faults, WEB AI, ERP, digital control.