

Copyright © 2015 by Academic Publishing House Researcher



Published in the Russian Federation
European Journal of Technology and Design
Has been issued since 2013.

ISSN: 2308-6505

E-ISSN: 2310-3450

Vol. 8, Is. 2, pp. 61-65, 2015

DOI: 10.13187/ejtd.2015.8.61

www.ejournal4.com

UDC 621.313.13

On-Line Hydrogenerator Rotor Winding Condition Assessment

Anastasiya B. Khorun

Tomsk Polytechnic University, Russian Federation

E-mail: abh3@tpu.ru

Abstract

On-line monitoring systems allow assessing the condition of generator stator windings, bearings and the air gap are now widely employed by hydrogenerator plant operators. However, there is no on-line monitor that explicitly determines the condition of the rotor field windings. Although salient pole field windings tend to be very reliable, in each major outage plant personnel spend a considerable amount of time doing the 'pole drop' test, to assure themselves that there are no shorted turns on the field poles. In addition, the pole drop test may not be effective in detecting shorted turns in the standstill condition.

Investigations have occurred to determine if rotor shorted turns can be detected at lower cost during normal generator operation by measuring the magnetic flux from each pole as it passes a probe that is placed in the air gap. The article presents the results of tests on several hydrogenerators which show that there is some promise in the method.

Keywords: hydrogenerator, a rotor winding, rotor's magnetic flux, monitoring, turn-to-turn short circuits.

Введение

Для гидрогенераторов средней и большей мощности наиболее распространены явнополюсные машины, обмотка ротора которых выполнена полосовым проводником [1]. То есть, обмотка состоит из медной полосы, которые наложены вокруг полюсного наконечника в виде витков с межвитковой изоляцией. Электрическая изоляция, как правило, выполнена на основе стекловолокна. При этом витки изолируются как между собой так и между магнитопроводом. Несмотря на высокую надежность во время эксплуатации изоляция гидрогенераторов роторных обмоток подвергается различным воздействиям, например, перегреву, загрязнению обмоток, а также естественному старению [1]. В настоящее время средств определения пробоя межвитковой изоляции нет. Большинство повреждений выявляется когда витковое замыкание перерастает в замыкание на землю.

Наличие виткового замыкания обмотки ротора приводит к нарушению магнитного тяжения, которая, в свою очередь, может привести к сильному увеличению вибрации подшипника, вплоть до срыва гидрогенератора с фундамента. Хотя практически на всех генераторах контролируется вибрация подшипников, контроль вибрации не может выступать точным методом получения информации о возникновении замыкания по причине сильного влияния на уровень вибрации многих факторов неэлектрического характера.

Самым надежным и распространенным способом выявления короткого замыкания является сопоставление уровня падения напряжения на каждом полюсе [1] при приложенном переменном напряжении, например 120 В, к контактным кольцам. Проверка проводится на остановленном и частично разобранном гидрогенераторе. Напряжение на каждом полюсе должны быть одинаковы. Если в обмотке полюса имеется замыкание, то напряжение на этом полюсе будет меньше, чем среднее падение напряжения на остальных. Этот метод имеет три существенных недостатка:

- он может быть выполнен только на остановленном гидрогенераторе – что предполагает экономические потери.
- занимает много времени, особенно на большом роторе со многими десятками полюсов.
- поскольку ротор не вращается, нет центробежных сил, и поэтому отдельные перемежающиеся замыкания не выявляются из-за того, что контакт в них появляется при нормальных скоростях вращения.

Помимо технических задач разработка мониторинга состояния обмотки ротора гидрогенератора позволит реализовать стратегию организации ремонтов по техническому состоянию.

За последние 20 лет интенсивно ведутся работы по диагностике виткового замыкания в обмотке ротора турбогенератора на основе анализа данных с датчика магнитного потока, установленного в воздушный зазор машины [1]. Методика перспективна и практически не использовалась при диагностике явнополюсных гидрогенераторов, возможно потому, что их роторы конструктивно отличаются от роторов турбогенераторов и затруднительна интерпретация измерений.

Метод мониторинга

Метод мониторинга обмотки ротора заключается в измерении не симметрии магнитного потока в воздушном зазоре генератора, что позволяет определить полюс с короткозамкнутым витком. Радиальная составляющая магнитного потока снимается посредством датчика, выполненного в виде плоской катушки, состоящей из нескольких десятков витков, приклеенной к зубу статора, или в виде зонда, введенному в воздушный зазор через канал системы охлаждения. Метод основан на том, что в датчике индуцируется ЭДС, пропорциональная магнитному потоку от проходящего мимо датчика полюса. ЭДС измеряется с помощью осциллографа или посредством аналого-цифрового преобразователя и регистрируется в компьютере. В явнополюсной машине величина радиальной составляющей магнитного потока от каждого полюса ротора зависит от величины активной и реактивной нагрузки машины. А по изменению в профиле потока в пределах полюса можно судить о наличии замыкания.

ЭДС на выходе датчика может быть записана в виде волны, представляющей собой колебания относительно среднего значения потока от одного полюса ротора. Любое уменьшение потока от полюса говорит об уменьшении МДС, а поскольку ток во всей обмотке один и тот же, то уменьшение МДС, измеряемой как ампер-виток, говорит об уменьшенном количестве витков в полюсе. Для определения полюса с наличием виткового замыкания записанные данные сигнала анализируются, а для этого необходимо определить полюс начала отсчета и пронумеровать полюса.

По чувствительности метод позволяет выявить замыкание одного витка. В нем предусматривается применение автокорреляции, и сравнение интегральных значений потоков от разнополярных полюсов [3].

Экспериментальные измерения

Снятие данных проведены на гидрогенераторе СВ 1470/149-144УХЛ4 (табл. 1).

Таблица 1. Данные машины с установленным датчиком потока

мощность, МВА	количество полюсов	количество витков на полюс	измеренная машина
78	52	27	U3

На рис. 1 показана круговая диаграмма магнитных потоков от полюсов неповрежденного 52-полюсного гидрогенератора на 78 МВА. Показания обрабатываются в соответствии описанному выше методу. Магнитный поток, по существу, равномерный по всей окружности ротора.

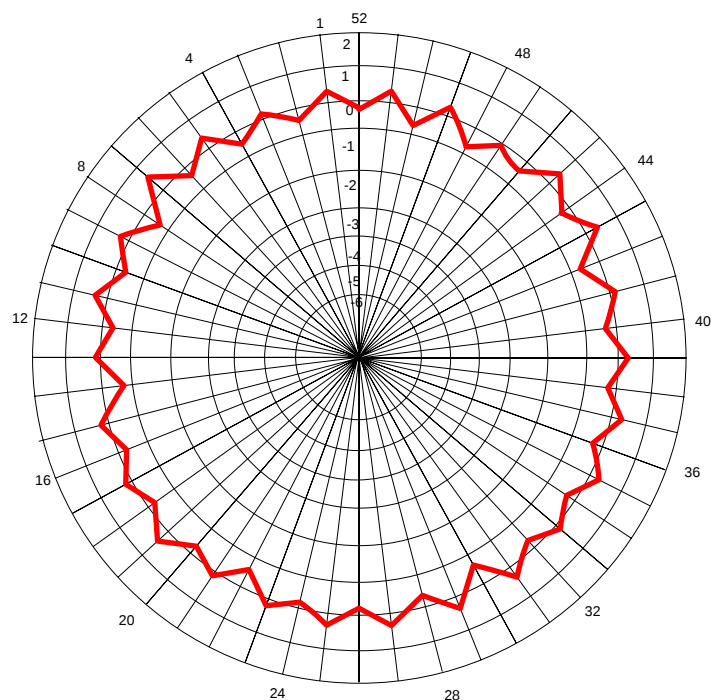


Рис. 1. Круговая диаграмма магнитных потоков от неповрежденных полюсов (нормализованная шкала). В идеале должен быть круг, колебания обусловлены не конструктивным выполнением машины

В качестве эксперимента было искусственно создано замыкание в виде перемычки рис. 2. При этом были замкнуты 1 и 3 витка в двух различных полюсах (8 и 48). На рис. 3 показана круговая диаграмма магнитных потоков от полюсов с замыканием в 8-м и 48-м полюсе. Как видим из рис. 3, метод позволяет не только фиксировать наличие замыкания но и степень его развития.



Рис. 2. Вид замыкания в полюсе 78 МВА генератора

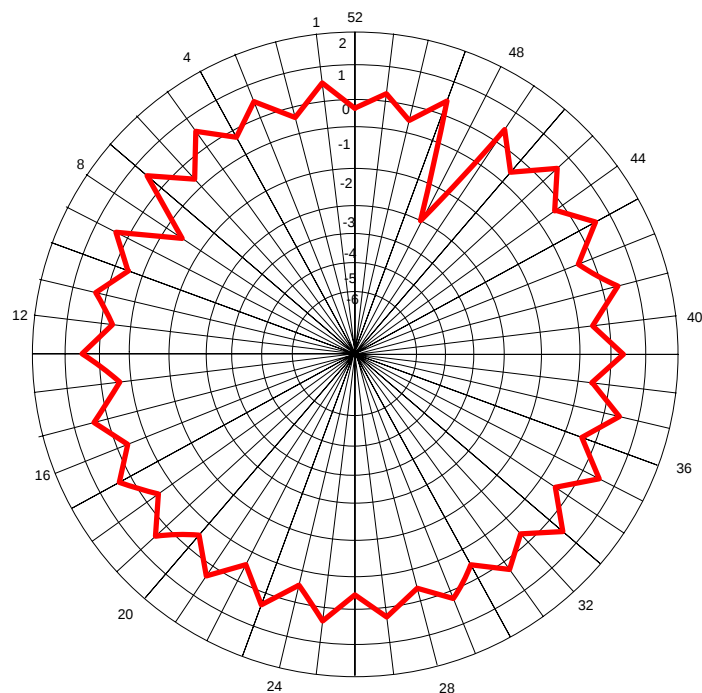


Рис. 3. Круговая диаграмма магнитных потоков от полюсов с замыкание в 8-м и 48-м полюсе

Выводы

Метод позволяет в режиме реального времени производить обнаружение виткового замыкания в обмотке ротора явнополюсной машины. С круговой диаграммы имеющей привязку к полюсу можно определить полюс с повреждением и степень развития дефекта. Измерение несимметрии потоков от полюсов в воздушном зазоре может служить основой для построения систем сигнализации и защиты от замыканий в обмотке возбуждения гидрогенератора. Наличие на ГЭС системы мониторинга состояния обмотки ротора гидрогенератора позволит реализовать стратегию организации ремонтов генератора по техническому состоянию.

Примечания:

1. Stone, G.C., Boulter, A., Culbert, I., Dhirani, H., Electrical Insulation/or Rotating Machines, IEEE Press- Wiley, Jan. 2004.
2. US Patent No. 6,466,009 B1, Flexible Printed Circuit Magnetic Flux Probe issued 15 October 2002
3. Stein, Jan, Field Testing of Continuous Hydrogenerator Air-Gap Flux Monitor: Feasibility Study (1011282), 2004
4. Аврух В.Ю., Дуганов Л.А. Теплогидравлические процессы в турбо и гидрогенераторах. М.: Энергоатомиздат, 1991. 208 с. - ISBN 5-283-00619-0.

References:

1. Stone, G.C., Boulter, A., Culbert, I., Dhirani, H., Electrical Insulation/or Rotating Machines, IEEE Press- Wiley, Jan. 2004.
2. US Patent No. 6,466,009 B1, Flexible Printed Circuit Magnetic Flux Probe issued 15 October 2002
3. Stein, Jan, Field Testing of Continuous Hydrogenerator Air-Gap Flux Monitor: Feasibility Study (1011282), 2004
4. Avrukh V.Yu., Duganov L.A. Teplogidravlicheskie protsessy v turbo i gidrogeneratorakh. M.: Energoatomizdat, 1991. 208 s. - ISBN 5-283-00619-0.

УДК 621.313.13

Оценка состояния обмотки ротора гидрогенератора

Анастасия Борисовна Хорун

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Российская Федерация
634034, г. Томск, ул. Вершинина, 37
E-mail: abh3@tpu.ru

Аннотация. Существующие в настоящее время системы мониторинга в режиме реального времени позволяют определять повреждения в подшипниках и эксцентриситет ротора, что на сегодняшний день является главной задачей. Однако не существует апробированных методов способных явно определять состояние полюсных обмоток ротора в различных режимах работы гидрогенератора. Как правило, наличие повреждений в обмотке ротора надежно определяется только на выключенной машине. В работе излагаются результаты исследования по разработке метода технической диагностики наличия замыканий в обмотке ротора. Метод основан на мониторинге симметрии магнитного поля, в режиме реального времени работающей машины. Измерение производится с помощью специализированных датчиков магнитного потока, установленных в воздушном зазоре. Приведены экспериментальные результаты, снятые с гидрогенератора, подтверждающие перспективность предлагаемого метода.

Ключевые слова: гидрогенератор, обмотка ротора, магнитное поле ротора, мониторинг, межвитковое замыкание.