



УДК 621.313.04

РАЗРАБОТКА УСТАНОВКИ ДЛЯ ПРОГНОСТИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ ИЗОЛЯЦИИ СТАТОРА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ МАШИНЫ

DEVELOPMENT OF SETUP FOR PREDICTIVE TESTING STATOR INSULATION OF ELECTRICAL MACHINES

Костромин Вячеслав Алексеевич, студент каф. «Электропривод и автоматизация промышленных установок», Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Россия, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира 19. E-mail: kostrva97@gmail.com. Тел. +7(932)125-59-15

Кондаков Константин Андреевич, магистрант каф. «Электропривод и автоматизация промышленных установок», Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Россия, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира 19.

Бородин Михаил Юрьевич, к-т. техн. наук, доцент каф. «Электропривод и автоматизация промышленных установок», Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Россия, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира 19. E-mail: m.y.borodin@urfu.ru.

Метельков Владимир Павлович, к-т. техн. наук, доцент каф. «Электропривод и автоматизация промышленных установок», Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Россия, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира 19. E-mail: v.p.metelkov@urfu.ru

Vyacheslav A. Kostromin, student, Department «Electric drive and automation of industrial installations», Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, 620002, Mira str., 19, Ekaterinburg, Russia. E-mail: kostrva97@gmail.com. Ph.: +7(932)125-59-15

Konstantin A. Kondakov, Master student, Department «Electric drive and automation of industrial installations», Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, 620002, Mira str., 19, Ekaterinburg, Russia.

Michael Y. Borodin, Candidate Sc., Docent, Department «Electric drive and automation of industrial installations», Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, 620002, Mira str., 19, Ekaterinburg, Russia. E-mail: m.y.borodin@urfu.ru.

Vladimir P. Metelkov, Candidate Sc., Docent, Department «Electric drive and automation of industrial installations», Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, 620002, Mira str., 19, Ekaterinburg, Russia. E-mail: v.p.metelkov@urfu.ru

Аннотация: В статье рассматривается подход к построению системы диагностики базовой изоляции электрической машины. Обсуждается структура экспериментальной установки, позволяющая организовать неразрушающий прогностический контроль изоляции электрической машины. Приведена схема замещения изоляции, применяемая в зарубежных источниках. Рассмотрены методы определения параметров схемы замещения.

Abstract: The article discusses the approach to construction of system of diagnostics of the basic insulation of electrical machines. Discusses the structure of the experimental installation, allowing to organize non-destructive predictive control of insulation of electrical machines. Given the equivalent circuit of the insulation used in foreign sources. The methods of determination of equivalent circuit parameters.

Ключевые слова: контроль изоляции; схема замещения; испытание повышенным напряжением; неразрушающий частичный разряд; высокочастотный отклик; диэлектрическая характеристика.

Keywords: insulation monitoring; equivalent circuit; testing by higher voltage; non-destructive partial discharge; high frequency response; dielectric characteristic.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

В процессе эксплуатации качество электрической изоляции электрической машины ухудшается.

Процесс деградации рассматривается как многостадийный процесс причем на каждой стадии темпы старения изоляции различны. Известны [1,3] разработки специального

мониторинга, которые призваны определить повреждения изоляции на ранних стадиях старения и предотвратить лавинообразное ухудшение электрической прочности механических свойств.

Ниже предлагается функциональная схема испытательной установки, реализующая мониторинг изоляции с определением параметров влияющих на уровень и темп деградации изоляции двигателя (рисунок 1).

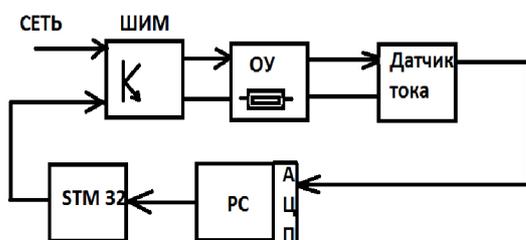


Рис. 1. Функциональная схема установки

ОБЗОР МЕТОДОВ

В данной статье речь пойдет о системах оценивания состояния изоляции статора электрической машины. Чтобы оценить в каком состоянии находится изоляция статора в данный момент времени и предотвратить выход её из строя. Состояние изоляции статора может быть как полностью здоровым, содержащим начальные повреждения, так и содержащие предельные повреждения. В большинстве случаев, деградация изоляции статора электрической машины происходит из-за термических, электрических, химических и механических факторов. Химические и механические факторы старения изоляции зачастую непредсказуемы, потому как условия для их вызова всегда различны. Поэтому для описания этих факторов деградации не существует единой модели, способной описать эти явления. Из-за этого в основном изучаются только термические и электрические факторы деградации изоляции. Существует специальный мониторинг, который позволяет оценить уровень деградации изоляции, чтобы на ранних стадиях определить есть ли зарождающиеся повреждения изоляции статора. Данный мониторинг проводится во времени при изменении параметров, влияющих на уровень деградации изоляции. Изоляция нарушена если её диэлектрическая прочность и механические свойства снижаются при постоянной, систематической нагрузке. Существует четыре основных подхода к мониторингу изоляции статора электрической машины [2]: Первое это испытание повышенным напряжением, способным вызвать разрушение изоляции при наличии лидеров пробоя. Недостатком данного метода является необратимость пробоя если он имеется. Второй недостаток этого подхода в том, что он не

позволяет прогнозировать остаточный ресурс испытываемой изоляции. Второй способ — это неразрушающий частичный разряд основан на предположении, что с возрастом изоляции образуются пустоты и проводящие участки, которые реагируют на приложение испытательного напряжения короткими разрядами импульсного типа. При этом сквозного разрушения изоляции не происходит, так как перераспределенное напряжение недостаточного для пробоя основного массива изоляции [5]. Недостатком данного метода является случайный характер частичных разрядов, отсутствие повторяемости разрядов. Импульсная природа явления требует высокой частоты дискретизации [5] и решения задачи распознавания образов при обработке результатов. Третий способ называется высокочастотный отклик. Он основан на схеме замещения изоляции, параметры которой рассчитываются по экспериментально определяемым емкости, активного сопротивления, тангенса угла потерь [4]. Достоинства метода в том, что используются параметры, хорошо определяемые при испытании электрической машины. Процедура измерения заключается в измерении величины тока в изоляции при приложении прямоугольного напряжения. При этом определяется угол между резистивной и емкостной составляющими тока. Недостатком способа является требование весьма чувствительных датчиков тока так как ток изоляции менее 100мА. Четвертый способ - это диэлектрическая характеристика. Он представляет вариант предыдущего, однако параметры схемы замещения определяются через частотные характеристики сигналов тока и напряжения. Повторяющийся характер процесса позволяет снизить требования к чувствительности датчиков и использовать математический аппарат типа интегральных преобразований

ОПИСАНИЕ УСТАНОВКИ

Установка состоит из инверторного источника напряжения, управляемого контроллером STM32 и регистрирующей части, состоящей в свою очередь из модулей АЦП и персонального компьютера (рисунок 2). Инвертор представляет собой двухстоечный инвертор напряжения, формирующий знакопеременное напряжение на испытываемой изоляции. Частота импульсов находится в пределах 0...1000Гц. Амплитуда напряжения находится в пределах 0...100 В и регулируется вручную с помощью ЛАТРа.

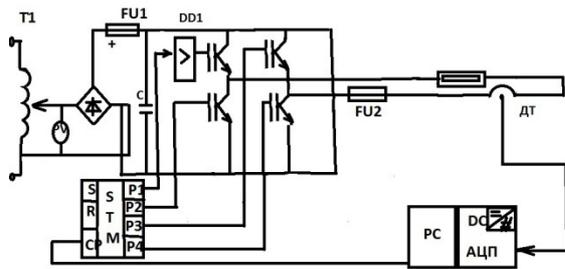


Рис. 2. Схема установки РЕГИСТРИРУЮЩАЯ ЧАСТЬ

Позволяет ввести в компьютер значение тока утечки через изоляцию для последующей обработки. Обработка должна включать в себя вычисление корреляционных функции по ансамблю реализации. Амплитуда тока до 100мА. Управление преобразователем реализовано также персональным компьютером, задание на частоту выставляется в специальном окне. Частота дискретизации АЦП высокая.

ВЫВОДЫ

Модель деградации изоляции приведена на рис. 3 она нужна для того, чтобы обосновать изменение параметров схемы замещения.

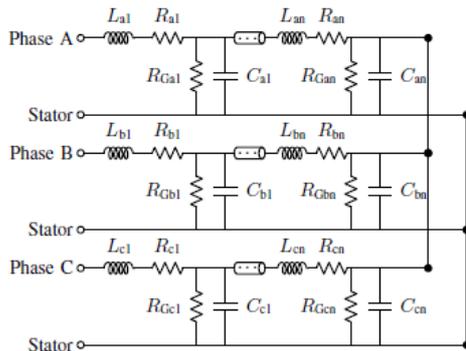


Рис. 3. Модель деградации изоляции

Деградации изоляции [6], проявляется увеличением удельного сопротивления и снижения диэлектрической проницаемости. Аналитическая модель разработана [6].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Babel A.S. Condition-Based Monitoring and Prognostic Health Management of Electric Machine Stator Winding Insulation / A.S. Babel, E.G. Strangas/ IEEE 2014, pp. 1855-1861.
2. Nussbauer P. Exploitation of induction machine's high-frequency behavior for online insulation monitoring / P. Nussbauer, M. Vogelsberger, T. Wolbank /9th Annu. Int. Symp. on Diagnostics for Electric Machines, Power Electron. Conference and Drivers, Aug 2013, pp. 579-585.
3. Nussbauer P. Separation of disturbing influences on induction machine's high-frequency behavior to ensure accurate insulation condition monitoring / P. Nussbauer, T. Wolbank, M. Vogelsberger / 28th Annu. Appl. Power Electron. Conference and Exposition, March 2013, pp. 1158-1163.
4. Pascoli G. A practical investigation on the correlation between aging and the dissipation factor value of mica insulated generator windings / G. Pascoli, W. Hribernik, and G. Ujvari / Int. Conference on Condition Monitoring and Diagnosis, April 2008, pp. 268-271.
5. Yang J. Experimental evaluation of using the surge PD test as a predictive maintenance tool for monitoring turn insulation quality in random wound ac motor stator windings / J. Yang, T. Kang, B. Kim, S.-B. Lee, Y.-W. Yoon, D. Kang, J. Cho, H. Kim / IEEE Trans. Dielectr. Electr. Insul., vol.19, no.1, February 2012, pp.53-60.
6. Younsi K. On-line capacitance and dissipation factor monitoring of AC stator insulation / K. Younsi, P. Neti, M. Shah, J. Zhou, J. Krahl, K. Weeler, and C. Whitefield / IEEE Trans. Dielectr. Insul., vol. 17, no5, October 2010, pp. 1441-1452.