

ресурсов и имеющегося на наших заводах оборудования. Карбоаммофоски относятся к сильно гигроскопичным веществам и поэтому их рекомендуют хранить и перевозить полиэтиленовых мешках, либо их необходимо применять за короткое время.

Список использованных источников

1. Дайсон Т. Рост мирового населения и обеспечение продуктами питания // Международный журнал социальных наук, 1995. № 8. С. 83–110.
2. Ваккари Дэвид. Фосфор: грядущий кризис // В мире науки, 2009. № 8. С. 50–56.

УДК 621.316

В.А. Фёдорова, В.Ф. Кириченко, Г.В. Глазырин
Новосибирский государственный технический университет
Новосибирск, Россия

РАЗРАБОТКА МУЛЬТИФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ СИНХРОНИЗАЦИИ ГЕНЕРАТОРОВ

Аннотация. Синхронизация – операция по включению генераторов на параллельную работу с энергосистемой. В рамках исследования разработана автоматическая система синхронизации, реализованная на базе микропроцессорного терминала КПА-М с возможностью включения генераторов различными методами: точной и ускоренной синхронизации.

V.A. Fyodorova, V.F. Kirichenko, G.V. Glazyrin
Novosibirsk State Technical University
Novosibirsk, Russia

MULTIFUNCTIONAL SYNCHRONIZATION SYSTEM FOR GENERATORS IMPLEMENTATION

Abstract. Synchronization is a complex operation for switching generator to an electric energy system for parallel operation. The authors propose an automatic synchronization system, implemented on the basis of the CEA-M microprocessor terminal with the possibility of turning on generators using various methods: accurate and accelerated synchronization.

Процесс производства электроэнергии напрямую связан с процессом синхронизации. Синхронизация – совокупность действий по

пуску синхронных генераторов на параллельную работу с электроэнергетической системой (ЭЭС) [1].

На практике процесс синхронизации сопряжен с некоторыми трудностями. Во-первых, ручная синхронизация может быть неуспешна в силу наличия человеческого фактора. Это приводит к износу оборудования и к его возможному повреждению. Вторая проблема – нерациональность использования одного метода синхронизации для пуска оборудования. В различных режимах работы энергосистемы требования к времени синхронизации могут отличаться.

Анализ научных исследований ученых [1,2] об устройствах для выполнения синхронизации позволяет заключить: актуальным вопросом является разработка специальных устройств, которые будут осуществлять процесс синхронизации полностью автоматически. Таким образом, цель исследования – разработка автоматической multifunctionальной системы на базе микропроцессорного терминала КПА-М с возможностью синхронизации генераторов различными методами (точной и ускоренной синхронизации) вручную и автоматически. Такое решение позволяет снизить уравнительные токи в момент включения (А) и время осуществления процесса синхронизации (сек.) не менее, чем на 50 %.

Площадкой проведения эксперимента выступает лабораторная электростанция Новосибирского Государственного Технического Университета (НГТУ), оснащенная явно полюсным синхронным генератором мощностью 12 кВт.

На сегодняшний день операция синхронизации осуществляется двумя традиционными способами: точной синхронизации (ТС) и самосинхронизации (СС). Значительный минус метода ТС – это длительность выполнения синхронизации в силу необходимости соблюдения требований: равенство амплитуд электродвижущих сил (ЭДС), частот вращения, совпадение фаз ЭДС генератора и системы в момент включения выключателя. Минус метода самосинхронизации – большие величины уравнительных токов в момент включения [2]. Для исключения недостатков двух традиционных методов принято решение по созданию промежуточного метода синхронизации, названного ускоренным. Принципы реализации данного метода и алгоритм его выполнения представлены в [3,4].

Синхронизация может быть реализована с помощью multifunctionальной системы, которая на основе замеров напряжения генератора и энергосистемы вычисляет контролируемые параметры, анализирует их и формирует управляющие воздействия.

Разработана автоматическая система на базе микропроцессорного терминала КПА-М (производство АО «ИАЭС», г. Новосибирск). Система может быть декомпозирована на следующие структурные блоки (рис. 1):

1. Блок цифровой обработки входных сигналов.
2. Блок расчета значений контролируемых величин (угла δ , частоты и действующих значений ЭДС генератора и энергосистемы).
3. Блок проверки условий синхронизации.
4. Блок выходных воздействий.

Блок цифровой обработки входных сигналов конструктивно представляет собой специализированные измерительные преобразователи (ИП) ПЦР-Н-02, выполняющие замеры мгновенных значений напряжения в двух точках: на генераторе (u_G) и системе шин (u_C). Результаты измерений передаются в комплекс КПА-М в цифровом виде через последовательный интерфейс RS-485.

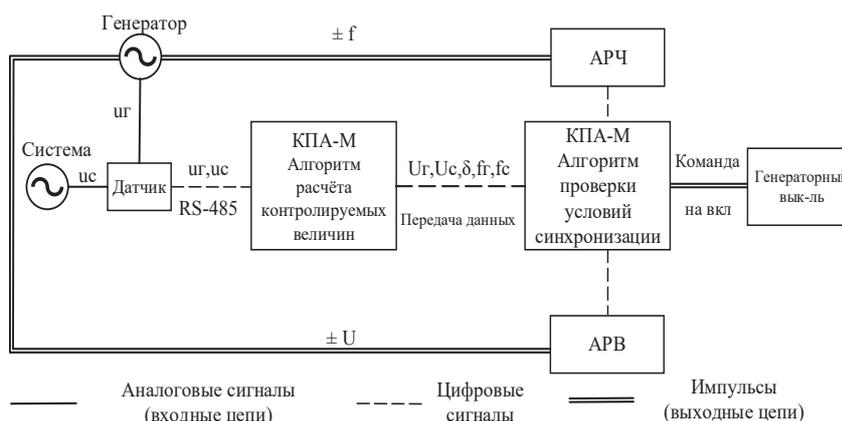


Рис. 1 - Структурная схема устройства синхронизации

Блок расчёта значений контролируемых величин представляет собой комплексный алгоритм. Результат его выполнения – определение амплитуды, частоты и фазы двух входных оцифрованных сигналов напряжения генератора и ЭЭС (рис. 2). Комплексный алгоритм заключается в перемножении входного сигнала с двумя опорными синусоидами. Далее сигналы попадают на фильтр низких частот (ФНЧ) для исключения высокочастотной составляющей 100 Гц. В качестве ФНЧ выбран фильтр скользящего среднего с размером окна, соответствующим периоду промышленной частоты. На основе полученных после фильтрации величин находится амплитуда, фаза и частота входного сигнала.

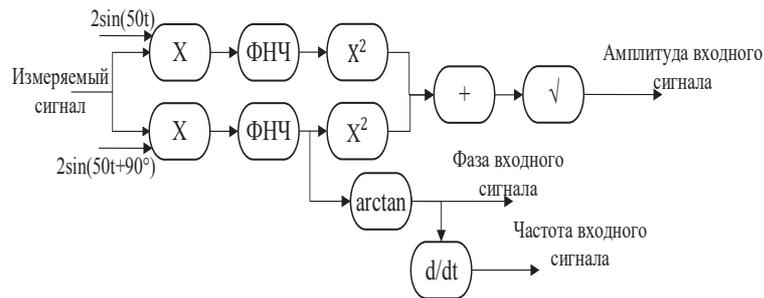


Рис. 2 - Блок расчёта значений контролируемых величин

Блок проверки условий синхронизации – главная логическая часть устройства. Для блока разработан алгоритм, при выполнении которого генератор может быть синхронизирован методами точной и ускоренной синхронизации.

По мере выполнения алгоритма синхронизации рассчитываются величины разницы режимных параметров генератора и энергосистемы: угол δ , скольжение s и разница напряжений между генератором и системой ΔU . В случае нахождения параметров в допустимом диапазоне – меньше уставки, условия включения считаются оптимальными и алгоритм формирует выходной сигнал на включение генератора.

После расчета необходимых параметров алгоритм приступает к выполнению цикла, а для выдачи команды на включение должны сойтись условия:

1. Ключ на лицевой панели терминала КПА-М находится в определенном положении – ручной, автоматической точной или ускоренной синхронизации.
2. Отсутствие блокировки по неоптимальным условиям включения: величина текущих параметров δ , s , ΔU ниже принятых уставок.
3. Отсутствие блокировки по напряжению при снижении величины напряжения ЭЭС ниже 50 % от номинального.

Команда на включение выключателя подается заблаговременно, с некоторым опережением. Это связано с ненулевым временем включения генераторного выключателя.

Блок выходных воздействий конструктивно объединяет два типа регуляторов: АРВ и АРЧ. При работе регуляторов в составе системы синхронизации АРВ необходимо работать в режиме выполнения заданий по напряжению и току возбуждения, а регулятору АРЧ – по частоте. Совокупность устройства синхронизации и регуляторов АРЧ и АРВ необходима для приведения синхронного генератора к заданному состоянию с режимными параметрами

близкими к параметрам энергосистемы. Блок проверки условий синхронизации формирует два типа выходных сигналов: первый дискретный, разрешающий регуляторам работу в качестве блока выходных воздействий в составе системы синхронизации, второй тип сигнала – величина, к которой должны быть приближены параметры синхронизируемого генератора (задание на регулятор).

Внешний вид системы синхронизации представлен на рис. 3.

Выводы по работе:

1. Разработанная система может осуществлять синхронизацию различными методами: точным и ускоренным;
2. Разработан комплексный алгоритм по расчету режимных параметров генератора и энергосистемы. Алгоритм позволяет определять параметры с требуемой точностью (погрешность не более 0,6 %) в различных режимах работы энергосистемы;
3. При необходимости включения в сеть нескольких генераторов достаточно установки одной разработанной системы, поскольку она выполняет синхронизацию на нескольких выключателях.



Рис. 3 - Внешний вид системы синхронизации

Эффективность внедрения системы заключается в снижении издержек на эксплуатацию генератора. Социальная значимость обусловлена исключением человеческого фактора и необходимостью наличия у персонала высокой квалификации. Перспектива использования – в учебном процессе и при проведении НИР, а также на крупных генераторах, для которых недопустим пуск самосинхронизацией.

Список использованных источников

1. Павлов Г.М., Меркурьев Г.В. Автоматика энергосистем. – Санкт-Петербург: «Центр подготовки кадров энергетики», 2001 г. – 381 с.
2. Tian P., Platero C. A., Blázquez F. Protection method for synchronous machine during the paralleling connection process // 2018 XIII International Conference on Electrical Machines (ICEM). 2018. Pp. 2385-2390.
3. Fyodorova V. et al. Synchronization Digital Device Development for Generators Automatic Connection to the Network by Various Methods // 2021 Ural-Siberian Smart Energy Conference (USSEC). 2021. Pp. 89-93.
4. Fyodorova V. et al. Application of Automatic Device for Generator Connection to the Network by Method of Accelerated Synchronization // IEEE 23 International Conference of Young Professionals in Electron Devices and Materials (EDM), 30 June – 4 July 2022. - Novosibirsk : IEEE, 2022. - P. 461–466. - ISBN 978-1-6654-9804-3.

УДК 666.321

Н.В. Филатова, Н.Ф. Косенко, К.С. Садкова

Ивановский государственный химико-технологический университет
Иваново, Россия

НЕКОТОРЫЕ СВОЙСТВА ЖУРАВЛИНОЛОЖСКОГО КАОЛИНА

Аннотация. В целях импортозамещения важного алюмосиликатного сырья определен минералогический и химический состав и изучены некоторые свойства каолина месторождения Журавлиный Лог. Определены термические превращения каолина в температурном диапазоне до 950 °С. Оценены коллоидно-химические свойства каолиновых суспензий (ζ -потенциал и кажущаяся вязкость в зависимости от pH).

N.V. Filatova, N.F. Kosenko, K.S. Sadkova

Ivanovo State University of Chemistry and Technology
Ivanovo, Russia

SOME PROPERTIES OF ZHURAVLINOLOZHISKY KAOLIN

Abstract. To import substitution of important aluminosilicate raw materials, the mineralogical and chemical composition, as well as some properties of kaolin of the Zhuravliny Log deposit, have been determined. Thermal transformations of kaolin in the