

Щербинин И.А., канд. техн. наук, доц.,
Щербинина О.А., канд. техн. наук, ст. преп.,
Альдженди Р., магистрант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

УЛУЧШЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ НЕЧЕТКОГО КОНТРОЛЛЕРА

31rusacpirant@mail.ru

Современные энергетические системы состоят из нескольких генераторов, работающих синхронно для удовлетворения спроса на электроэнергию. Для надежности этих систем, стабильность должна быть обеспечена в случае дефекта в системе. Аварии вызывают электромеханические колебания в электрических генераторах. Эти колебания должны затухать эффективно для поддержания стабильности системы.

Эта статья описывает опыт работы в использовании контроллера нечеткой логики в целях повышения затухания колебания генератора для того, чтобы повысить устойчивость, когда происходит короткое замыкание. Основным преимуществом контроллера нечеткой логики является то, что он может применяться к станциям, которые трудно смоделировать математически. Данная статья содержит схемы моделирования для объяснения и аргументации этой конструкции в MATLAB. Результаты, представленные в статье, показывают, что с помощью контроллера нечеткой логики дает хорошую производительность даже при использовании только одного входного сигнала.

Ключевые слова: контроллер нечеткой логики, стабильность, короткое замыкание, MATLAB.

1. Устойчивость электрической системы

Стабильность является тенденцией электрической системы для разработки восстанавливающие силы, равной или большей, чем возмущающиеся силы для поддержки состояния равновесия. Так как энергетические системы полагаются на синхронные машины для получения электрической энергии, тогда как нам необходим эффективный контроллер, чтобы все синхронные машины оставались синхронными.

Стабильность электрической системы можно классифицировать двумя категориями:

1) **Статистическая устойчивость:** под статической устойчивостью понимают способность системы самостоятельно восстановить исходный режим работы при малом возмущении [4, с. 232]

2) **Динамическая устойчивость:** это способность ЭЭС восстанавливать после большого возмущения исходное состояние или состояние, практически близкое к исходному и допустимое по условиям эксплуатации ЭЭС [4, с. 232].

2. Контроллеры затухания колебания

Мы согласны с характеристикой этого явления, данной в [5, с. 398].

1) Традиционные контроллеры:

ПИД-регуляторы являются результатом традиционных теорий управления. Эти контроллеры используются в течение последних трех десятилетий и до сих пор ведущие в мире. Они могут быть разработаны в автономном режиме, настроены после установки.

2) Современная теория управления:

Оптимальные, адаптивные и размещенные на полюсах контроллеры являются результатом

современной теории управления. Они дают желаемый и стабилизированный ответ с запасом устойчивости в соответствии с требованиями.

3. Нечеткая логика:

Одним из создателей кибернетики Джоном фон Нейманом было замечено, что стремление получить точную, исчерпывающую модель для достаточно сложного объекта (процесса) не имеет смысла, поскольку сложность такого описания становится соизмеримой со сложностью самого объекта. Следовательно, использование такой модели не позволяет просто и наглядно объяснить механизм его функционирования, воспользоваться какими-либо стандартными математическими процедурами для исследования характеристик объекта и синтеза системы управления им. Это особенно относится к таким объектам управления, как производственные процессы, организационные, транспортные, биологические системы и др.

Первой работой в указанном направлении, заложившей основы нового подхода к анализу сложных систем и процессов принятия решений, была опубликованная в 1964 г. статья Л.А. Заде [2], за которой последовал ряд основополагающих публикаций этого же автора. Суть данного подхода, получившего название нечеткой логики (fuzzy Logic), заключается в следующем:

- в нем используются так называемые «лингвистические» переменные вместо обычных числовых переменных или в дополнение к ним;

- простые отношения между переменными описываются с помощью нечетких высказываний;

- сложные отношения описываются нечеткими алгоритмами. Предложенные идеи, в силу своей нацеленности на моделирование[2].

В течение последних десятилетий, нечеткая логика управления была одним из самых активных и плодотворных областей исследования в области приложения теории нечетких множеств. Она была активна в исследовании в области автоматизации и управления теорией, поскольку Мамдани предложил в своей работе 1974 г. на

основе теории нечетких множеств, он устанавливает теорию Заде (1965), чтобы исследовать проблемы управления системой, которую нелегко смоделировать. Нечеткая логика является производным от классической булевой логики и реализует мягкие лингвистические переменные на постоянном диапазоне значений истинности, которые были определены между [0,1].

Схема нечеткого регулятора состоит из следующих основных частей: фаззификация; реализационная база; эвристика двигателя; дефаззификация [1].

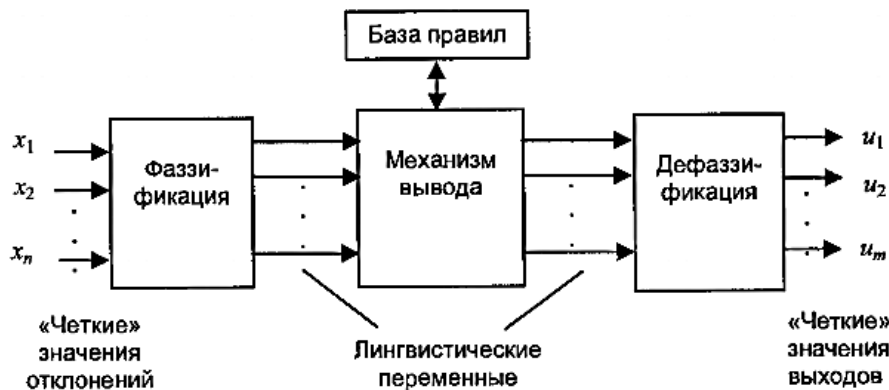


Рис. 1. Схема нечеткого регулятора

Контроллер нечеткой логики имеет некоторые преимущества, такие как:

- его методология проще и быстрее;
- он не требует точной математической модели системы;
- он может обрабатывать нелинейность произвольной сложности;
- она основана на лингвистических правилах «если - то» общей структуре, которая является основой человеческой логики.

4. Имитационные модели электростанции и контроллера нечеткой логики

Для изучения эффективности использования нечеткого контроллера с целью улучшения

динамической устойчивости электрической системы была выбрана сеть, реализованная в Matlab, состоящая из синхронного генератора, подключена через трансформатор 13,8 Кв / 230 кВ к сети. Система подключения изображена на рис. 1. В определенный момент, когда произошло трехфазное короткое замыкание на выходах генератора, которое является наиболее опасным видом дефекта. Кривая скорости генератора без контроллера показана на рис.2 и замечены большие колебания в скорости генератора из-за сокращения выработки электроэнергии, когда произошел дефект.

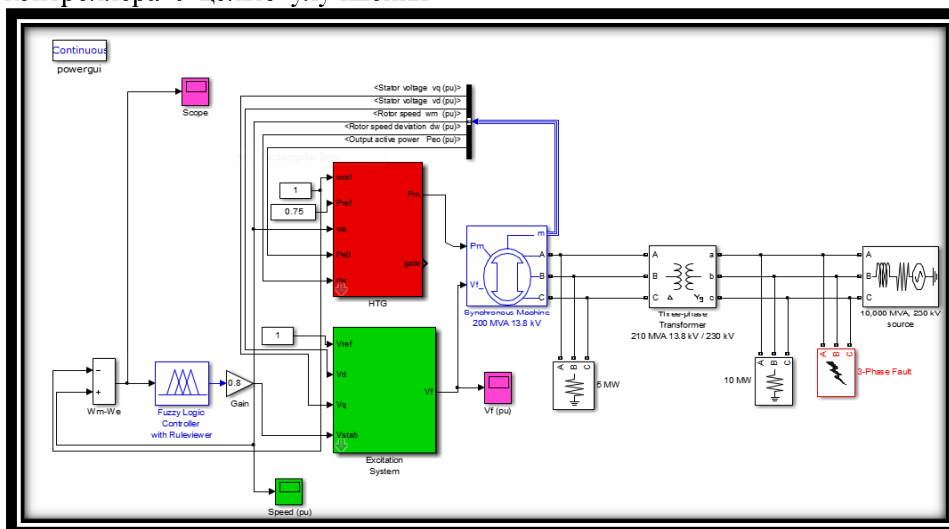


Рис. 2. Энергосистема

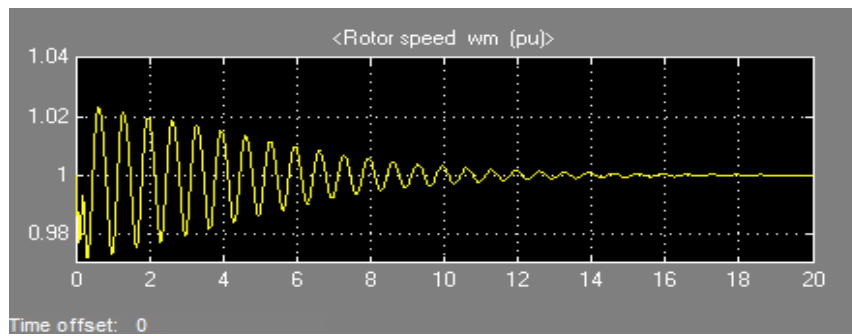


Рис 3. Кривая скорости генератора без контроллера

Для настройки контроллера нечеткой логики, ускорение скорости используется как входной так и выходной сигнал. Выходной сигнал нечеткой логики – это управляемый сигнал контроллера, применяемый к возбужденной системе для управления током возбуждения, и, таким образом, электрической мощностью генератора и скоростью генератора.

Есть семь лингвистических переменных для изменения скорости: большие положительные переменные, средние положительные переменные, малые положительные переменные, ноль, небольшие отрицательные переменные, средние отрицательные переменные, небольшие отрицательные переменные, и те же лингвистические переменные для выходного сигнала. Правила контроллера нечеткой логики сформулированы

в Matlab (Toolbox fuzzy logic) с помощью выражения, «если – то».

Правила, предлагаемые для контроллера:

- если $\Delta\omega$ большие положительные, то VSS большие отрицательные;
- если $\Delta\omega$ средние положительные, то VSS средние отрицательные;
- если $\Delta\omega$ малые положительные, то VSS небольшие отрицательные;
- если $\Delta\omega$ ноль, то VSS ноль;
- если $\Delta\omega$ небольшие отрицательные, то VSS малые положительные;
- если $\Delta\omega$ средние отрицательные, то VSS средние положительные;
- если $\Delta\omega$ большие отрицательные, то VSS большие положительные.

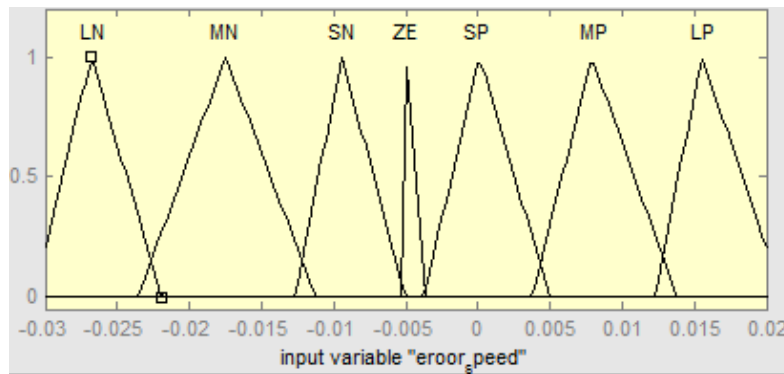


Рис .4. Функция принадлежности ускорение скорости

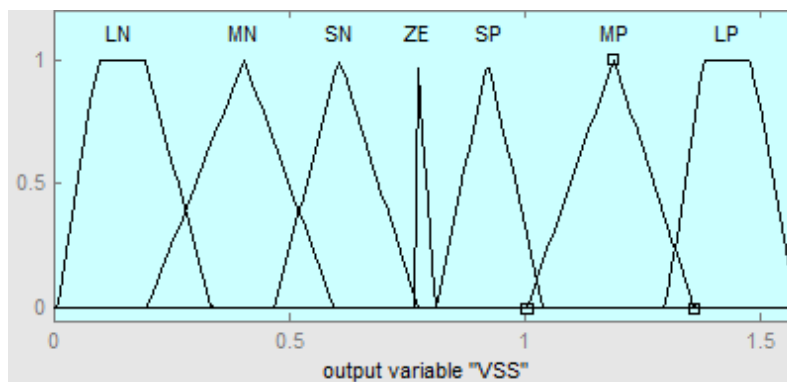


Рис .5. Функция принадлежности управляющего сигнала

Кривая скорости генератора без контроллера показана на рис.6, и видно, что колебания за-

тухали благодаря управляющему сигналу от нечеткого логического контроллера.

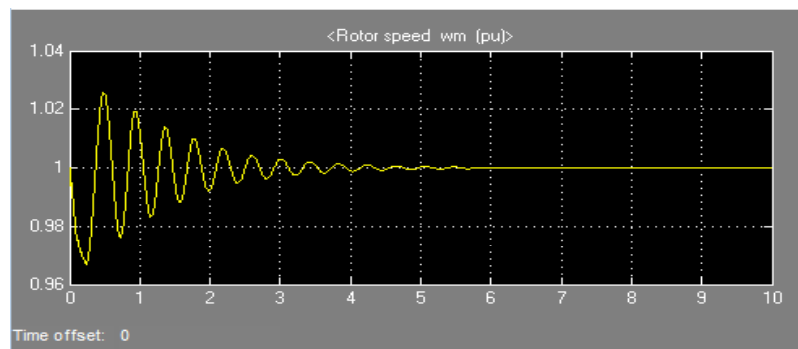


Рис. 6. Скорость генератора с контроллером нечеткой логики

Выводы:

В результате сравнения между кривыми замечено, что колебания скорости, происходящие при дефекте, затухали через 14 секунд без контроллера. Эти колебания ограничат возможность передачи мощности из сети и, иногда, даже вызовут потерю синхронизации и в итоге разрушение всей системы.

В то время, когда мы предлагаем использовать контроллер нечеткой логики, при котором колебания затухали на четвертую секунду.

Таким образом, контроллер нечеткой логики используется для повышения затухание колебаний генератора или, другими словами, используется для повышения устойчивости. Предлагаем использовать микроконтроллер Arduino чтобы применять нечеткую логику во всех секции электрических систем.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Abdel Ghani Aissaoui and Ahmed Tahour, Application of Fuzzy Logic in Control of Electrical Machines, 2010. №3. С. 23-25.
2. Jarnes A. Mornoh and Mohamed E. El-Hawary, Electric Systems, Dynamics and Stability with Artificial Intelligence Applications, 2000. № 4. С. 371–373.
3. Kamalesh Chandra Rout, Dynamic Stability Enhancement of Power System Using Fuzzy Logic Based Power System Stabilizer. 2011. № 5. С. 104–105.
4. Мелешкин Г.А., Меркурьев Г.В., Устойчивость энергосистем, М.: Изд. ЦПКЭ 2006. 368 с.
5. Панченко Т.В., Генетические алгоритмы. А.: Изд. АГУ 2007. 87 с.
6. Tejaswita Khobaragade and Amol Barve, Enhancement of Power System Stability Using Fuzzy Logic Controller, 2012. № 4. С. 389–401.
7. Альдженди Р., Виноградов А.А. Использование генетического алгоритма для оптимального размера компенсатора в радиальной электрической сети // Сб. докл. VII Международном молодежном форуме «Образование, наука, производство» (Белгород 20 - 22 октября 2015 г.), Белгород: Изд-во БГТУ, 2015. С 3321–3328.
8. Авербух М.А., Лимаров Д.С. Активный фильтр с нечетким регулятором в цеховой системе электроснабжения с нелинейными электроприемниками // Научное обозрение. 2015. № 15. С. 196–199.
9. Авербух М.А., Коржов Д.Н. Гибридный фильтр в системах электроснабжения промышленных предприятий с установками индукционного нагрева // Научное обозрение. 2015. № 15. С. 208–211.
10. Щербинин И.А., Щербинина О.А. Варианты построения ветро-дизельных электростанций. В сборнике: Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2015. С. 3451–3456.
11. Бабенков А.Г., Решетников А.А., Хохлов С.В., Щербинина О.А. Оценка показателей качества электроэнергии с помощью прибора эрис-кэ.06 // Сб. докл. VII Международном молодежном форуме «Образование, наука, производство» (Белгород 20 - 22 октября 2015 г.), Белгород: Изд-во БГТУ, 2015. С 2884–2887.
12. Бабенков А.Г., Щербинина О.А. / Влияние качества электрической энергии на работу электротехнического оборудования // Сб. докл. VII Международном молодежном форуме «Образование, наука, производство» (Белгород 20 - 22 октября 2015 г.), Белгород: Изд-во БГТУ, 2015. С 2897–2900.
13. Аветян Э.В., Бондарь В.В., Духанин С.А. Автоматизированная система управления наружным освещением «Гелиос» // Новая наука: От идеи к результату. 2015. № 6–3. С. 68–70.
14. Прасол Д.А., Духанин С.А., Духанина У.Н. Сравнительный анализ люминесцентного и светодиодного светильников типа «Армстронг». // В сборнике: Инновации в современном мире Сборник статей Международной научно-практической конференции. 2015. С. 37–40.

Shcherbinin A.I., Shcherbinina O.A., Aljende R.**IMPROVEMENT OF DYNAMIC STABILITY OF ELECTRIC SYSTEM USING FUZZY CONTROLLER**

Modern power system consist of several generators working synchronously to meet the demand for electricity. For reliability of these systems, stability must be ensured in case of a defect in the system. Accident cause Electromechanical oscillations in electrical generators. These fluctuations should die out effectively to maintain the stability of the system. This article describes experience in using fuzzy logic controller to enhance the damping of generator oscillations in order to increase the stability, when short circuit happens. The main advantage of the fuzzy logic controller is that it can be applied to stations that are difficult to model mathematically. This article contains a model diagram for the explanation and argumentation of this design in MATLAB. The results presented in this article show that by using fuzzy logic controller gives good performance even when using only one input signal.

Key words: *fuzzy logic controller, stability, short circuit, MATLAB.*

Щербинин Игорь Алексеевич, кандидат технических наук, доцент кафедры электроэнергетики и автоматика.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: 31rusacpirant@mail.ru

Щербинина Ольга Александровна, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры электроэнергетики и автоматика.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: shcherbinina.oa@gmail.com

Альдженди Расул Ибрагим, магистрант 2 курса, кафедры электроэнергетики и автоматика.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: aljendy_raseel@yahoo.com