

Знайдемо функцію автокореляції для цього ряду (значення зведені до середнього $m = 0$):

$$F(k) = \frac{1}{N-k} \sum_{t=1}^{N-1} X_{k+1} X_t = \frac{1}{N-k} \sum_{t=1}^{N-k} (X_{k+t} S_{k+t})(X_t + S_t) = \frac{1}{N-k} \sum_{t=1}^{N-1} X_{k+1} X_t + \\ + \frac{1}{N-k} \sum_{t=1}^{N-1} S_{k+1} S_t + \frac{1}{N-k} \sum_{t=1}^{N-1} X_{k+1} S_t + \frac{1}{N-k} \sum_{t=1}^{N-1} S_{k+1} X_t. \quad (7)$$

Очевидно, перший доданок виразу (7) є неперіодичною функцією, що асимптотично прагне до нуля. Оскільки взаємна кореляція між N і S відсутня, то третя і четверта складові цього виразу також прагнуть до нуля. Таким чином, найзначніший ненульовий внесок становить другий доданок, що являє собою автокореляцію сигналу S , тобто функція автокореляції ряду X залишається періодичною.

Список літератури

1. Аксенов В. Ю., Сорокин А. А., Дмитриев В. Н. Сенсорные сети для линейно расположенных объектов. *Инновационные технологии и управление, образования, промышленности «АСТИНТЕХ-2010»* : материалы Международной научной конференции, 11–14 мая 2010 г. 2010. Т. 1. С. 87–89.

УДК 681.513.7

Терещенко К. В., курсант

Научный руководитель: Капустин А. Г., к.т.н., доцент, профессор кафедры Белорусская государственная академия авиации, г. Минск, Республика Беларусь

НЕЧЕТКИЙ РЕГУЛЯТОР НАПРЯЖЕНИЯ ДЛЯ СИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА

Системы с использованием нечеткой логики относятся к интеллектуальным системам. Интеллектуальные системы регулирования применяются при управлении сложными объектами с плохо изученной динамикой, к таким объектам относится синхронный генератор.

Условия работы данных объектов и нагрузок недостаточно известны и существенно непостоянны (с дрейфом параметров, характеристик объекта управления и среды эксплуатации). К такой системе регулирования относится *fuzzy logic controller* (нечеткий регулятор). Эффективность нечеткого регулятора обусловлена регулирующим воздействием, которое зависит от получаемых сигналов согласно созданным правилам. Правила создаются на основе лингвистических переменных (термов) и присвоенных весов для предсказания входных данных, а значит более эффективного регулирования выходного сигнала. Регуляторы на основе интеллектуальной системы

показывают высокую эффективность по быстродействию, робастности и величине перерегулирования.

Для создания правил нечеткой логики ошибка управления была определена термами, где N – отрицательная ошибка, P – положительная ошибка, $S/M/B$ – величина ошибки малая, средняя и большая соответственно. Согласно теории вероятностей, в работе рассчитано регулирующее воздействие « u » исходя из отклонения « e » и дискретной скорости его изменения « Δe » (табл. 1). Если интервал квантования, сравнительно мал, вычисленное по этой формуле значение корреляционной функции практически равно нулю. Таким образом, плотность распределения термов в клетках таблицы алгоритма функционирования регулятора равна произведению соответствующих плотностей распределения отклонения и скорости изменения отклонения [1, 2].

Таблица 1 – Данные для расчета регулирующего воздействия согласно условной вероятности

e	Δe							
	NB	NM	NS	ZO	PS	PM	PB	
NB	NB	NB	NM	NM	NS	NS	ZO	u
NM	NB	NM	NM	NS	NS	ZO	PS	
NS	NM	NM	NS	NS	ZO	PS	PS	
ZO	NM	NS	NS	ZO	PS	PS	PM	
PS	NS	NS	ZO	PS	PS	PM	PM	
PM	NS	ZO	PS	PS	PM	PM	PB	
PB	ZO	PS	PS	PM	PM	PB	PB	

Так как каждому значению базовой переменной « e » и « Δe » на входе регулятора может соответствовать несколько соседних термов с различными плотностями вероятностей, то для вычисления плотности распределения регулирующего воздействия приходится использовать формулу полной вероятности [1, 2, 3]. Для создания нечеткого регулятора в *MatLab* выбрана структура типа *Mamdani*, в связи с тем, что выходные функции членства будут нечеткими. После объединения базовых переменных, для каждой выходной переменной существует нечеткое множество, которое нуждается в дефазификации (преобразование нечеткого множества в четкое множество). Согласно таблице 1 создано 49 правил, учитывающих плотность распределения регулирующего воздействия (рис. 1) [4].

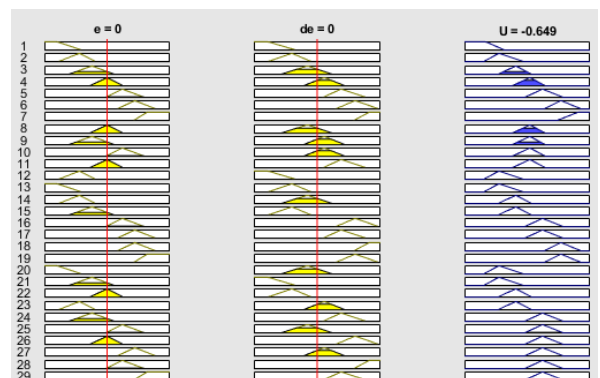
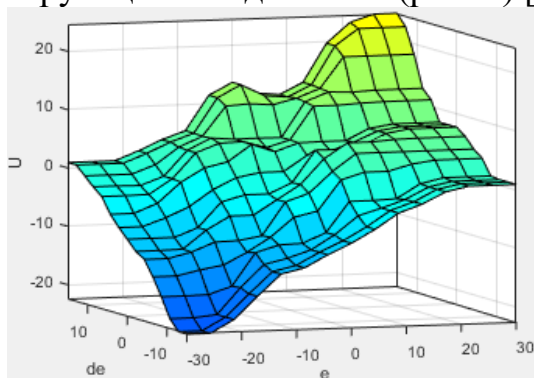


Рисунок 1 – Визуальное отображение правил нечеткого регулятора

Для оценки качества регулирования разработана схема синхронного генератора с регулятором на базе выпрямителя и RC -цепи (рис. 2) и проведено сравнение с регулятором на базе нечеткой логики. Нечеткий регулятор внедряется в контур по отклонению и стабилизирует напряжение генератора путем изменения тока поля возбуждения.

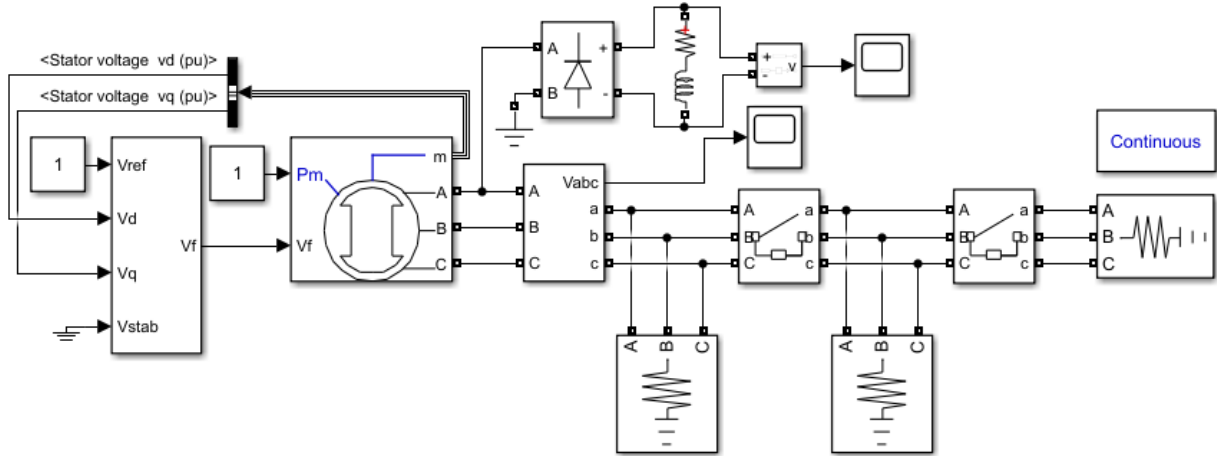


Рисунок 2 – Имитационная схема синхронного генератора с регулятором на базе выпрямителя и RC -цепи

Проведя моделирование по схеме синхронного генератора, получены графики напряжения для двух систем регулирования (рис. 3, 4).

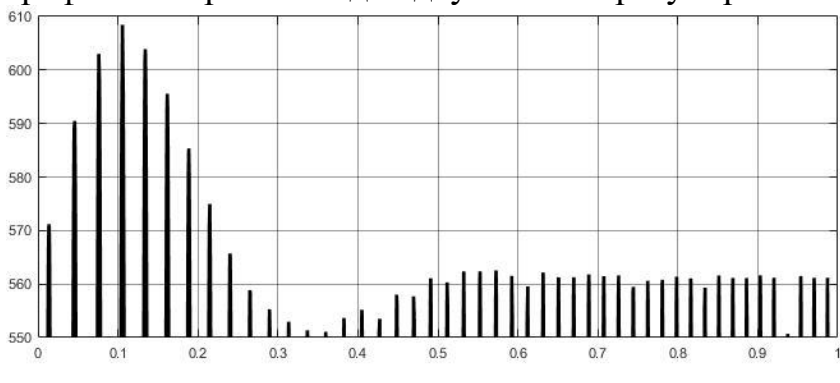


Рисунок 3 – Напряжение синхронного генератора с регулятором на базе выпрямителя и RC -цепи

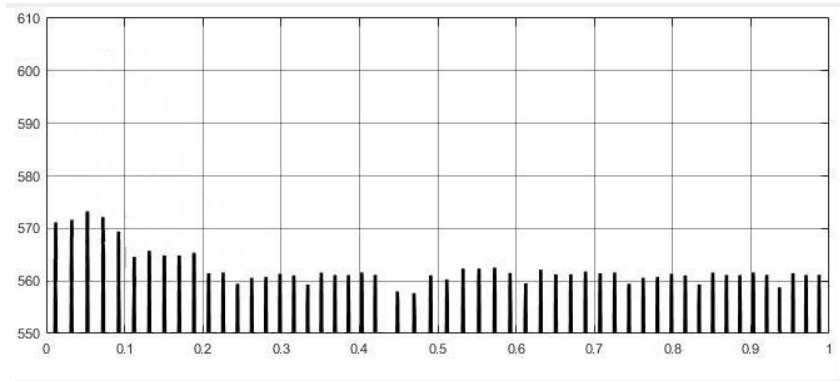


Рисунок 4 – Напряжение синхронного генератора с нечетким регулятором

Анализ графиков работы регуляторов при случайных возмущениях по цепям нагрузки и управления, представленных на рисунках 3-4 показывает: быстродействие сокращается с 0,25с до 0,1с в системе с нечетким регулятором; величина перерегулирования уменьшается в 5 раз; нечеткий регулятор на более чем 60% сокращает разницу амплитудных значений напряжения в сравнении с

регулятором на базі випрямителя і RC -цепи, що говорить о високій робастності нечіткого регулятора; постійна помилка регулювання зводиться до нуля при використанні нечіткого регулятора.

Таким образом, применение нечеткого регулятора в системах управления синхронными генераторами позволяет повысить качество работы не только генератора, но и всех энергозависимых систем, благодаря повышению устойчивости и сокращению времени переходных процессов.

Список литературы

1. Баер П., Новак С., Винклер Р. GotAI.NET. Введение в нечеткую логику и системы нечеткого управления. URL: <http://www.gotai.net/documents/doc-l-fl-001.aspx> (дата обращения 14.04.2020).
2. Tsiareshchanka K. Simulation of the aviation synchronous generator with a fuzzy logic controller in the matlab. *Proceedings of International scientific conference "Universum N VI"*. Morrisville, Lulu Press., 2019. P. 9–13.
3. Капустин, А. Г. Автоматика и управление : Конспект лекций. Минск: МГВАК, 2012. 112 с.
4. Mamdani, E.H. and S. Assilian, "An experiment in linguistic synthesis with a fuzzy logic controller," *International Journal of Man-Machine Studies*, Vol. 7, No. 1, pp. 1-13, 1975.

УДК 004.942

Юрко О. О., к.т.н., доцент

Ковальова А. О., студент

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, м. Кременчук, Україна

Ножнова М. О., викладач

Кременчуцький льотний коледж Харківського національного університету внутрішніх справ, м. Кременчук, Україна

МОДЕЛЮВАННЯ ПРИСТРОЮ З КЕРОВАНИМ ДИСКРЕТНИМ КОЕФІЦІЄНТОМ ПІДСИЛЕННЯ

У системах автоматичного керування, автоматики та вимірювальних приладах широко використовуються підсилювачі з регульованим коефіцієнтом підсилення.

Проведемо моделювання пристрою з керованим дискретним коефіцієнтом підсилення. Отримана модель буде використовуватися для синтезу схеми вольтметра з автоматичним перемиканням меж вимірювання. У нашому випадку необхідно забезпечити наступні коефіцієнти підсилення: 1, 10, 100, 1000.

За базову приймемо схему підсилювача на операційному підсилювачі (ОП) з інверсією напруги (рис. 1). Якщо змінювати опір резистора зворотного зв'язку R_2 , можна змінювати коефіцієнт підсилення схеми у широких межах.