

Е.Е. Миргородская, Н.П. Митяшин, Э.К. Нугаев

АДАПТИВНЫЕ СИСТЕМЫ СТАБИЛИЗАЦИИ ВЫХОДНОГО НАПРЯЖЕНИЯ СИЛОВЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ ИНВЕРТОРОВ ТОКА

Описываются пути повышения качества стабилизации выходного напряжения преобразователей частоты для питания групповой нагрузки на основе автономных инверторов тока. Рассматриваются мероприятия как по оптимизации регулятора, так и по модернизации силовой части схемы.

Преобразователи частоты, стабилизация выходного напряжения, автономные инверторы, ПИД - регулятор, адаптивная система, идентификация, нейронная сеть

E.E. Mirgorodskaya, N.P. Mityashin, E.K. Nugaev

ADAPTIVE STABILIZATION SYSTEMS OF POWER CONVERTERS OUTPUT VOLTAGE ON THE BASIS OF INDEPENDENT CURRENT INVERTERS

Ways of the improvement of quality of stabilization of output voltage of converters on the basis of independent inverters of current for a feed of a group of electric motors are described. Actions both on optimization of regulator, and on modernization of a power circuit are considered.

Converters of frequency, stabilization of the output voltage, independent inverters, PID-regulator, adaptive system, identification, neural network

Преобразователи частоты (ПЧ) на основе автономных инверторов тока (АИТ) применяются в качестве вторичных источников электроснабжения на частотах, отличных от общепромышленной.

Существующие системы стабилизации выходного напряжения ПЧ на основе АИТ, как правило, обладают либо низким быстродействием, либо допускают кратковременные броски напряжения и тока в силовой части схемы. Поэтому по-прежнему остается актуальной проблема поиска решения, обеспечивающего повышение качества стабилизации напряжения ПЧ. В связи с этим в настоящей работе рассматриваются варианты построения системы стабилизации выходного напряжения ПЧ на основе общих принципов адаптации систем управления [1] с учетом имеющейся в настоящее время элементной базы для построения адаптивных регуляторов [2]. Новизна предлагаемого подхода состоит в придании системе свойств адаптации к изменению величины и характера нагрузки как за счет изменения параметров регулятора, так и путем такого изменения структуры силовой части схемы, при которой исключаются наиболее тяжелые для стабилизации напряжения динамические состояния ПЧ.

В процессе решения общей поставленной задачи решались следующие частные задачи.

1. Идентификация преобразователя как динамического звена при фиксированной статической нагрузке.

2. Синтез регулятора системы стабилизации для фиксированных значений статической нагрузки и последующего синтеза адаптивного регулятора на основе нейронной сети по методу Такаги-Сугено [3].

3. Разработка схем АИТ с переменной структурой для исключения наиболее тяжелых для управления динамических состояний ПЧ, а также чрезмерных потерь мощности и ухудшения качества кривой выходного напряжения при компенсации избыточной реактивной мощности коммутирующих конденсаторов (КК).

4. Разработка системы управления структурой АИТ в функции величины и характера нагрузки.

Стабилизация выходного напряжения преобразователя осуществляется использованием управляемого выпрямителя либо неуправляемого выпрямителя с импульсным преобразователем на выходе. В обоих случаях звено постоянного тока нагружено на LC-фильтр, обладающий значительной инерционностью. Система стабилизации напряжения такого преобразователя выполняется, как правило, на основе пропорционального – дифференциально - интегрального регулятора (ПИД-регулятора). Качество стабилизации (точность, колебательность, быстродействие) определяется как динамическими характеристиками преобразователя, так и параметрами ПИД-регулятора.

Повышение качества возможно либо настройкой ПИД-регулятора по одной из известных методик непосредственно с реальной схемой преобразователя или с его моделью, достаточно точно отражающей свойства преобразователя и нагрузки, либо оптимальным конструированием ПИД-регулятора, работающего с динамическим звеном, полученным в результате достаточно точной идентификации преобразователя. Однако практика проектирования таких систем стабилизации в обоих случаях приводит к неудовлетворительным результатам из-за нестационарности нагрузки, которая в большинстве случаев меняется в широких пределах.

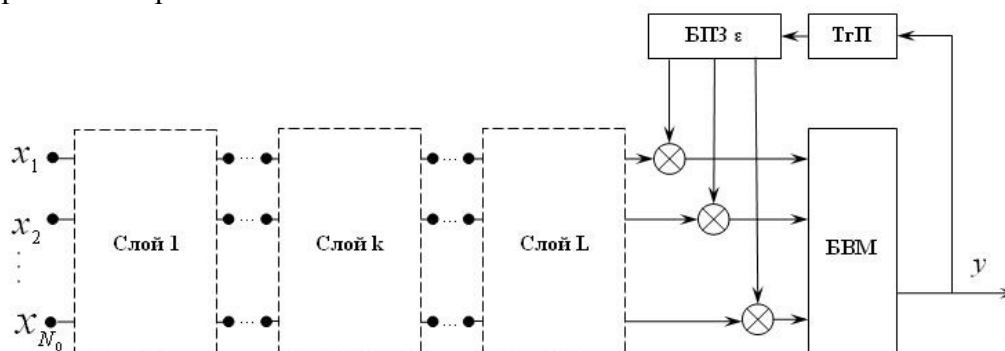
В связи с этим интерес представляет адаптация на основе метода нечеткого управления Такаги-Сугено [3]. Для его реализации система управления дополнена модулем нечеткого управления, содержащим нейронную сеть (НС) для определения нечеткой области в пространстве входных переменных системы, блоков нечеткого вывода и дефаззификации для определения текущих значений коэффициентов усиления регуляторов.

Адаптация осуществляется за счет изменения трех коэффициентов ПИД-регулятора в функции координат пространства «ток нагрузки – коэффициент мощности нагрузки – напряжение питающей сети». Область изменения каждой из этих координат разбита на три интервала, что требует введения 27 классов распознавания нейронной сети – областей изменения входных переменных и соответствующего числа правил нечеткого вывода. Сами нечеткие правила вывода выработаны на основании результатов синтеза регуляторов при статической нагрузке.

Одной из дополнительных возможностей повышения эффективности преобразователей является придание им адаптивных свойств за счет их структурной гибкости. Гибкость модульного объекта основана на возможности его переагрегирования, т.е. более или менее оперативного изменения его модульного состава и структуры. Целесообразность применения гибких силовых схем в рассматриваемой здесь предметной области обосновывается следующим образом. Наиболее тяжелыми с динамической точки зрения режимами работы АИТ являются режимы малой нагрузки, для которых характерны резкое возрастание коэффициента передачи АИТ по напряжению и медленно затухающие колебания огибающей напряжения на выходе ПЧ. Одним из методов устранения этого является подключение к выходу ПЧ вентильно-реакторных компенсаторов реактивной мощности (ВРК), однако это усложняет динамику системы управления и, главное, приводит к значительным потерям активной мощности. Альтернативой этому является оперативное изменение силовой схемы при возникновении динамически тяжелых режимов путем изменения структуры КБ, изменения метода коммутации вентиля и ряда других приемов.

При изменении структуры гибких требуется решение задачи оперативного управления структурой компоновок. Рассмотрим подход к ее решению на основе применения НС. В этом случае НС используется для определения того состояния гибкого объекта, которое соответствует текущему значению внешних воздействий.

При управлении структурой гибкого преобразователя необходимо предпринимать меры по исключению явлений автоколебаний структуры объекта при нахождении вектора z на границе между двумя или несколькими областями Z_k . На рисунке представлена схема многослойной нейронной сети, в которой новыми элементами, введенными для этой цели, являются триггер памяти текущего состояния (ТгП) и блок порогового значения ε (БПЗ ε). БПЗ ε добавляет дополнительное положительное значение ε на тот вход блока выбора максимума БВМ, который соответствует текущему состоянию объекта управления. Это позволяет сохранять это состояние до тех пор, пока входной сигнал, соответствующий новому состоянию, не превысит порог ε .



Модифицированная многослойная нейронная сеть для управления структурой гибкого ПЧ. (БВМ – блок выбора максимума, ТгП – триггер памяти, БПЗ ε – блок порогового значения)

Выводы. Предложенные схемы преобразователей и алгоритмы регулирования исследованы на компьютерных моделях. В диапазоне нагрузки от номинальной до десятикратной разгрузки и при 5% набросе и сбросе нагрузки адаптивная система стабилизации обеспечивает не более, чем 5-7 % отклонение напряжения от номинального значения. Время регулирования соответствует 10-15 периодам частоты выходной частоты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Уидроу Б. Адаптивная обработка сигналов / Б. Уидроу, С. Стирнз. М.: Радио и связь, 1989. 440 с.
2. Potter G. An Introduction to Digital Control of Switching Power Converters/ G. Potter. // White Paper from Astec Power (www.astecpower.com). April, 2004.
3. Рутковская Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы: пер. с польск. И. Д. Рудинского / Д. Рутковская, М. Пилиньский, Л. Рутковский. М.: Горячая линия – Телеком, 2006. 452 с.

Миргородская Екатерина Евгеньевна –

аспирант кафедры «Системотехника» Саратовского государственного технического университета

Митяшин Никита Петрович –

доктор технических наук, профессор кафедры «Системотехника» Саратовского государственного технического университета

Нугаев Эльдар Кешафович –

аспирант кафедры «Системотехника» Саратовского государственного технического университета

Статья поступила в редакцию 25.09.09, принята к опубликованию 25.11.09