

рекция настроек гарантирует релейной системе подчинённого регулирования, синтезированной методом N-i переключений, предельно-апериодическое вхождение в скользящий режим при близком к оптимальному быстродействию.

ЛИТЕРАТУРА

1. Садовой А.В. Параметрический синтез позиционных релейных систем подчиненного регулирования методом N-i переключений / А.В.Садовой, А.Л.Дерец // Вестник НТУ ХПИ. Серия „Электротехника, электроника, электропривод”: тематический выпуск „Проблемы автоматизированного электропривода. Теория и практика”. – Харьков. – 2005. – №45. – С.71-73.
2. Садовой А.В. Рациональное ограничение ускорения электроприводов, синтезируемых методом N-i переключений / А.В.Садовой, А.Л.Дерец // Вестник КГПУ. – Кременчуг. – 2006. – Вып. 3/2006 (38). – С.21-22.
3. Садовой А.В. Оптимизация по быстродействию методом N-i переключений режимов малых перемещений позиционного электропривода / А.В.Садовой, А.Л.Дерец // Вестник КГПУ.– Кременчуг. – 2007. – Вып. 3/2007 (44). – С.15-17.
4. Садовой А.В. Оптимизация по быстродействию режимов средних перемещений позиционных релейных СУЭП методом N-i переключений / А.В.Садовой, А.Л.Дерец // Сборник научных трудов ДГТУ: тематический выпуск „Проблемы автоматизированного электропривода. Теория и практика”. – Днепродзержинск. – 2007. – С.420-422.
5. Дерез А.Л. Адаптация системы оптимального по быстродействию управления позиционным электроприводом к изменению формы переходной траектории / Дерез А.Л., Садовой А.В.// Электротехнические и компьютерные системы. – К.: Техника. – 2014. – № 15 (91). – С.72-74.
6. Садовой А.В. Анализ характера скользящего режима оптимальной по быстродействию позиционной релейной СУЭП / А.В.Садовой, А.Л.Дерец // Сборник научных трудов ДГТУ. – Днепродзержинск. – 2007. – Вып. 8. – С.140-144.
7. Дерез А.Л. Синтез квазиоптимальной по быстродействию позиционной релейной СУЭП с апериодическим вхождением в скользящий режим / А.Л.Дерец // Научные труды Донецкого технического университета. Серия „Электротехника и энергетика”. – Донецк: ДонТУ.– 2007. – Вып. 7 (128). – С.72-75.

Поступила в редколлегию 30.06.2014.

УДК.62-83:612.313

БЕЛОХА Г.С., аспирант
САМЧЕЛЕЕВ Ю.П., к.т.н., доцент
ДРЮЧИН В.Г., к.т.н., доцент
БАКАЕВ О.В., ст. преподаватель

Донбасский государственный технический университет, г. Алчевск

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ЧАСТОТЫ НА БАЗЕ СИСТЕМ СТАБИЛИЗАЦИИ ТОКА

Введение. Среди большого многообразия преобразователей параметров электрической энергии особое место занимают преобразователи частоты (ПЧ), область применения которых весьма значительна (индукционный нагрев металла, плавление металла, перемешивание жидких металлов, сушка древесины, электроприводы переменного тока).

В настоящее время все вопросы, связанные с разработкой ПЧ, приобретают все большее значение и актуальность с учетом все возрастающей тенденции замены электро-

приводов постійного току електроприводами переменного току по системі ПЧ-АД.

Основою на сучасній концепції універсализації і уніфікації пристроїв перетворювальної техніки в статті розглядаються ПЧ, побудовані на базі систем стабілізації току (ССТ), дослідженню яких присвячений ряд робіт авторів [1, 2, 3]. В основу роботи ПЧ, так же, як і в ССТ, покладений принцип примусового формування токів синусоїдальної форми при відсутності фазового зсуву між мережевими токами і фазними напругами (розв'язується задача електромагнітної сумісності). Принцип управління ПЧ релейний при незалежному друг від друга управлінні вентилями активного випрямителя і входного комутатора.

Окремими схематичними рішеннями ПЧ присвячені роботи авторів [3, 4, 5]. Однак порівняльний їх аналіз по схематичній частині входних і вихідних каскадів і основним параметрам, що визначають якість роботи, не проводився.

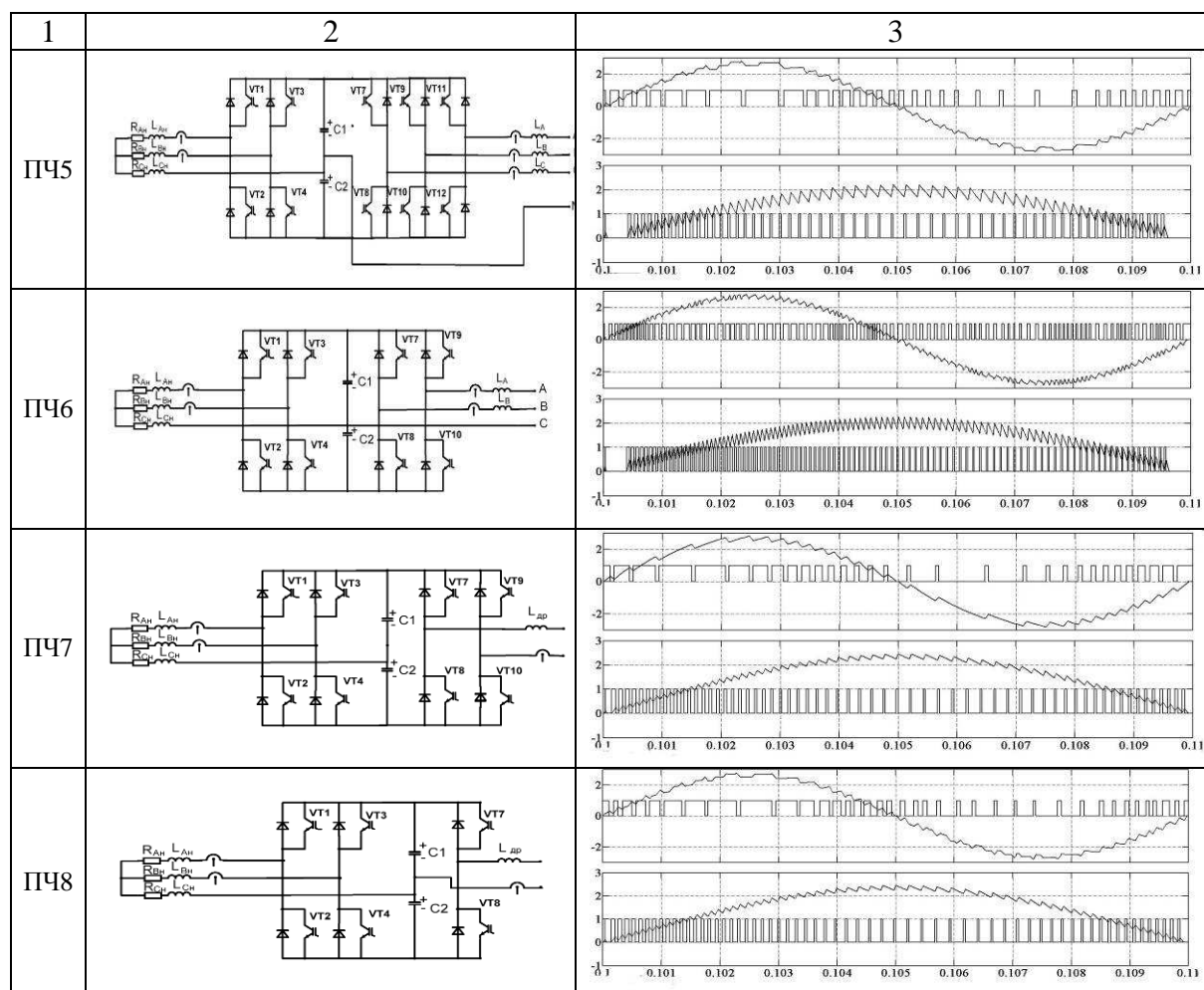
Постановка задачі. Провести порівняльний аналіз розроблених перетворювачів частоти, що полегчить користувачеві вибір відповідного схемного рішення ПЧ, найбільш повно відповідаючого вимогам конкретного застосування.

Результати роботи. Схематична силова частина перетворювачів частоти на базі систем стабілізації току і осцилограми, що показують принцип і якість формування синусоїдальних токів для однієї з фаз, представлені в табл.1.

Таблиця 1 – Схематична силова частина перетворювачів частоти

	Схема	Осциллограмма работы
1	2	3
ПЧ1		
ПЧ2		
ПЧ3		
ПЧ4		

Продолжение таблицы 1



Для наглядности частота релейного режима была искусственно занижена путем увеличения ширины петли гистерезиса релейных регуляторов и индуктивностей дросселей.

Верхние осциллограммы соответствуют токам в нагрузке, нижние – токам, потребляемых из сети, там же приведены сигналы с выходов релейных регуляторов.

При исследовании электромагнитных процессов в преобразователях ПЧ1-ПЧ8 [5, 6] получены аналитические выражения для расчета основных параметров, характеризующих работу ПЧ, которые представлены в табл.2. В первой колонке приведены необходимые соотношения между напряжением сети и напряжением, до которого должны быть заряжены конденсаторы, во второй – максимальное значение частоты релейного режима при формировании токов нагрузки, в третьей – максимальное значение частоты релейного режима при формировании токов, потребляемых из сети, и в четвертой – выражения для расчета необходимых величин емкости конденсаторов.

В табл.2:

U_m – амплитудное значение фазного напряжения,

k – коэффициент превышения напряжения на конденсаторах над фазным напряжением сети,

U_C – общее напряжение на конденсаторах ($U_C = U_{C1} + U_{C2}$),

U_{C1} – напряжение на одном из конденсаторов,

$2b$ – ширина петли гистерезиса релейного элемента нагрузки,

$2a$ – ширина петли гистерезиса релейного элемента сети,

ΔU_C – пульсации общего напряжения на конденсаторах,

ΔU_{C1} – пульсации напряжения на одном конденсаторе,

ω, ω_H – частоты сети и нагрузки,

L_H – индуктивность нагрузки, $L_{др}$ – индуктивность фазного дросселя,

P_H – мощность нагрузки, $I_{мн}$ – амплитудное значение тока нагрузки.

Таблица 2 – Выражения для расчета основных параметров ПЧ

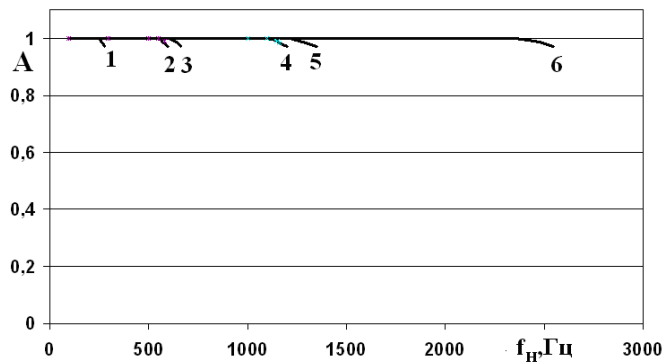
	Напряжения на конденсаторах	Максимальная частота релейного режима		Емкость конденсатора C, Φ
		при формировании тока нагрузки, Гц	при формировании потребляемого тока, Гц	
ПЧ1	$U_{C1} > U_m$	$f_{H \max} = \frac{kU_m}{4bL_H}$	$f_{\max} = \frac{kU_m}{4aL_{др}}$	$C_1 = C_2 = \frac{P_H}{2\omega\Delta U_C U_C}$
ПЧ2	$U_{C1} > \sqrt{3}U_m$	$f_{H \max} = \frac{k\sqrt{3}U_m}{4bL_H}$	$f_{\max} = \frac{k\sqrt{3}U_m}{4aL_{др}}$	$C_1 = C_2 = \frac{P_H}{3\omega\Delta U_{C1} U_m}$
ПЧ3	$U_{C1} > \frac{U_m}{2}$	$f_{H \max} = \frac{kU_m}{8bL_H}$	$f_{\max} = \frac{kU_m}{4aL_{др}}$	$C_1 = C_2 = \frac{P_H}{\omega\Delta U_C U_C}$
ПЧ4	$U_{C1} > U_m$	$f_{H \max} = \frac{kU_m}{4bL_H}$	$f_{\max} = \frac{kU_m}{4aL_{др}}$	$C_1 = C_2 = \frac{P_H}{\omega\Delta U_C U_C}$
ПЧ5	$U_{C1} > U_m$	$f_{H \max} = \frac{kU_m}{8bL_H}$	$f_{\max} = \frac{kU_m}{4aL_{др}}$	$C_1 = C_2 = \frac{I_{мн}}{2\omega_H \Delta U_{C1}}$
ПЧ6	$U_{C1} > \sqrt{3}U_m$	$f_{H \max} = \frac{k\sqrt{3}U_m}{8bL_H}$	$f_{\max} = \frac{k\sqrt{3}U_m}{4aL_{др}}$	$C_1 = C_2 = \frac{1}{2\Delta U_{C1}} \times$ $\times \left(\frac{2P_H}{3U_m\omega} + \frac{I_{мн}}{\omega_H} \right)$
ПЧ7	$U_{C1} > \frac{U_m}{2}$	$f_{H \max} = \frac{kU_m}{16bL_H}$	$f_{\max} = \frac{kU_m}{4aL_{др}}$	$C_1 = C_2 = \frac{P_H}{\omega\Delta U_C U_C}$
ПЧ8	$U_{C1} > U_m$	$f_{H \max} = \frac{kU_m}{8bL_H}$	$f_{\max} = \frac{kU_m}{4aL_{др}}$	$C_1 = C_2 = \frac{P_H}{\omega\Delta U_C U_C}$

Проведем сравнительный анализ приведенных выше ПЧ по параметрам, определяющим качество работы (частоты релейного режима, величины емкости конденсаторов). Так преобразователи ПЧ1–ПЧ4 имеют одинаковые максимальные частоты релейного режима, но величина емкости в ПЧ1 в 2 раза меньше, чем в ПЧ4 при существенно более простом решении входного каскада.

ПЧ2 имеет частоты и напряжения, до которых заряжаются конденсаторы, в $\sqrt{3}$ раз больше по сравнению с ПЧ1 и ПЧ4, но более простую реализацию входного каскада по сравнению с ПЧ1.

ПЧ3 имеет одинаковую частоту потребляемого из сети тока с ПЧ1 и ПЧ4, но в 2 раза меньшую частоту тока в нагрузке. При этом величина емкости больше, чем в ПЧ1 и ПЧ4. Реализация входного каскада проще, чем у ПЧ1.

Если нет доступа к нейтральной точке нагрузки, то к рассмотрению принимаются преобразователи ПЧ5-ПЧ8. Преобразователи ПЧ5, ПЧ7, ПЧ8 имеют одинаковую частоту релейного режима при формировании тока, потребляемого из сети, а ПЧ6 – в $\sqrt{3}$ большую. Преобразователи ПЧ5 и ПЧ8 имеют одинаковую частоту релейного режима при формировании тока в нагрузке и в 2 раза большие частоты при формировании токов, потребляемых из сети. Наибольшую емкость конденсаторов имеют ПЧ5, наименьшую – ПЧ8. Схемная реализация входного каскада упрощается от ПЧ5 к ПЧ8.



1 – ПЧ7; 2 – ПЧ5, ПЧ8; 3 – ПЧ3;
4 – ПЧ1, ПЧ4; 5 – ПЧ6; 6 – ПЧ2

Рисунок 2 – Амплитудно-частотная характеристика преобразователей

В нашем случае максимальная частота пропускания фиксировалась в момент отклонения синусоиды выходного тока от синусоиды тока задания, т.е. в момент, когда нарушается электромагнитная совместимость ПЧ с нагрузкой.

Выводы.

1. Чем выше частота релейного режима, тем выше частота пропускания преобразователя.
2. Наибольшую частоту пропускания обеспечивает ПЧ2, наименьшую – ПЧ7.
3. Все рассмотренные ПЧ в рамках соответствующих диапазонов пропускания частот могут быть аппроксимированы как безинерционные силовые ключи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Однофазный высокоэффективный источник питания для электропривода постоянного тока / В.Г.Дрючин, Ю.П.Самчелев, Г.С.Белоха, И.С.Шевченко // Електромеханічні і енергозберігаючі системи: науково-виробничий журнал. – Кременчук: КрНУ. – 2013. – Вип. 2/2013(22). – С.109-117.
2. Высокоэффективные источники электропитания: монография / Ю.П.Самчелев, В.Г.Дрючин, Г.С.Белоха, Н.И.Андрева. – Алчевск: ДонГТУ, 2013. – 219с.
3. Система стабилизации тока, электромагнитно совместимая с сетью / Бекбаев А.Б., Самчелев Ю.П., Дрючин В.Г. [и др.] // Вестник КазНТУ. – Алматы. – 2014. – №1 (101). – С.93-100.
4. Пат. 94242 Україна, МПК Н02М 5/02. Перетворювач частоти струму / Самчелев Ю.П., Дрючин В.Г., Белоха Г.С., Бакаев О.В.: заявник та патентовласник Донбаський державний технічний університет. – №u201403841; заявл.11.04.2014; опубл. 10.11.2014, Бюл. № 21.

Динамические свойства преобразователя ПЧ1-ПЧ8 оценим, сравнивая их амплитудно-частотные характеристики $A=F(f)$ (рис.2). Коэффициент A есть отношение амплитуды тока на выходе ПЧ к амплитуде тока задания $A = \frac{I_{\text{мн}}}{I_{\text{мз}}}$.

С этой целью на вход ПЧ подавался синусоидальный ток задания и сравнивался с током на выходе (ток в нагрузке).

Известно, что максимальная частота пропускания фиксируется в момент, когда нарушается условие $A=\text{const}$.

5. Самчелеев Ю.П. Универсальный высокоэффективный источник питания для электроприводов постоянного и переменного тока / Ю.П.Самчелеев, В.Г.Дрючин, Г.С.Белоха // Вісник Національного технічного університету „ХПІ”: збірник наукових праць. Серія: Проблеми автоматизованого електропривода. Теорія і практика. – Х.: НТУ „ХПІ”. – 2013. – №36(1009). – С.317-321.
6. Самчелеев Ю.П. Преобразователь частоты электромагнитно совместимый с сетью / Самчелеев Ю.П., Дрючин В.Г. Белоха Г.С. // Електротехнічні та комп’ютерні системи: науково-технічний журнал. – Одесса. – 2014. – №15(91). – С.340-343.

Поступила в редколлегию 30.06.2014.

УДК 669.187.004.18

ЯШИНА К.В., к.т.н., доцент
САДОВОЙ А.В., д.т.н., профессор

Днепродзержинский государственный технический университет

МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Введение. Моделирование – это замещение одного объекта другим с целью получения информации о важнейших свойствах объекта-оригинала с помощью объекта-модели. При разработке автоматизированной системы управления (АСУ) моделирование технологического процесса (ТП) может быть эффективно применимо для выдачи управляющей системой соответствующих команд на базе собранных измерений и оценки реакции системы на конкретные возмущающие воздействия. На сегодняшний день существует множество видов моделирования. Однако, большинство из них позволяет получать сложные модели систем с неоднозначной структурой. Такие модели нелегко использовать при разработке АСУ [1-5].

Постановка задачи. Задачей исследования является разработка новой методики построения моделей ТП, которые могут быть эффективно применимы при разработке АСУТП.

Результаты работы. Согласно разработанной методике моделируемый технологический процесс рассматривается как система. Под системой авторы понимают любой объект, который рассматривается, с одной стороны, как единое целое, а с другой – как совокупность связанных между собой компонентов. Такое определение системы позволяет:

- проще интерпретировать назначение любой сложной структуры, состоящей из взаимодействующих друг с другом частей;
- при описании системы по-разному разбить ее на составные части;
- предвидеть поведение системы, основываясь на принципе «черного ящика» - соотношении „вход/выход”.

Для описания систем и их элементов целесообразно применять различные математические методы. Динамика - важнейшая характеристика системы, знание которой позволяет предсказать поведение системы и выбрать правильное управляющее воздействие в соответствии с поставленной целью [5].

Авторы используют технологические схемы (ТС) процессов для создания их динамических моделей. При этом модель технологического процесса рассматривается как совокупность моделей технологических аппаратов (ТА). Модель каждого технологического аппарата строится по принципам математического моделирования с использова-