

На правах рукописи

Итуа Жорж Оливьер

**Устойчивость двухмассовых электромеханических систем
с подчиненным регулированием
и с отрицательным вязким трением.**

05.09.03 - электротехнические комплексы
и системы, включая их
управление и регулирование.

Автореферат диссертации
на соискание ученой степени
кандидата технических наук.

Харьков - 1995

Stojan



00754470 (R)

Диссертацией является рукопись

Работа выполнена на кафедре «Автоматизированные электромеханические системы» Харьковского Государственного Политехнического Университета.

Научный руководитель - доктор технических наук, профессор
Клепиков В.Б.

Научный консультант - кандидат технических наук, доцент
Осичев А.В.

Официальные опоненты - доктор технических наук, профессор
Жемеров Г.Г.;
- кандидат технических наук, Лимонов Л.Г.

Ведущее предприятие - «Электротяжмаш».

Защита диссертации состоится 30 марта 1995 г. в 14.30 часов на заседании специализированного совета К.068.39.06 при Харьковском Государственном политехническом университете, г. Харьков, ул. Фрунзе, 21.

Отзыв на диссертацию в двух экземплярах с заверенной подписью просим направить по адресу: 310002, г. Харьков, ГСП, ул. Фрунзе, 21, ХГПУ, ученому секретарю специализированного совета К.068.39.06.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке университета.

Автореферат разослан « ____ » _____ 1995 г.

Ученый секретарь
специализированного
ученого совета
К.068.39.06,
кандидат технических наук.

Ю.П.Гончаров

АВ - 32.495

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. Одним из научных направлений, получивших развитие в теории электропривода (ЭП) в последние годы является динамика электромеханических систем (ЭМС) с отрицательным вязким трением (ОВТ).

Исследование в этой области имеет большое практическое значение, так как охватывает широкий класс электроприводов машин и механизмов, нагрузка которых в нормальных и аномальных режимах представляет собой пару трения. Реальная характеристика трения содержит падающий участок, то есть такой, на котором увеличение скорости проскальзывания ($\omega_{ск}$) сопровождается снижением момента нагрузки (M_c).

Именно в подобных условиях наблюдаются фрикционные автоколебания (АКФ), вызывающие серьезные негативные последствия: поломки кинематических звеньев, ухудшение качества технологического процесса, снижение коэффициента полезного действия (КПД) и др.

Проведенные на кафедре «Автоматизированные электромеханические системы» Харьковского Государственного Политехнического Университета под руководством профессора Клепикова В.Б. исследования, позволили получить ответ на ряд принципиальных вопросов, связанных с определением динамических режимов подобных систем. Было показано, что АКФ возникают в случае неустойчивого (расходящего) характера динамического процесса при нахождении точки статического равновесия на падающем участке характеристики трения. Однако двухмассовые ЭМС с ОВТ, выполненные по системе подчиненного регулирования координат электропривода в достаточной мере не были исследованы. Между тем известно, что значительное количество промышленных электроприводов используют вышеуказанный принцип регулирования. Исследованию данного вида ЭМС и посвящена настоящая работа.

Целью работы является определение условий возбуждений АКФ в двухмассовых электромеханических системах (ДЭМС) с фрикционной нагрузкой, выполненных по структуре системы подчиненного регулирования (СПР) координат; а также определение возможности и условий введения упрощающих допущений при расчетах границ устойчивости исследуемой системы.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Разработать математическую модель ДЭМС с ОВТ при подчинен-

ном регулировании координат.

2. Определить характеристические полиномы исследуемых систем в обобщенных безразмерных параметрах.

3. Разработать алгоритмы и программы расчета границ устойчивости исследуемых ДЭМС с ОВТ при стандартных настройках контуров регулирования.

4. Разработать рекомендации по применению модификаций математических моделей, обеспечивающих достаточную точность расчета границ устойчивости для ЭМС со стандартными настройками.

5. Разработать математические модели для расчета динамических процессов ДЭМС с фрикционной нагрузкой при стандартных настройках САР.

6. Провести компьютерный эксперимент по проверке правильности результатов теоретических исследований и рекомендаций.

Основные методы исследования. Исследования ДЭМС с ОВТ при подчиненном регулировании произведены на основе методов теории автоматизированного электропривода, теории автоматического управления, теорий колебаний. Расчеты границ областей динамических режимов проводились с помощью алгоритма (программ).

Алгоритм включает в себя стандартную процедуру вычисления корней характеристического уравнения. Решения алгебраического уравнения n - степени осуществляются методом Хичкока. Вычисление и математическое моделирование выполнены на ЭВМ с использованием специальных пакетов прикладных программ: «СС», «MATLAB», «COBRA», «СИАМ», «OPTIMUM» и др. для моделирования динамических систем. Использованы методы структурного моделирования на ЭВМ с применением метода Рунге-Кутты.

Достоверность научных результатов и выводов обеспечивается корректностью допущений при разработке математических моделей; соответствием результатов исследований математических моделей, физическим представлением о протекающих процессах и данным о фрикционных автоколебаниях в промышленных электроприводах, известным из научной литературы; проверкой вносимых выводов и положений путем дублирования несколькими методами; согласованностью теоретически полученных выводов и результатов экспериментального исследования.

На защиту выносятся:

- Математическая модель двухмассовой электромеханической системы с подчиненным регулированием и с ОВТ с учетом обратной связи (ОС) по ЭДС двигателя и без учета ее при стандартных настройках

контуров регулирования;

- Передаточные функции и матричные уравнения ДЭМС с подчиненным регулированием и с ОВТ с учетом ОС по ЭДС двигателя и без учета ее при стандартных настройках контуров.

- Методика определения для исследуемых систем областей динамических режимов, соответствующих устойчивой работе ЭМС, одночастотным и двухчастотным автоколебательным режимам.

- Рекомендации по применению различных видов математических моделей в зависимости от характеризующих ЭМС значений обобщенных безразмерных параметров.

Научная новизна работы заключается в следующем:

1. Разработано математическое описание ДЭМС с ОВТ при подчиненном регулировании координат (ПРК) на основе предложенных обобщенных безразмерных параметров и выделены области динамических режимов в плоскости двух из этих параметров.

2. Определены области целесообразного использования модифицированных математических моделей ДЭМС с ОВТ при ПРК в зависимости от значений обобщенных безразмерных параметров.

Практическая ценность работы. Разработана инженерная методика для определения условий возбуждения (подавления) АКФ в ДЭМС с ОВТ при подчиненном регулировании контуров и их стандартных настройках. Указаны области допустимости применения упрощенных моделей исследуемой системы. Разработаны программы для расчета областей динамических режимов и динамических процессов на персональной ЭВМ типа IBM PC. Предоставлен комплект номограмм областей динамических режимов электромеханических систем.

Реализация результатов работы. Результаты исследований переданы в НИИ НПО Харьковский электромеханический завод для разработки новых комплектов электроприводов и в УГППКИ «Тяжпромэлектропроект». Разработанные в ходе теоретических исследований методики и программы используются на вычислительном центре кафедры «Автоматизированные электромеханические системы» ХГПУ в учебном процессе и при выполнении научно-исследовательских работ по тематике ГКНТ.

Апробация работы. Основные научные положения и результаты диссертационной работы доложены на конференции с международным участием «Проблемы автоматизированного электропривода. Теория и практика» (1994г.).

Публикации. По теме диссертационной работы опубликовано две печатные работы и одна сдана в печать.

Структура работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы из двадцати наименований, включает пять приложений, 177 рисунков, семь таблиц. Работа содержит страницы основного машинописного текста.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ.

Во введении обосновывается актуальность работы, формулируется сущность проблемы и основа настоящей диссертации.

В первой главе проведен анализ литературных источников по проблеме фрикционных автоколебаний в электроприводах машин и механизмов, а также по исследованиям динамики ЭМС с ОВТ. Показано, что большое количество работ посвященное проблеме АКФ выполнено специалистами в области динамики машин при допущении о постоянстве скорости электродвигателя, либо для разомкнутых систем ЭП. При этом как правило решалась задача частоты и амплитуды АКФ асимптотическими методами нелинейной механики.

В работах, выполненных на кафедре АЭМС Харьковского Государственного Политехнического Университета был предложен новый подход в изучении АКФ, заключающийся в исследовании ЭП как единой электромеханической системы с отрицательным вязким трением. Было показано, что условием возбуждения АКФ является расходящийся характер динамического процесса на падающем участке характеристики трения. В многообразии исследованных разновидностей ЭМС с ОВТ, системы с подчиненным регулированием координат рассматривались

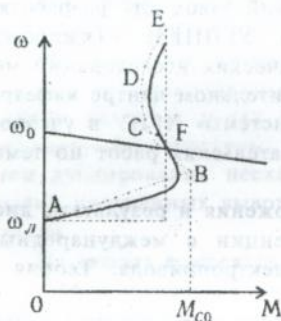


Рис. 1

при принятых в теории ЭП для случаев $M_C = \text{const}$ упрощающих допущениях в части выражений передаточных функций контуров регулирования. Однако в вышеуказанных работах не было показано в какой мере справедливы эти допущения для рассматриваемого класса ЭМС в зависимости от значений характеризующих систему параметров. Необходимо также провести исследование устойчивости ДЭМС с ОВТ в тех случаях, когда вышеуказанные допущения неприменимы. С учетом вышеуказанного были определены ранее сформулированные в настоящем

автореферате цель и задачи диссертации, а также методы их решения.

Вторая глава посвящена определению областей динамических режимов ДЭМС с подчиненным регулированием при нахождении рабочей точки на падающем участке характеристики нагрузки при настройке САР на модульный оптимум. Исследования выполнены при следующих допущениях: характеристика нагрузки, аппроксимирована, как это показано на рис.1 пунктирными линиями и описана зависимостью (1); внутреннее вязкое трение линейно и задается коэффициентом β_{12}

$$M_C = M_{C0} + \beta_C \cdot \omega_{CK}, \quad (1)$$

где:

$\omega_{CK} = \omega_2 - \omega_L$ - угловая скорость проскальзывания в паре трения;

$\beta_C = dM_C/d\omega_{CK}$ - жесткость механической характеристики (МХ) нагрузки;

M_{C0} - расчетная величина момента сопротивления, определяемая в соответствии с рис.1.

Анализируя динамику быстродействующих ЭП с фрикционной нагрузкой будем полагать ТП инерционным звеном с коэффициентом передачи

$$K'_П = K_П / K\Phi,$$

где:

$K_П$ - собственно коэффициент усиления преобразователя,

K - конструктивный коэффициент ЭД.

Отметим также, что при анализе динамики ЭП с подчиненным регулированием координат учитываем малую инерционность ТП и СИФУ - $T_{П}$. Регулятор тока выполнен в виде ПИ-звена с передаточной функцией:

$$W_{P,T} = \frac{T_{\varepsilon} p + 1}{K_{O\mathcal{M}} K'_П \cdot \beta \cdot a_T \cdot T_{\mu} p}. \quad (2)$$

Регулятор скорости выполнен в виде П-звена с передаточной функцией:

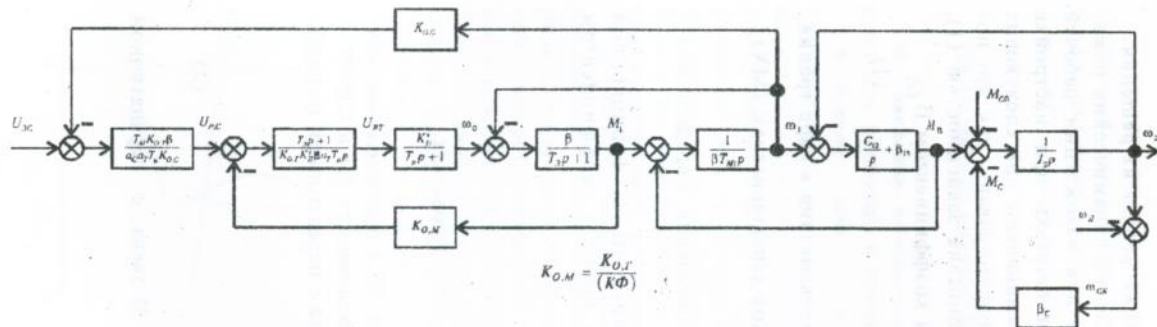


Рис.2

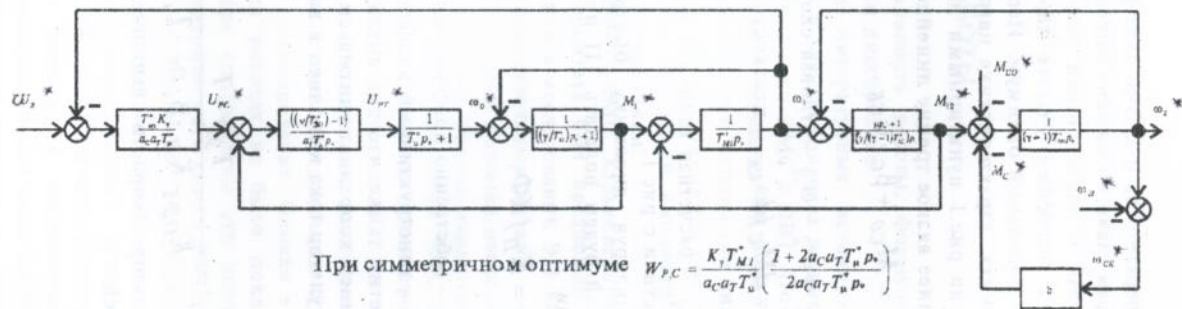


Рис.3

$$W_{P,C} = \frac{T_M \cdot K_{OM} \cdot \beta}{a_C \cdot a_T \cdot T_\mu \cdot K_{O,C}}, \quad (3)$$

где:

$T_M = J_\Sigma / \beta$ - электромеханическая постоянная времени электропривода;

$J_\Sigma = J_1 + J_2$ - суммарный момент инерции первой и второй массы.

Следует отметить, что расчет параметров регулятора скорости осуществляется при условии, что моменты инерции обеих масс системы суммируются. Такой метод настройки, хотя и не учитывает полных свойств двухмассовой системы, но очень прост и применяется в подавляющем большинстве реальных промышленных электроприводов.

Сущность АКФ может быть пояснена следующим образом. Известно, что предпосылкой возникновения АКФ является наличие падающего участка **BC** в МХ нагрузки (см. рис.1). Если при этом ЭМС устойчива, то малое отклонение завершается возвратом рабочей точки в точку **F** и далее имеет место невозмущенное движение. Если же ЭМС неустойчива, то сколь угодно малое отклонение вызовет нарастание ошибки, что в конечном счете приведет к установлению стационарной амплитуды АКФ.

Таким образом с учетом вышесказанного, динамические режимы нелинейной ДЭМС с подчиненным регулированием при фрикционной нагрузке и при настройке САР на модульный оптимум определяются устойчивостью «в малом» ее линеаризованной модели, представленной на рис.2.

Учитывая весьма широкий диапазон значений параметров для электроприводов различных механизмов с нагрузкой типа пара трения, с целью получения унифицированной методики оценки свойств системы, представим структурную схему (рис.2) в обобщенных безразмерных параметрах.

Для перехода к обобщенным параметрам предложены обобщенный параметр

$$b = \beta_C / \beta,$$

обозначение

$$\mu = (\beta_{I2} / C_{I2}) \cdot \Omega_{I2},$$

и коэффициент

$$K_\gamma = \gamma.$$

где:

$$\Omega_{I2} = \sqrt{C_{I2}(J_1 + J_2)/(J_1 J_2)},$$

причем

$$\mu = \lambda_{I2}/\pi$$

(λ_{I2} - логарифмический декремент двухмассовой механической системы))

Использованы известные из теории электропривода обобщенные параметры

$$\gamma = (J_1 + J_2)/J_1; \quad T_{M1}^* = (J_1/\beta) \cdot \Omega_{I2} \quad ; \quad \gamma = T_{M1} \cdot \tau \cdot \Omega_{I2}^2$$

и безразмерный оператор

$$p_* = p/\Omega_{I2}.$$

С учетом введенных и использованных обобщенных параметров и обозначений структурная схема ДЭМС с фрикционной нагрузкой при настройке САР на модульный оптимум преобразована к виду (рис.3).

По сравнению с разомкнутой ДЭМС введены один дополнительный обобщенный параметр

$T_\mu^* = T_\mu \cdot \Omega_{I2}$ - безразмерная некомпенсируемая постоянная контура тока и критерий средне-высокочастотности и один коэффициент

K_γ - коэффициент, учитывающий сумму моментов инерции обеих масс при стандартных настройках системы электропривода.

Для анализа выделены три модели системы: одна из них - полная, вторая - без учета обратной связи по ЭДС двигателя и третья - без учета обратной связи по ЭДС двигателя и с представлением контура тока апериодическим звеном первого порядка. Для проведения анализа выбраны характерные для электроприводов значения обобщенных параметров, так например, рассмотрены электроприводы с большими и малыми значениями коэффициента инерции γ при размещении резонансной частоты в области высокочастотной и среднечастотной асимптоты ЛАЧХ разомкнутой системы.

Математические модели составлены в операторной форме и в пространстве состояния. Получены передаточные функции и матрицы А ДЭМС с фрикционной нагрузкой при настройке САР на модульный

оптимум. Таким образом в результате математического моделирования нелинейных ЭМС получены передаточные функции их линеаризованных моделей, последующее исследование которых позволило выявить условия возбуждения АКФ. Для этого был использован алгоритм расчета границ областей динамических режимов ЭП с характеристическим уравнением n -го порядка. Разработанные алгоритм и программа включают стандартную подпрограмму решения алгебраического уравнения и предусматривают фиксацию координат b , T_{M1}^* границ областей динамических режимов при изменении типов корней или знаков их вещественных частей.

Для каждого типа моделей СПР с ОВТ путем расчета по разработанным программам в плоскости обобщенных параметров b , T_{M1}^* определены области динамических режимов: сходящегося колебательного, сходящегося аperiodического, расходящегося колебательного и расходящегося аperiodического. В соответствии с видом и значением корней характеристического уравнения на рис.4а и 4б представлены и обозначены:

I - область сходящегося переходного процесса (вещественные части всех корней отрицательные);

II - область расходящегося колебательного процесса;

IIa - с частотой близкой к частоте собственных упругих механических колебаний;

IIб - с частотой близкой к частоте электромеханических колебаний;

III - область расходящегося аperiodического переходного процесса;

IV - область двухчастотного расходящегося колебательного процесса (две пары комплексно-сопряженных корней с положительными вещественными частями и остальные корни отрицательные).

Сплошной линией обозначены границы устойчивости при $\mu = 0$; пунктирной - при $\mu = 0,032$ и штрих-пунктирной при $\mu = 0,096$.

Если значения физических параметров электропривода таковы, что точка с координатами b , T_{M1}^* принадлежат II, либо IV области, в ДЭС возбуждается колебательный процесс расходящегося характера, который завершается установлением АКФ. При этом областям II соответствуют одночастотные автоколебания, а областям IV соответствуют двухчастотные. Совокупность формул, программ для ЭВМ, номограмм аналогичных рис.4а, 4б и процедуры определения принадлежности

точки с параметрами b , T_{M1}^* одной из областей динамических режимов образует инженерную методику определения условий возбуждения АКФ.

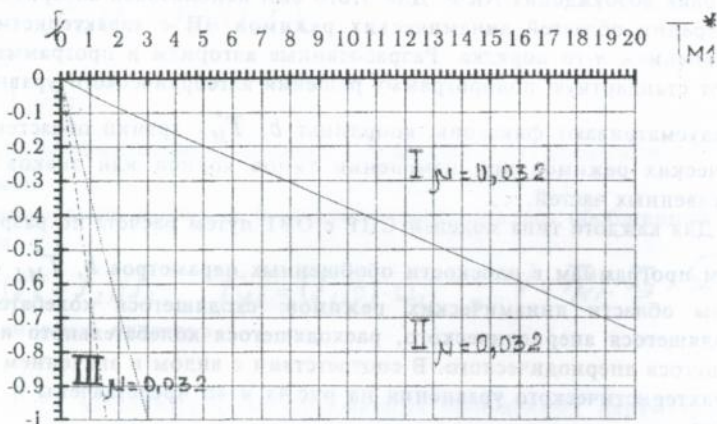


Рис. Аа. $\gamma=1,2$; $\nu=2$; $\mu=0.032$; $T_{\mu}^* = 0,5$

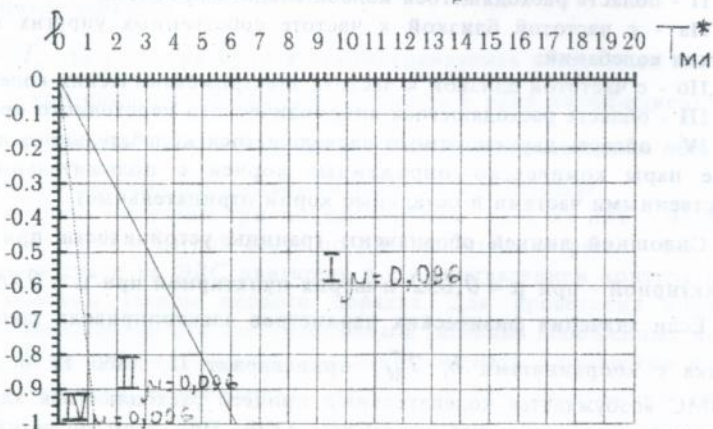


Рис. Аб. $\gamma=3$; $\nu=40$; $\mu=0.096$; $T_{\mu}^* = 0,5$

Исходя из расчетных кривых границ устойчивости (например рис.4а, 4б) оценивалось влияние каждого из обобщенных параметров на динамические свойства системы. Установлено, что увеличение коэффициента инерции γ приводит к сокращению области АКФ, при $\gamma \geq 3$ оказывается возможно существование двухчастотных АКФ. Для полной модели (модели «2») параметр ν неоднозначно влияет на расположение границ областей динамических режимов, т.е. при одних сочетаниях параметров T_{MI}^* , b , γ , границы устойчивости расширяются, для других сокращаются. В диссертации приведены номограммы, позволяющие правильно сориентироваться при выполнении практических расчетов. Для моделей без учета обратной связи (ОС) по ЭДС двигателя (модель «0» и модель «1»), параметр ν практически не влияет на расположение границ областей динамических режимов в плоскости параметров b , T_{MI}^* . Вышеуказанное имеет место при $T_{\mu}^* \leq 0,5$.

Для больших значений $T_{\mu}^* \geq 2$ сделаны следующие выводы:

- при больших значениях параметра $\nu \geq 40$ область двухчастотных АКФ не существует для модели «2», а для модели «1» область двухчастотных АКФ не существует при любых значениях ν .

Влияние γ зависит от различных сочетаний параметров μ , ν , T_{μ}^* . Установление, что границы статической устойчивости при настройке на технический оптимум проходят по горизонтали

$$b = - \frac{K_{\gamma} \cdot T_{MI}^*}{a_c \cdot a_T \cdot T_{\mu}^*}$$

Сравнительный анализ расчетных областей для моделей «0» и «1», базирующийся на оценке смещения их границ устойчивости по отношению к границам устойчивости полной модели позволяет сделать выводы о целесообразности применения упрощенных моделей в зависимости от характеризующих систему значений обобщенных параметров. Данные выводы представлены в виде таблиц (таблица 1).

Третья глава посвящена определению областей динамических режимов ДЭМС с ОВТ с ПИ-регулятором тока и ПИ-регулятором скорости и настройкой на симметричный оптимум. Математическая модель дан-

Области целесообразного применения моделей (модульный оптимум)

Таблица 1а

$v=2; \mu=0; T_{\mu}^*=2$			$v=10; \mu=0; T_{\mu}^*=2$			$v=40; \mu=0; T_{\mu}^*=2$		
γ	T_{M1}^*	Модель	γ	T_{M1}^*	Модель	γ	T_{M1}^*	Модель
1,1÷5	0,1÷20,1	II	1,1÷1,2	<1,1	I,II	1,4÷1,6	0,1÷20,1	I,II
			1,4÷1,6	<2,1	I,II			
			1,6	2,1÷3,1	II,0			

Таблица 1б

$v=2; \mu=0; T_{\mu}^*=0,5$			$v=10; \mu=0; T_{\mu}^*=0,5$			$v=40; \mu=0; T_{\mu}^*=0,5$		
γ	T_{M1}^*	Модель	γ	T_{M1}^*	Модель	γ	T_{M1}^*	Модель
1,1	0,1÷20,1	II*,I*	1,1	<0,1 16,1÷20,1	II,I	1,1	<5,1	II,I
1,2	<0,1 6,1÷20,1	II,I	1,2	<0,1 16,1÷20,1	II,I	1,2	<2,1	II,I
1,4	0,1÷20,1	II,I	1,4	<0,1	II,I	1,4	0,1÷20,1	II
	>5,1	II,I,0		13,1÷20,1	II,I,0			
1,6	<0,1	II,0	1,6	<0,1	II	1,6	<2,1	II
	>5,1	II,I,0		16,1÷20,1	II,I,0		>2,1	II,I,0
1,8	<5,1	II	1,8	16,1÷20,1	II,I	1,8	0,1÷20,1	II
	16,1÷20,1	II,I,0		16,1÷20,1	II,I,0			
2	<5,1	II	2	16,1÷20,1	II,I,0	2	0,1÷20,1	II
	5,1÷20,1	II,I,0						
3	<5,1	II	3	16,1÷20,1	II,I	3	0,1÷20,1	II,I
	5,1÷20,1	II,I,0						
5	0,1÷20,1	II,I	5	16,1÷20,1	II,I	5	0,1÷20,1	II,I

ной системы в структурной форме представлена на рис.2 и на рис.3. Для исследования данной модели и двух ее упрощенных как и ранее модификаций, получены в вышеуказанных параметрах передаточные функции и матрицы А.

Так как при настройке на симметричный оптимум порядок характеристического полинома для рассматриваемых моделей достигает седьмой, обоснование упрощающих допущений является весьма актуальной задачей. Хотя для обычных систем ($M_C = \text{const}$) с высокой степенью демпфирования упругих колебаний в известной структуре сделали вывод о допустимости известных упрощений в области среднего и высокочастотного диапазона ЛАЧХ, для ДЭМС с ОВТ эти выводы нуждаются в проверке.

Общая методика проведения исследований и применяемые методы и средства аналогичны изложенным в гл.2. Это позволяет получить легко сопоставимые результаты. Области динамических режимов построены в тех же обобщенных параметрах b, T_{M1}^* , что и для всех двухмассовых систем. Число обобщенных параметров, однозначно описывающих динамику исследуемой системы, и сами параметры полностью совпадают с параметрами системы настроенной на модульный оптимум. А обобщенный параметр

$$T_{\mu}^* = T_{\mu} \cdot \Omega_{I2},$$

где T_{μ} - некомпенсируемая постоянная контура тока, использован практически как критерий оценки относительной скорости протекания процессов в электромагнитной части системы подчиненного регулирования по сравнению с процессами в механической части ДЭМС. Так при $T_{\mu}^* = 0,25$ частота среза контура скорости равна частоте упругих колебаний. Эта оценка используется практически для классификации трех моделей: полная модель (модель «2»), упрощенная (модель «1»), и простейшая (модель «0») и для определения области целесообразного их использования.

В результате проведенных исследований разработаны программы расчета областей динамических режимов, получен пакет номограмм для значений обобщенных параметров электроприводов и дана оценка погрешностей вносимых упрощениями модели ДЭМС с ОВТ при подчиненном регулировании координат. Примеры областей динами-

ческих режимов моделей приведены на рис.5а, 5б.

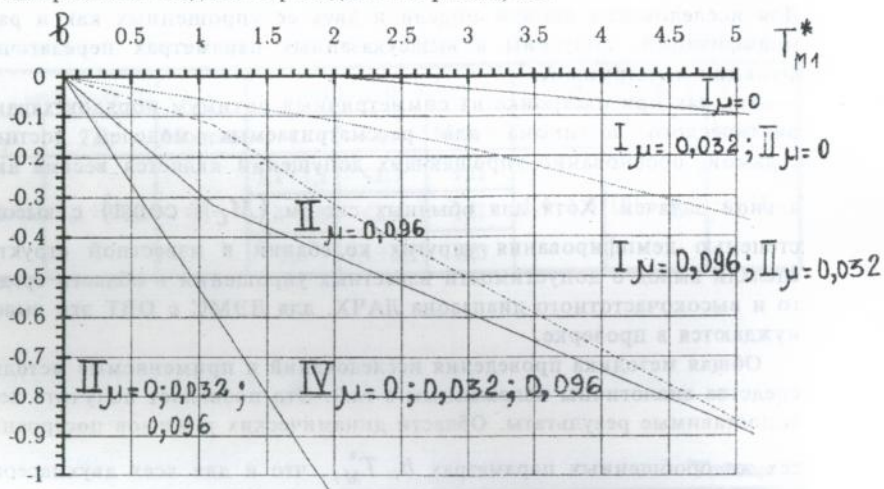


Рис.5а. $\gamma=1,8; \nu=10; T_{\mu}^* = 2$

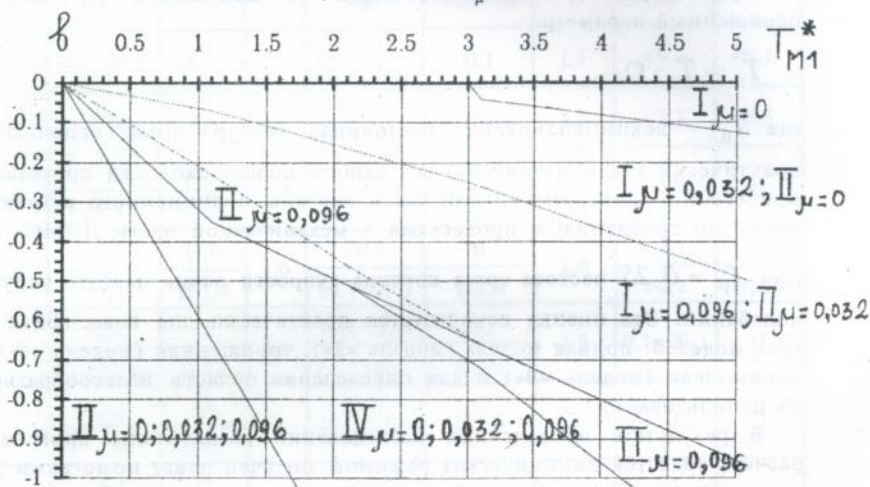


Рис.5б. $\gamma=2; \nu=10; T_{\mu}^* = 2$

Анализ рис. 5а, 5б и многочисленных номограмм, полученных для других сочетаний параметров γ , ν , T_{μ}^* , μ дает основание для следующих заключений о влиянии обобщенных параметров ЭМС на ее динамические свойства:

- для модели «2» двухчастотные АКФ в области низко и средне-частотной асимптоты наблюдаются только при $\gamma \geq 3$, при этом области двух частотного расходящегося колебательного процесса IV совпадают вне зависимости от значений параметров μ , ν ;

- при $\nu \leq 2$ и $T_{\mu}^* \leq 0,5$ двухчастотные АКФ не наблюдаются вне зависимости от значений γ , b , T_{MI}^* ;

- для модели «1» область двухчастотных АКФ IV наблюдаются при $\gamma \geq 1,4$ и $T_{\mu}^* \leq 0,5$;

- для модели «1» при фиксированных значениях μ' и γ в пространстве обобщенных параметров b , T_{MI}^* изменение $\nu = 2; 10; 40$ не влияет на изменение областей I, II, III и IV.

Области целесообразного применения каждой из моделей представлены в таблице 2.

Четвертая глава посвящена моделированию ДЭМС при стандартных настройках САР с нелинейностью типа «пара трения». Расчеты выполнялись на компьютере типа IBM PC AT 486 по разработанным на кафедре АЭМС программам применительно к математическим моделям, полученным в настоящей диссертации. Отмечено качественное соответствие временных диаграмм, полученных в ходе моделирования и осциллограмм АКФ зафиксированных на действующих промышленных установках известных из литературных источников. Подтверждено, что причиной возникновения автоколебательных процессов в ДЭМС с фрикционной нагрузкой является падающий участок характеристики трения. Проиллюстрировано и пояснено многообразие и особенности режимов фрикционных автоколебаний. Моделирование для каждого типа моделей нелинейной ДЭМС с фрикционной нагрузкой при стандартных настройках САР дало значительное число расчетных характерных динамических процессов, подтвердивших основные теоретические положения работы.

Области целесообразного применения моделей (симметричный оптимум)

Таблица 2а

$v=2; \mu=0; T_{\mu}^*=0,25$			$v=10; \mu=0; T_{\mu}^*=0,25$			$v=40; \mu=0; T_{\mu}^*=0,25$		
γ	T_{M1}^*	Модель	γ	T_{M1}^*	Модель	γ	T_{M1}^*	Модель
1,1÷5	0,1÷20,1	II,I	1,1÷5	0,1÷20,1	II,I	1,1÷5	0,1÷20,1	II,I

Таблица 2б

$v=2; \mu=0; T_{\mu}^*=2$			$v=40; \mu=0; T_{\mu}^*=2$		
γ	T_{M1}^*	Модель	γ	T_{M1}^*	Модель
1,6	4,1	II,0	1,4÷5	0,1÷20,1	II,I
1,8	2,1÷2,5	II,0			
2	3,1÷3,5	II,0			

Таблица 2в

$v=2;10;40; \mu=0; T_{\mu}^*=0,01$		
γ	T_{M1}^*	Модель
1,1÷5	0,1÷20,1	I,II

Таблица 2г

$v=2; \mu=0; T_{\mu}^*=0,5$			$v=10; \mu=0; T_{\mu}^*=0,5$			$v=40; \mu=0; T_{\mu}^*=0,5$		
γ	T_{M1}^*	Модель	γ	T_{M1}^*	Модель	γ	T_{M1}^*	Модель
1,1	<0,1	II,I	1,1	<0,1	II,I	1,1	<4,1	II,I
	14,1÷15,1	II,0		13,1÷20,1	II,0			
	16,1÷20,1	II,I,0						
1,2	8,1÷16,1	II,0	1,2	8,1÷13,1	II,0	1,2	13,1÷20,1	II,0
							20,1	II,I
1,4	7,1÷20,1	II,0	1,4	1,1÷20,1	II,0	1,4	<0,1	II,I,0
1,6	<5,1	II,0	1,6	>5,1	II,0	1,6	<0,1	II,I
	>5,1	II,I,0		>10,1	II,I,0			
1,8	>2,1	II,0	1,8	>4,1	II,0	1,8	0,1÷20,1	II
2	>2,6	II,0	2	0,1÷20,1	II	2	0,1÷20,1	II
3	0,1÷20,1	II,I	3	0,1÷20,1	II,I	3	0,1÷20,1	II,I
5	0,1÷20,1	II,I	5	0,1÷20,1	II,I	5	0,1÷20,1	II,I

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Предложено математическое описание ДЭМС с ОВТ и с подчиненным регулированием координат при стандартных настройках с учетом обратной связи по ЭДС двигателя и без нее. Описание выполнено в обобщенных безразмерных параметрах, причем помимо ранее использовавшихся обобщенных параметров γ , T_{M1}^* , b , ν введен параметр

$T_{\mu}^* = T_{\mu} \cdot \Omega_{I2}$. Определены области, которым в реальном электроприводе соответствуют устойчивая работа, одночастотные и двухчастотные режимы фрикционных автоколебаний.

2. Разработаны математические модели электропривода с упругой связью и фрикционной нагрузкой при стандартных настройках САР в матричной форме с учетом обратной связи по ЭДС двигателя, без учета ее и при представлении контура тока апериодическим звеном первого порядка.

3. Разработана методика расчета границ устойчивости ДЭМС с ОВТ при стандартных настройках СПР с учетом обратной связи по ЭДС двигателя и без учета ее, что в свою очередь позволяет установить возможность возбуждений АКФ в ЭМС с фрикционной нагрузкой.

4. Проведена оценка влияния механических и электромеханических параметров ДЭМС с ОВТ при стандартных настройках САР на условия возбуждения АКФ.

5. Разработана инженерная методика определения областей целесообразного применения каждой из моделей, базирующаяся на оценке величины смещения границ устойчивости упрощенных моделей по сравнению с полной моделью.

6. Показано, что для полной модели (модель «2») при настройке САР на модульный оптимум в области среднечастотной асимптоты область двухчастотных АКФ существуют только при $\gamma \geq 3$ и для модели «2» при настройке САР на симметричный оптимум они существуют при $\gamma \geq 1,6$.

7. Показано, что с точки зрения подавления АКФ настройка САР ДЭМС с фрикционной нагрузкой на модульный оптимум более эффективна, чем настройка САР ДЭМС с фрикционной нагрузкой на симметричный оптимум.

8. Методом компьютерного моделирования подтверждена справедливость предложенных математических моделей ДЭМС с фрикцион-

ной нагрузкой при стандартных настройках САР и основных теоретических выводов работы.

ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНЫ РАБОТЫ:

1. Клепиков В.Б., Итуа Ж.О., Осичев А.В.. Определение областей динамических режимов ДЭМС с фрикционной нагрузкой при настройке САР на модульный оптимум. Печатные материалы научно-технической конференции с международным участием. «Проблемы автоматизированного электропривода. Теория и практика.» Харьков. 1994 г. с.112 -113.

2. Клепиков В.Б., Итуа Ж.О., Осичев А.В.. Определение областей динамических режимов ДЭМС с фрикционной нагрузкой при настройке САР на симметричный оптимум. Печатные материалы научно-технической конференции с международным участием. «Проблемы автоматизированного электропривода. Теория и практика.» Харьков. 1994 г. с.114 -115

Ітуа Жорж Олівер. «Стійкість двомасових електромеханічних систем з підпорядкованим регулюванням та негативним в'язким тертям». Дисертація на здобуття вченого ступіня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.09.03 - електротехнічні комплекси і системи, включаючи їх керування та регулювання. Харківський Державний політехнічний Університет. Харків, 1995 р.

Проведено теоретичне дослідження стійкості двомасових електромеханічних систем, при підлеглому регулюванні координат електроприводу с негативним в'язким тертям. Одержані математичні моделі двомасових електромеханічних систем з негативним в'язким тертям при стандартних настройках САР. Визначено вплив кожного з узагальнених параметрів на розташування та форму кордонів областей динамічних режимів. Розроблена методика зпрощення моделей при стандартних настройках САР. Проведено експериментальна перевірка основних теоретичних випробувань.

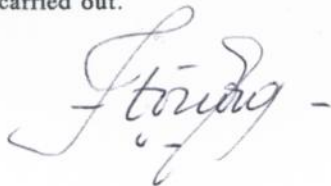
Ключевые слова: фрикционные автоколебания; обратные связи; динамические режимы; характеристика трения; устойчивость.

Itoua Georges Olivier. «Stability of two-mass electromechanical systems with betrags optimum and symmetrical optimum with negative viscous friction».

The thesis is submitted for PHD degree in engineering with profession line 05.09.03, i.e., electrotechnical complexes and systems with their command and regulation. Kharkov State Polytechnical University. Kharkov. 1995.

«Stability of two-mass electromechanical system with subordinate regulation with negative viscous friction.»

Theoretical research of two-mass electromechanical system stability at subordinated regulation of electric drive coordinates with negative viscous friction has been carried out. Mathematical models of two-mass electromechanical systems with negative viscous friction at standard automatic regulation systems setting has been obtained. Influence of each generalizing parameters to the location and the boundary forms of dynamic region modes has been defined. Technique of models simplification at standard automatic regulation systems setting has been developed. Experimental verification of the main theoretical researches has been carried out.



АВТОРЕФЕРАТ

Ответственный за выпуск Кутовой Ю.Н.

Подписано в печать 26.02.95

Отпечатано ТОО ЭКОС-1. Зак. № Формат 60x84 1/16.

Усл. печ. л. 1,25. Тираж 100 экз. Бесплатно.

447942

AB 32.095

AB 32.095

ТАРБИГА

Ушбу ҳужжат 100 нسخа тарқатилади.
Қўлёқ: 100 нسخа. Басма.
Тўқсанчи йилнинг 100 нسخаси.
Қўлёқнинг 100 нسخаси.
Қўлёқнинг 100 нسخаси.