Саратовский государственный технический университет

На правах рукописи

СЫЧЁВ АЛЕКСАНДР МИХАЙЛОВИЧ

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДИЗЕЛЕЙ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕМ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК РЕГУЛЯТОРОВ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ НЕПРЯМОГО ДЕЙСТВИЯ

• f V 1

(применительно к элементам механико-гидравлических подсистем)

специальность - 05.02.13 — Машины, агрегаты и процессы (в машиностроении и машиноведении)

ДИССЕРТАЦИЯ на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель

доктор технических наук, профессор

Денисов Александр Сергеевич

Саратов - 2004 г.

2

СОДЕРЖАНИЕ

стр.

Список условных обозначений, переменных и сокращений 4

ВВЕДЕНИЕ 6

Глава 1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И ХАРАКТЕРИСТИК (ЭПХ) РЕГУЛЯТОРОВ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ (РЧВ) ДИЗЕЛЕЙ

1.1. Анализ существующих методов исследования ЭПХ РЧВ 10

1.2. Выводы по результатам анализа состояния вопроса 30

1.3. Предмет проводимого исследования 32

1.4. Обоснование выбранного направления исследования 34

1.5. Цель и задачи исследования 38

Глава 2. ПРОГРАММА И МЕТОДИКИ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1. Программа исследований 39

2.2. Используемые методы теоретического исследования САРЧВ дизелей 43

2.2.1. Методики математического моделирования САРЧВ дизеля 43

2.2.2. Методики математического моделирования ЭПХ РЧВ 44

2.3. Методы экспериментального исследования САРЧВ и РЧВ дизелей 45

2.3.1. Задачи экспериментального исследования 46

2.3.2. Приборы и аппаратура в проводимом исследовании 49

2.3.3. Особенности методик экспериментального исследования 58

Глава 3. РАЗРАБОТКА ДИНАМИЧЕСКИХ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ЭЛЕМЕНТОВ САРЧВ ДИЗЕЛЕЙ

3.1 Системный анализ взаимосвязей ЭПХ РЧВ и эксплуатационных показателей САРЧВ дизеля 61

3.2 Системный анализ факторов и причин изменения настроек САРЧВ 63

3.3 Динамические математические модели элементов дизеля как объекта управления и регулирования (ОУ) 66

3.3.1 Функциональная и структурная схемы модели дизеля как ОУ 66

3.3.2 Математическая модель процессов сгорания в дизеле как ОУ 68

3.3.3 Описание динамики движения кривошипно-шатунного механизма 69

3.3.4 Динамическая математическая модель сил сопротивления на

рейке топливного насоса высокого давления (ТНВД) дизеля 72

3.3.5 Полная динамическая математическая модель дизеля как ОУ 73

3.3.6 Идентификация параметров динамических математических

моделей элементов дизеля как объекта управления 74

3.4 Математические модели динамических и ЭПХ регулятора 80

3.4.1 Функциональные и структурные схемы модели РЧВ дизеля 80

з

3.4.2 Математическая модель центробежного измерителя частоты вращения и встроенного фильтра крутильных колебаний (демпфера) 81

3.4.3 Математическая модель гидравлического тракта регулятора 83

3.4.4 Математическая модель динамики серводвигателя 88

3.4.5 Математическая модель механических потерь и ЭПХ РЧВ 90

3.4.6 Математическая модель разогрева регулятора 95

3.5 Динамическая математическая модель САРЧВ дизеля 98

3.6 Оценивание параметров, точности и адекватности разрабатываемых

математических моделей процессов в САРЧВ и регуляторах 99

Глава 4. АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ И ЭКСПЕРИМЕН¬ТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ДИЗЕЛЕЙ КАК ОБЪЕКТОВ УПРАВЛЕНИЯ И ЭПХ РЕГУЛЯТОРОВ

4.1 Анализ результатов наблюдений по отказам РЧВ в эксплуатации 101

4.2 Анализ характеристик дизелей и их нагрузочных устройств на штатных дизельных стендах заводов изготовителей 102

4.3 Исследование и анализ неравномерности частоты вращения привода РЧВ на дизельных стендах 104

4.4 Анализ сил сопротивления на рейках ТНВД дизелей 109

4.5 Исследование и анализ динамических характеристик элементов РЧВ.. .110

4.6 Исследование динамики процессов нагрева и охлаждения РЧВ 130

4.7 Анализ динамики переходных процессов элементов САРЧВ 135

4.8 Исследование и анализ энергетических характеристик РЧВ дизеля 139

4.9 Выводы по результатам моделирования и экспериментального

исследования 141

Глава 5. ОПТИМИЗАЦИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК РЧВ .142

ОБЩИЕВЫВОДЫ

 РазработанаметодикаопределенияпараметровММдинамикипереходныхпроцессовэлементовСАРЧВдизеляэнергетическиххарактеристикитепловогосостоянияРЧВегоотрицательнойизодромнойобратнойсвязи

 ПоразработаннойметодикеполученыуточненныеММпозволяющиепроводитьисследованиединамикипереходныхпроцессовпускахолостогоходаизменениянагрузкидизеляэлементовСАРЧВдизелядинамикиизменениятемпературыимощностимеханическихпотерьприразогревеРЧВдинамикиизменениясилысопротивлениянарейкеТНВД





 ВрезультатепроведенногоисследованияэлементовмеханикогидравлическойподсистемыРЧВпредложеныметодыэкспериментальнойоценкиследующихмалоизученныхфактороввлияющихнастатическиеидинамическиесвойстварегулятора

 архимедовойсоставляющейцентростремительнойсилывцентробежномизмерителечастотывращенияпоизменениючастотывращениявалаэлектрическогодвигателяЭМСпослезаливкимаславизмеритель

 гидродинамическойсилывгидравлическойсистемеизодрома

 коэффициентаконвективнойтеплоотдачимеханикогидравлическойсистемыРЧВ

 динамическойсилысопротивлениявприводеотРЧВкТНВД

 ПроведеномоделированиединамикипереходныхпроцессовэлементовСАРЧВиЭПХРЧВпозволившеезаключитьчтодинамикапереходныхпроцессовэлементовСАРЧВудовлетворительноописываетсяпредложеннымиММвформелинейныхдифференциальныхуравненийотдопорядкатепловыхпроцессоввРЧВпервогопорядка

 РазработанаметодикавыбораиилизаменыРЖмаселРЧВнепрямогодействиявзависимостиоттемпературныхусловийокружающейсредыпараметроввязкостнотемпературнойхарактеристикирабочейжидкостимаслаиконструктивныхпараметровмеханикогидравлическойподсистемыРЧВ

 Сучетомполученныхэкспериментальныхитеоретическихрезультатовпроизведенанализконструкцийисследованныхрегуляторовскоростивследствиекоторогопредложеныотвечающиевыработаннымтребованиямспособыусовершенствованияконструкциирегулятороввтомчислесхемырегуляторовзащищенныеавторскимисвидетельствами

РезультатыпроведенногоисследованияииспользованияразработаннойметодикианализаисинтезаэлементовмеханикогидравлическихрегуляторовчастотывращенияихЭПХвнедренывработуОООПроектнопроизводственноепредприятиеДизельавтоматикаСаратовскийдизельныйзаводВнедрениерезультатовпозволяетсократитьзатратывременииматериальныхсредствнаразработкумеханикогидравлическихрегуляторовсоптимальнымизначениямиконструктивныхэнергетическихпараметровихарактеристикГодовойэкономическийэффектотвнедрениярезультатовисследованиясоставляеттысруб