

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК ТЕПЛОВОЗОВ

Шапран Е.Н.

Восточноукраинский национальный университет

eshap@snu.edu.ua

In the article there are results of analysis the possibility of the construction microprocessor regulator of the main electric drive which to improve tractive-energetic characteristics of locomotives.

Опыт эксплуатации на тепловозах типа 2ТЭ116 форсированных дизелей с газотурбинным наддувом выявил ряд существенных недостатков, которые проявлялись в их низкой надежности, нестабильности характеристик, повышенной дымности выхлопа и плохой приемистости. Впоследствии стало ясно, что многие эти недостатки проявлялись не только из-за недостаточной конструктивной и технологической проработкой основных лимитирующих узлов и агрегатов, но и в значительной степени зависели от качества работы системы автоматического регулирования дизель-генератора (ДГ) тепловоза.

Проблемы совершенствования систем автоматического регулирования (САР) начали изучаться практически одновременно с проблемами доводки форсированных дизель-генераторных установок тепловозов. Одним из первых был создан объединенный регулятор, в котором задание мощностного режима осуществлялось пропорционально частоте вращения вала дизеля. По такому принципу работали регуляторы типа 2-7РС. В 70 годы широкое распространение получили регуляторы с корректором подачи топлива и нагрузки в зависимости от давления наддува (4-7РС-2, фирмы «Вудвард» и др.) [1]. Однако, эти регуляторы существенно не снизили дымность выхлопа и тепловые перегрузки дизеля. Они не обладали требуемой стабильностью характеристик, были сложны в эксплуатации, требовали частой настройки. Опыт эксплуатации таких САР показал, что их дальнейшее совершенствование невозможно без внедрения микропроцессорных систем регулирования (МСП).

В ряде исследований было показано, что существенное улучшение этих показателей, а тем более оптимизация работы ДГ тепловозов при выполнении поездных операций, невозможна при использовании гидромеханических систем регулирования. Поэтому основные усилия разработчиков были направлены на создание гибридных электромеханических систем управления, в которых вся текущая информация о работе силовой установки считывалась специальными датчиками, обрабатывалась и анализировалась аналоговыми или цифровыми системами управления и регулирования. Наиболее известной системой такого типа является микропроцессорная система регулирования и защиты тепловозных дизелей, разработанная в СКБ регуляторов Коломенского тепловозостроительного завода под руководством Б.П. Колосова [2,3].

Вместе с тем подобные гибридные системы регулирования не позволяли в максимальной степени использовать преимущества электронных способов управления и решить наиболее перспективные задачи, которые в настоящее время выходят на первый план, а именно:

- бесступенчатое регулирование частоты вращения коленчатого вала дизеля;
- поддержание на постоянном уровне заданной скорости движения поезда путем управления тяговой электропередачей (ЭП) и мощностью дизеля;
- минимизация эксплуатационного расхода топлива при заданной производительности поездных операций;
- улучшение экологических параметров ДГ тепловозов;
- реализация принципа адаптивности системы регулирования ДГ и ЭП по отношению к внешним условиям;
- повышение тягово-сцепных свойств ЭП тепловозов.

Настоящая статья посвящена созданию электронной системы регулирования силовой установкой тепловоза с электропередачей, которая в наибольшей степени позволяет реализовать поставленные требования.

Структурная схема такой САР показана на рис. 1. В ее состав входит микропроцессорная система регулирования (1), электрогидравлическое исполнительное устройство (23) для привода рейки топливного насоса высокого давления и датчик ее положения (3), датчик скорости движения транспортного средства (1), датчик буксования (9), датчики тока (13) и напряжения тягового генератора (14), датчик частоты вращения ротора турбокомпрессора (15), датчик частоты вращения вала дизеля (16), датчики давления масла (17), температуры масла (18), температуры охлаждающей жидкости (19), давления охлаждающей жидкости (20) и температуры наддувочного воздуха (21) дизеля, датчик барометрического давления (22) и пульт управления машиниста (2).

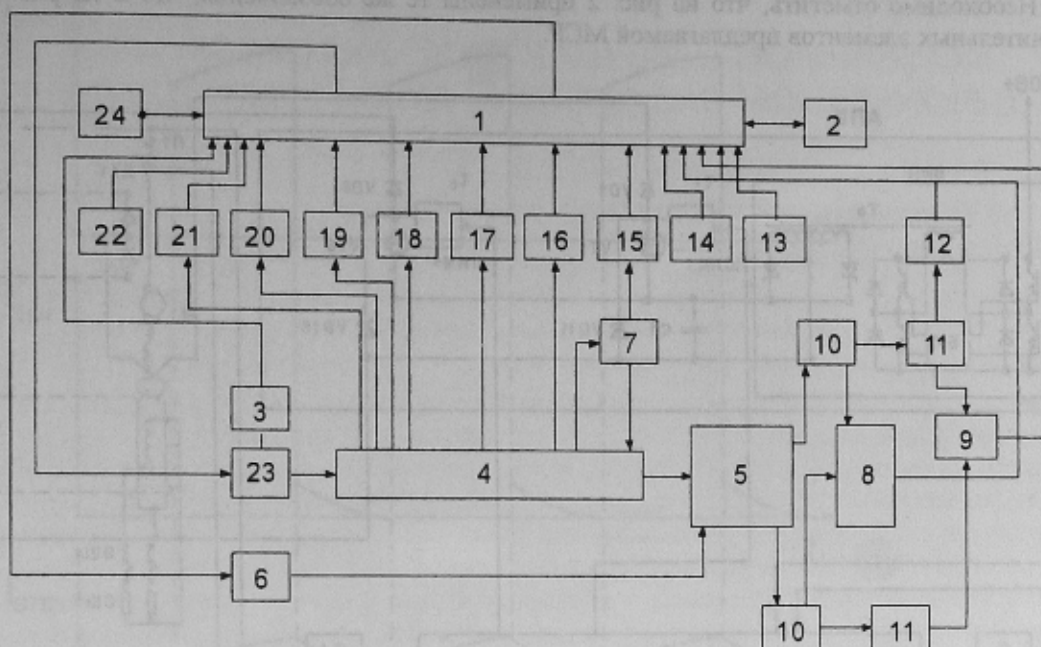


Рисунок 1 — Структурная схема САР дизель-генератора тепловоза.

Эта система представляет собой цифровой микроконтроллер, который объединяет в себя два регулятора – частоты вращения вала дизеля и мощности тягового генератора. Каждый из них через соответствующие выходные усилители связан с исполнительным устройством (23) и источником питания возбуждения тягового генератора (6).

САР работает следующим образом: при пуске дизеля, после его раскрутки до 30 об/мин, МСР подает команду на выдвижение реек топливных насосов в положение, соответствующее пусковой подаче. В этом положении они остаются до тех пор, пока частота вращения коленчатого вала не достигает 200 об/мин. Затем САР с заданным темпом выводит дизель на минимальную частоту вращения холостого хода. На этом режиме информация о частоте вращения коленчатого вала сравнивается с установкой, заданной с пульта управления машиниста. При наличии рассогласования МСР подает управляющий сигнал на исполнительное устройство (23), которое изменяет подачу топлива.

Дальнейшая работа МСР предусматривает три режима – основной, вспомогательный и аварийный. При движении двухсекционного тепловоза в режиме тяги в работе системы управления силовой установкой предусмотрены два этапа. На первых трех позициях контроллера машиниста системы регулирования обеих секций работают автономно и управляются с одного поста. С четвертой позиции контроллера САР переходит в режим поддержания постоянства заданной скорости движения поезда с неравномерной загрузкой по секциям. При этом ведомая секция находится на уровне минимальной мощности, необходимой для обеспечения собственных нужд. Вторая секция тепловоза подключается к режиму тяги при недостатке мощности на поддержание заданной скорости движения. При переходе МСР на вспомогательный режим работы реализуется обычный режим поддержания постоянства заданной частоты вращения коленчатого вала дизеля и нагрузки тягового генератора в функции оборотов. Возможна также работа МСР в аварийном режиме, когда поддерживается только частота вращения коленчатого вала дизеля в функции положения контроллера машиниста.

Такой способ функционирования силовой установки тепловоза позволяет оптимизировать ее работу, добиться существенной экономии топлива и улучшения динамических параметров регулирования ДГ тепловозов.

В последнее время специалистами ВНИТИ совместно с АО ХК «Коломенский завод» и ВНИИЖТ (г.Москва) в дополнение к описанной выше САР разработана микропроцессорная система управления электропередачей с поосным регулированием тяговых электродвигателей. Модернизация электрической передачи тепловоза заключалась в замене групповой неуправляемой выпрямительной установки (5) на многоканальный управляемый выпрямительный модуль, особенностью которого является индивидуальный подвод регулируемого напряжения к каждому тяговому двигателю.

Установка большого количества дополнительного оборудования несколько снизила надежность электропередачи, что может сдерживать ее применение при модернизации существующих тепловозов типа М62, ТЭ10М, 2ТЭ116. Поэтому предлагается применить более простую адаптивную МСР с поосным регулированием тяговых электродвигателей, учитывающую условия сцепления каждой колесной пары с рельсом. (см. рис. 2).

Необходимо отметить, что на рис. 2 применены те же обозначения, что и на рис. 1., за исключением дополнительных элементов предлагаемой МСР.

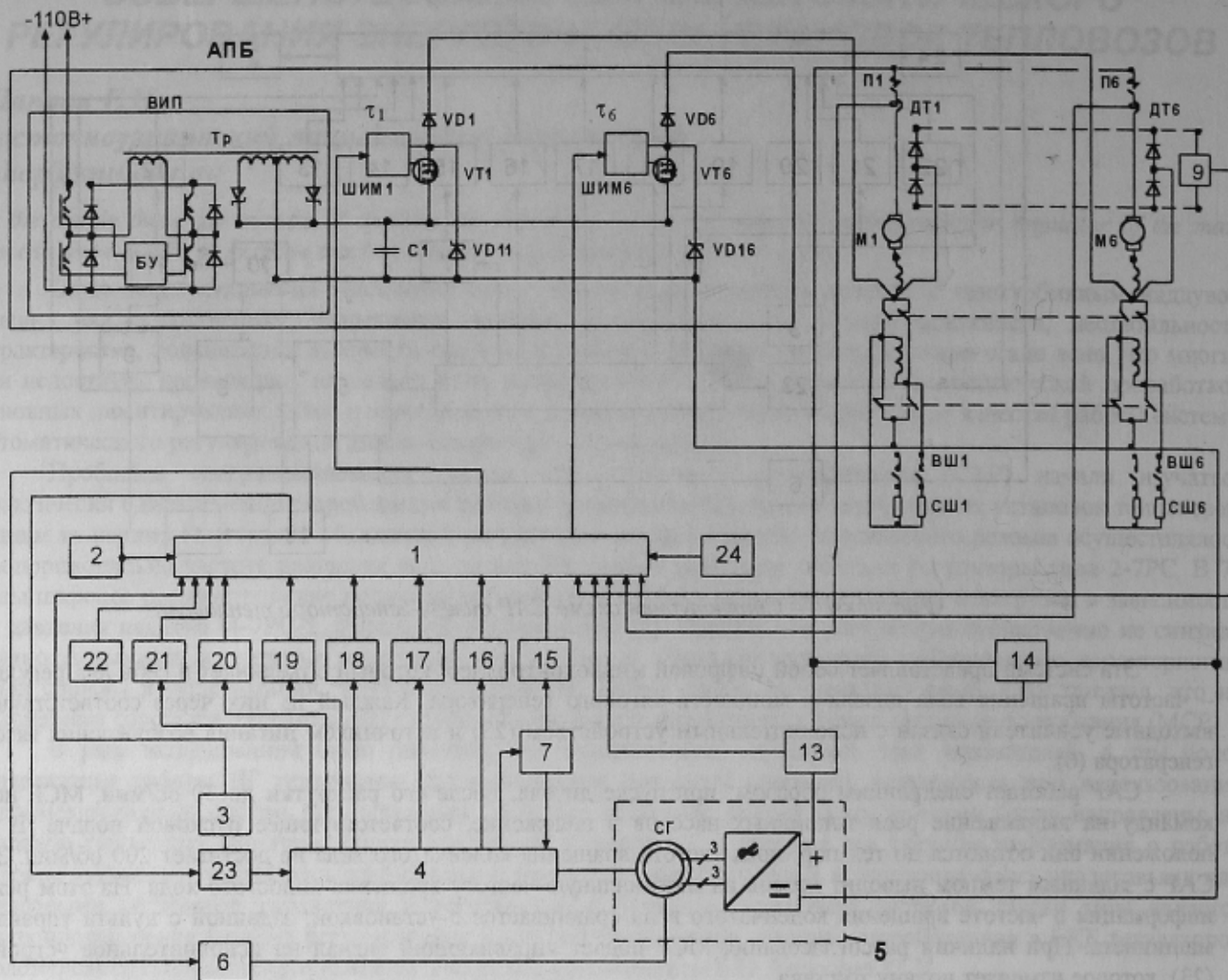


Рисунок 2 — Функциональная схема адаптивной микропроцессорной системы с поосным регулированием тяговых двигателей.

Работа этой микропроцессорной системы регулирования отличается от описанной выше (см. рис.1) только в режиме боксования колесных пар. При этом свободная мощность дизеля 4 распределяется между тяговыми двигателями М1-М6 с помощью адаптивного противобоксовочного блока (АПБ) так, чтобы исключить избыточное скольжение. Достигается это за счет жестких динамических характеристик по току или частоте вращения колесной пары с небольшим скольжением. При этом все технологические отклонения параметров колесно-моторных блоков автоматически учитываются в микропроцессоре 1. В основном это разброс магнитных характеристик тяговых электродвигателей и разность диаметров бандажей колесных пар. Эти параметры измеряются, вычисляются, запоминаются и обновляются каждый раз при движении тепловоза с гарантированной малой нагрузкой, исключая скольжение.

С учетом вышеизложенного при отсутствии боксования ключи VT1-VT6 адаптивной системы полностью закрыты. При обнаружении избыточного скольжения через обмотку возбуждения соответствующего тягового электродвигателя пропускается дополнительный ток от источника ВИП и конденсатора С1 через транзисторные ключи VT1-VT6, которые управляются широтно-импульсными модуляторами ШИМ1-ШИМ6.

Из структурной схемы (рис. 2.) видно, что при включении транзисторного ключа, например VT1, через обмотку возбуждения тягового двигателя М1 протекает корректирующий ток I_{VT1} от источника питания ВИП и конденсатора С1.

Диаграмма токов в цепи обмотки возбуждения тягового двигателя боксующей колесной пары приведена на рис. 3.

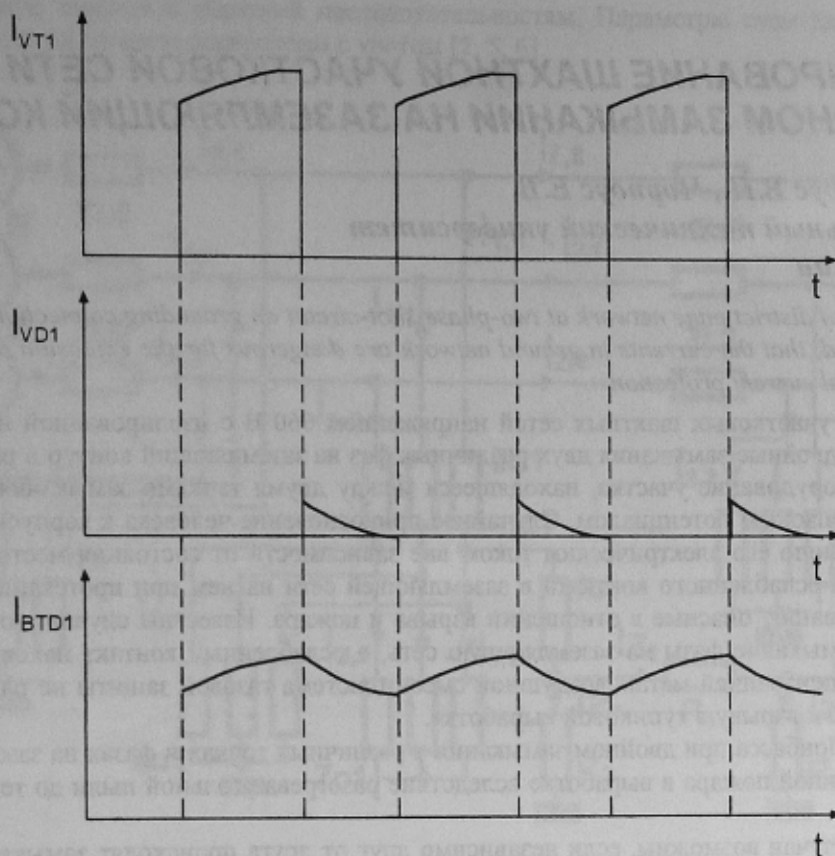


Рисунок 3 — Временная диаграмма токов в цепи обмотки тягового возбуждения двигателя М1 боксующей колесной пары.

При отключении транзисторного ключа VT1 часть тока возбуждения замыкается через диод VD1 на «минусовую» шину источника питания ВИП. Нарастание и убывание тока возбуждения тягового двигателя происходит по экспоненте. Длительность импульса τ_1 , вырабатываемого широтно-импульсным модулятором ШИМ-1, определяется расчетным путем от микропроцессорного модуля 1 и зависит как от измеренных параметров развивающегося процесса боксования, так и от требуемых динамических характеристик противобоксовочной системы.

Необходимо отметить, что в качестве коммутирующих диодов применены диоды Шотки, имеющие минимальные прямые падения напряжения. Установлены они для того, чтобы исключить выход из строя транзисторных ключей VT1-VT6 в случае обрыва цепей обмоток возбуждения тяговых двигателей.

Применение предложенной адаптивной микропроцессорной системы с поосным регулированием тяговых двигателей позволяет за счет незначительных изменений в существующих электрических схемах тепловозов обеспечить их модернизацию и добиться существенного улучшения тягово-энергетических характеристик.

ЛИТЕРАТУРА

1. Филонов С.П. Тепловоз 2ТЭ116. - М.: Транспорт, 1977. - 320 с.
2. Коссов В.С., Нестеров Э.И. Модернизация тепловозов типа М62 // Тяжелое машиностроение. - 1997. - №7. - С. 3 - 7.
3. Коссов Е.Е., Сухопаров С.И. Оптимизация режимов работы тепловозных дизель-генераторов. - М.: ИНТЕКС, 1999. - 250 с.