

Министерство путей сообщения СССР
Днепропетровский Ордена Трудового Красного Знамени
институт инженеров железнодорожного транспорта
имени М. И. Калинина

На правах рукописи

АНДРЕЙЧЕНКО Владимир Павлович

УДК 629.421.067.4

54302
**УЛУЧШЕНИЕ ТЯГОВЫХ СВОЙСТВ ТЕПЛОВОЗОВ
С ПЕРЕДАЧЕЙ МОЩНОСТИ
ПЕРЕМЕННО-ПОСТОЯННОГО ТОКА**

(05.22.07. — Подвижной состав железных дорог и тяга поездов)

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Днепропетровск — 1990

НТБ
ДНУЖТ

Работа выполнена в Харьковском институте инженеров железнодорожного транспорта имени С. М. Кирова (ХИИТ).

Научный руководитель — кандидат технических наук,
доцент Тарасов Анатолий
Михайлович

Научный консультант — кандидат технических наук,
доцент Гайдуков Валерий
Евгеньевич

Официальные оппоненты — доктор технических наук,
профессор Голубенко Алек-
сандр Леонидович
кандидат технических наук,
доцент Красильников Влади-
мир Никитович

Ведущее предприятие — Донецкая железная дорога

Защита диссертации состоится „21“ июня 1990 г.
в 13 часов на заседании специализированного совета
К 114.07.01. в Днепропетровском ордена Трудового Крас-
ного Знамени институте инженеров железнодорожного
транспорта имени М. И. Калинина по адресу: 320700, ГСП,
г. Днепропетровск, ул. Академика В. А. Лазаряна, 2.

блиотеке

1990 г.

еренный
иванного

НТБ
ДНУЖТ

РОВИЧ

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Решениями XXIV съезда КПСС предусматривается "обновить и пополнить парк локомотивов путем оснащения его более надежными, экономичными и мощными локомотивами новых серий". Это позволит повысить производительность труда на железнодорожном транспорте и увеличить объем перевозок на 8 - 10%.

Эксплуатация локомотивов с секционной мощностью 2200 кВт показала их склонность к боксованию, которое наблюдается не только при трогании, но и при высоких скоростях движения. Боксование сопровождается повышенным износом бандажей колесных пар и рельсов, снижением силы тяги локомотива, наблюдаются выходы из строя тяговых электродвигателей. Для борьбы с этими отрицательными явлениями локомотивы должны оборудоваться эффективными противобоксовочными устройствами.

В последние годы проблеме борьбы с боксованием в СССР и за рубежом уделяется большое внимание. Научно-исследовательскими организациями проведены большие работы по совершенствованию противобоксовочных устройств на тепловозах 2ТЭ10, 2ТЭ11Б и 2ТЭ121. На этих локомотивах применяются системы формирования динамических жестких характеристик тягового генератора, уравнивательные соединения, противобоксовочные устройства релейного типа повышенной чувствительности.

Перечисленные технические решения не соответствуют необходимым требованиям; так они не в состоянии обеспечить своевременное обнаружение и прекращение боксования в широком диапазоне скоростей движения, не позволяют осуществлять воздействие в функции сил сцепления колеса с рельсом и количества боксующих колесных пар.

Большие возможности для создания эффективных противобоксовочных устройств открываются при индивидуальном регулировании тяговых электродвигателей, позволяющем изменять жесткость тяговых характеристик двигателей в режиме боксования, а также позволяет осуществлять адаптивное противобоксовочное воздействие в зависимости от условий сцепления в зоне контакта колеса с рельсом.

Таким образом, создание противобоксовочных устройств для

Днепропетровский
институт инженеров

5430a

магистральных тепловозов, отвечающих предъявляемым к ним требованиям, является актуальной проблемой, в особенности применительно к тепловозам с секционной мощностью 2200 кВт и выше.

Цель работы заключается в улучшении тяговых свойств тепловозов с передачей мощности переменного-постоянного тока путем применения противобоксовочного устройства непрерывного действия.

В соответствии с этим сформулированы и решены следующие задачи:

- разработаны требования к противобоксовочным устройствам, выполнение которых позволит реализовать максимальную силу тяги по условиям сцепления колеса с рельсом;
- для тепловозов с передачей мощности переменного-постоянного тока предложено противобоксовочное устройство адаптивного действия с использованием трансформаторов тока в качестве источника подпитки обмоток возбуждения тяговых электродвигателей;
- разработаны методики расчета чувствительности, быстродействия, параметров трансформатора тока и влияния источника подпитки на характеристики тяговых электродвигателей;
- выполнены экспериментальные исследования по проверке предложенных методик;
- проведены стендовые испытания и доказана эффективность применения трансформатора тока в качестве источника подпитки обмоток возбуждения;
- проверено в эксплуатации на тепловозе типа 2ТЭ116 предложенное противобоксовочное устройство с использованием в качестве источника подпитки обмоток возбуждения тяговых электродвигателей трансформаторов тока.

Научная новизна:

- доказана эффективность предложенного противобоксовочного устройства;
- сформулированы требования к противобоксовочным устройствам, выполнение которых позволит локомотивам реализовать максимальную силу тяги по условиям сцепления колеса с рельсом;
- разработаны методики расчета параметров и характеристик трансформатора тока, чувствительности и быстродействия проти-

вобоксовочного устройства;

- определено влияние источника подпитки на характеристики тяговых электродвигателей и токораспределение в силовой цепи тепловоза.

Практическая ценность. Разработано противобоксовочное устройство адаптивного действия применительно к магистральным тепловозам с передачей переменного-постоянного тока с секционной мощностью 2200 кВт.

Предложенная инженерная методика расчета изменения жесткости рабочих характеристик тяговых электродвигателей при боксовании колесных пар в зависимости от параметров трансформатора тока.

Реализация работы. Разработанные рекомендации и методика расчета характеристик трансформатора тока использованы при изготовлении экспериментальной установки и опытного образца противобоксовочного устройства, установленного на тепловозе 2ТЭ116 № 712 в локомотивном депо Волноваха Донецкой железной дороги.

Теоретические исследования и экспериментальная установка использовались в учебном процессе при подготовке инженеров по специальности № 1709 при изучении электрооборудования локомотивов.

Апробация работы. Основные положения диссертации доложены, обсуждены и одобрены:

- на заседании координационного Совета межвузовской научно-технической программы "Разработать и внедрить высокоэффективные системы и узлы для перспективных тепловозов на 1987 - 1990 г." (г. Ворошиловград, 1989 г.);

- на заседании секции "Подвижной состав" научно-технического совета Ростовского-на-Дону Ордена Трудового Красного Знамени института инженеров железнодорожного транспорта (г. Ростов-на-Дону, 1989 г.);

- на научно-техническом совете МПС (г. Москва, 1989 г.);

- на научно-технических конференциях Харьковского института инженеров железнодорожного транспорта (г. Харьков, 1987 - 1989 гг.);

- на научном семинаре кафедры "Локомотивы" Днепропетровского института инженеров железнодорожного транспорта имени

М.И. Калинина (г. Днепропетровск, 1990 г.).

Публикации. Основное содержание работы изложено в девяти печатных работах. Новизна и оригинальность технических решений подтверждены заявкой на изобретение, по которой получено положительное решение.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, списка литературы, приложений на 26 стр. и содержит 129 страниц машинописного текста, 43 рисунка, 3 фотографии, 9 таблиц.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы, показано значение работ по созданию противобоксочных устройств, приведены общие направления в области повышения тяговых свойств тепловозов, указана цель диссертационной работы.

Отмечено, что проблемам повышения силы и борьбе с боксованием колесных пар локомотивов посвящены исследования Д.К. Минова, И.П. Исаева, В.В. Стрекопытова, Е.Я. Гаккель, А.Д. Степанова, В.Д. Кузьмича, А.Т. Головатого, А.Л. Голубенко, М.Р. Бирского, Н.Н. Меншутина.

Глубокие теоретические и экспериментальные исследования по разработке противобоксочных устройств на магистральных тепловозах содержатся в работах Л.К. Филиппова, Г.А. Михневича, В.Е. Гайдукова, Е.Г. Бовэ, В.С. Росланаса, Д.М. Перегудова, В.Л. Сергеева, Л.В. Петровича, В.Н. Лисунова и др.

В первой главе дается анализ литературных и патентных источников по различным типам противобоксочных устройств и отдельным их компонентам. Составлена структурная схема противобоксочного устройства, в которой локомотив и контактная поверхность рассматриваются в качестве объекта автоматизации.

Первичная информация о скорости движения локомотива и частотах вращения колесных пар формируется соответствующими датчиками. Обработка первичной информации заключается в непрерывном или дискретном сопоставлении частот вращения колесных пар с эталоном и формировании сигнала управления, обеспечивающего количественным показателем максимум использования сил сцепления. Взаимодействие, действие

тив или контактную поверхность рельс, обеспечивает выравнивание коэффициентов сцепления всех колесных пар и повышение его значения в необходимых случаях.

Проанализированы различные типы датчиков частоты вращения колесных пар локомотивов, методы обработки первичной информации и виды противобоксовочного воздействия.

Показано, что перспективным направлением усовершенствования противобоксовочных схем является создание устройств, позволяющих производить индивидуальное регулирование тяговых электродвигателей путем изменения жесткости тяговых характеристик колесно-моторных блоков. Такое регулирование целесообразно выполнить за счет подпитки обмоток возбуждения тяговых электродвигателей от дополнительного источника.

На основании анализа устройств и их отдельных элементов предложено противобоксовочное устройство для применения на тепловозах с передачей мощности переменного-постоянного тока. Принципиальная электрическая схема устройства представлена на рис. 1.

В качестве источника подпитки обмоток возбуждения тяговых электродвигателей использован трансформатор тока, у которого между параметрами первичной и вторичной обмоток существует следующая функциональная связь

$$\bar{I}_1 = \frac{W_2}{W_1} \cdot \bar{I}_2 + \bar{I}_0 = n \bar{I}_2 + \bar{I}_0, \quad (1)$$

где \bar{I}_1, \bar{I}_2 - токи первичной и вторичной обмоток трансформатора тока;

\bar{I}_0 - намагничивающий ток;

n - коэффициент трансформации.

Согласно векторной диаграмме трансформатора тока намагничивающий ток можно определить через ток первичной обмотки использованием выражения

$$\bar{I}_0 = \bar{I}_1 \frac{\cos \theta}{\cos(\psi + \alpha)}. \quad (2)$$

где θ - угол между первичным и повернутым на 180° вторичным током;

ψ - угол потерь;

α - угол сдвига фаз между вторичным током и вторичной ЭДС.

Ток вторичной обмотки

$$\bar{I}_2 = \bar{I}_1 \cdot \frac{1 - \frac{\cos \delta}{\cos(\psi + \delta)}}{n} = \bar{I}_1 \cdot K_t, \quad (3)$$

где $K_t = \frac{1 - \frac{\cos \delta}{\cos(\psi + \delta)}}{n}$ — коэффициент, зависящий от расположения векторов намагничивающих сил и коэффициента трансформации трансформатора;

Функциональную связь между током первичной цепи и выходным напряжением трансформатора тока можно найти умножив выражение 3 на сопротивление цепи нагрузки

$$\bar{I}_2 \cdot R_{\text{цн}} = K_t \cdot \bar{I}_1 \cdot R_{\text{цн}}, \quad (4)$$

Пренебрегая активным сопротивлением вторичной обмотки трансформатора тока, можно записать следующее равенство

$$U_2 = K \cdot \bar{I}_1 \quad (5)$$

где $K = K_t \cdot R_{\text{цн}}$ — коэффициент пропорциональности.

Как следует из выражения 5, выходное напряжение трансформатора тока пропорционально току его первичной обмотки. Это позволяет использовать трансформатор тока совместно с выпрямителем для подпитки обмоток возбуждения тяговых электродвигателей тепловозов с электропередачей переменного-постоянного тока.

Принцип работы устройства, представленного на рис. 1, заключается в следующем.

При движении локомотива без боксования на выходе выпрямителя трансформатора тока имеется напряжение, превышающее на 5–10% падение напряжения на обмотках возбуждения тяговых электродвигателей. За счет этого по разделительным диодам протекает ток, величина которого зависит от степени согласования внешней характеристики трансформатора тока с падением напряжения на обмотках возбуждения и токораспределения в силовой цепи локомотива. Разделительные диоды выполняют функцию узла выбора минимального сигнала и ликвидируют уравнительные токи между тяговыми электродвигателями из-за отличия их характеристик. Подпитка обмоток возбуждения при движении локомотива без боксования приводит к незначительному повышению жесткости рабочих характеристик тяговых электродвигателей и позволяет получить оптимальное взаимодействие пост. боксования

При боксовании какой-либо колесной пары происходит уменьшение тока якоря двигателя, соединенного с этой колесной парой. Однако напряжение на обмотке возбуждения изменится незначительно за счет подпитки ее от выпрямителя трансформатора тока. Ток подпитки обмотки возбуждения тягового электродвигателя, соединенного с боксующей колесной парой, зависит от жесткости внешней характеристики трансформатора тока и количества боксующих колесных пар.

Источник подпитки оказывает стабилизирующее действие на магнитный поток тягового электродвигателя, соединенного с боксующей колесной парой, и боксование колесной пары происходит при незначительных скоростях избыточного скольжения.

В заключении главы сформулированы цель и задачи диссертационной работы.

Во второй главе приведены статистические данные о боксованиях колесных пар локомотивов при различных режимах работы и профилях пути, обоснованы требования к противобоксовочным устройствам.

Анализ боксований осуществлялся по скоростемерным лентам головной секции тепловозов и электровозов, выполняющих грузовые и пассажирские перевозки.

Получены зависимости процентных значений боксований от их длительности и скорости движения локомотивов, определены среднестатистические данные продолжительности боксований и скоростей избыточных скольжений.

Средняя продолжительность боксования для электровозов составила 12,7 с, для тепловозов — 29,8 с, средняя скорость избыточного скольжения 17,1 км/ч и 26,4 км/ч, соответственно.

Характерной особенностью боксования колесных пар локомотивов является его возникновение не только в зоне ограничения тяговых характеристик по сцеплению, а практически во всем диапазоне скоростей движения, где используется максимальная мощность силовых установок.

Отсутствие запаса по сцеплению колесных пар тепловозов во всем скоростном диапазоне выдвигает принципиально новые требования к противобоксовочным устройствам. Они не должны снижать мощность локомотива при боксовании, а воздействовать непосредственно на боксующий тяговый электродвигатель с учетом скорос-

ти избыточного скольжения. Первоочередной задачей противобоксовочного устройства является приведение силы тяги каждой колесной пары в соответствие с силой сцепления ее с рельсом и одновременной стабилизацией мощности дизель-генераторной установки локомотива.

Обеспечить работу колесной пары на пределе по сцеплению целесообразно за счет индивидуального регулирования вращающих моментов колесно-моторных блоков, таким образом, чтобы в любой момент времени обеспечивалось равенство сил сцепления и тяги.

Для получения максимальной силы тяги по условиям сцепления колеса с рельсом необходимо, чтобы чувствительность противобоксовочного устройства не превышала 5% от скорости движения локомотива, быстродействие составляло 0,026 – 0,25 с и противобоксовочное воздействие обеспечивало жесткость тяговой характеристики колесно-моторного блока не ниже 0,27 1/%.

Такая чувствительность позволяет исключить из рассмотрения и последующей технической реализации влияния скорости движения локомотива на изменение крутизны падающей ветви характеристики сцепления, проявляющееся при скоростях избыточного скольжения свыше 5% от скорости движения локомотива. В этом диапазоне скоростей избыточного скольжения минимальной является гистерезисность характеристики сцепления при прекращении боксования.

Величина быстродействия находилась при различных значениях коэффициента сцепления и номинальной мощности тягового электродвигателя путем сопоставления кривых изменения скоростей избыточного скольжения и характеристики заданной чувствительности. Жесткость тяговой характеристики колесно-моторного блока определялась как отношение разности сил сцепления на чистых и загрязненных рельсах, в относительных единицах, к заданной скорости избыточного скольжения колесной пары.

В третьей главе представлены методики расчета основных параметров и характеристик трансформатора тока, определены его особенности при работе в качестве источника подпитки обмоток возбуждения тяговых электродвигателей.

Базовое сечение стержня трансформатора определено с учетом

$$Q = C \sqrt{\frac{P \cdot \Delta \cdot 10^2}{f \cdot B_c \cdot \Delta}} \quad (6)$$

- где Q - поперечное сечение стержня трансформатора;
 C - постоичный коэффициент, учитывающий количество фаз трансформатора и тип обмотки;
 $\lambda = \frac{G_e}{G_m}$ - коэффициент, учитывающий соотношение активных материалов;
 f - частота питающего напряжения;
 B_c - магнитная индукция в стержне трансформатора;
 Δ - плотность тока в обмотках трансформатора;
 P - мощность одной фазы трансформатора тока.

Число витков вторичной обмотки

$$W_2 = \frac{U_{об} + U_d + U_p + U_z}{4,44 \cdot f \cdot B_c \cdot Q \cdot K} \quad (7)$$

- где $U_{об}$ - падение напряжения на обмотке возбуждения тягового электродвигателя при номинальном режиме;
 U_p, U_z - падение напряжения на индуктивном и активном сопротивлениях вторичной обмотки трансформатора тока;
 U_d - падение напряжения на разделительных и выпрямительных диодах;
 K - коэффициент, учитывающий число фаз трансформатора и схему соединения обмоток.

Средняя длина магнитной линии в сердечнике трансформатора

$$l_{cp} = \frac{W_1 \cdot I_{1max}}{H_1} \quad (8)$$

- где W_1 - число витков первичной обмотки трансформатора тока;
 I_{1max} - максимальный ток первичной обмотки трансформатора тока;
 H_1 - напряженность магнитного поля в сердечнике при индукции, соответствующей насыщению материала сердечника.

При расчете характеристик трансформатора тока была использована методика расчета, разработанная Бачуриным Н.И. для измерительных трансформаторов.

Отличие методики заключается в том, что при расчете изме-

рительных трансформаторов ток и величина нагрузки являются известными. Применительно к трансформатору тока, используемого в противобоксовочном устройстве, названные параметры неизвестны и зависят от режима работы тепловоза.

Расчет характеристик производился методом последовательных приближений при заданных величинах сопротивления нагрузки, средней длины и поперечного сечения сердечника.

По заданному току во вторичной обмотке трансформатора рассчитывалась величина падения напряжения на нагрузке

$$E_2 = I_2 \cdot Z_2, \quad (9)$$

где Z_2 — полное сопротивление вторичной цепи.

Величина расчетной индукции в сердечнике находилась из выражения

$$B' = \frac{E_2}{4,44 \cdot W_2 \cdot Q_{ст} \cdot f}, \quad (10)$$

где E_2 — величина ЭДС вторичной цепи.

В зависимости от величины расчетной индукции определялся угол потерь.

При известных величинах токов трансформатора и углу потерь вычислялся намагничивающий ток в сердечнике.

$$\sin \alpha = \frac{I_2 W_2}{I_1 W_1} \cdot \sin \beta, \quad (11)$$

$$\beta = \psi + 90^\circ, \quad (12)$$

$$\delta = 180^\circ - (\beta + \alpha), \quad (13)$$

$$I_0 = \frac{\sin \delta}{\sin \beta} \cdot I_1 \cdot W_1, \quad (14)$$

где α — угол между вторичным током и вторичной ЭДС;
 ψ — угол потерь;
 β — угол между вторичной ЭДС и намагничивающим током;
 δ — угол между первичной и вторичной намагничивающими силами.

Их значение намагничивающей токи определялось

расчет напряженности магнитного поля

$$H = \frac{W_1 \cdot I_0}{l_{cp}}, \quad (15)$$

В зависимости от величины напряженности магнитного поля по кривой намагничивания для данного типа электротехнической стали находилась действительная магнитная индукция в сердечнике. Точка пересечения зависимости: $B = f(I_2)$ и $B' = f(I_2)$ позволяет определить величину тока во вторичной обмотке трансформатора для заданного сопротивления нагрузки.

В соответствии с предложенной методикой составлена программа расчета характеристик трансформатора тока, применительно к электронной вычислительной машине "Искра-226".

Четвертая глава посвящена расчетным исследованиям параметров противобоксовочных устройств.

По предложенным методикам произведен расчет чувствительности и быстродействия противобоксовочных устройств с использованием трансформаторов тока, уравнительных соединений и динамических жестких характеристик тягового генератора. Определено влияние источника подпитки на характеристики электродвигателей и токораспределение в силовой цепи тепловоза.

При расчете чувствительности использовались кривые изменения вращающего момента в зависимости от скорости избыточного скольжения для различных типов противобоксовочных устройств. Задаваясь условиями сцепления, находилась скорость избыточного скольжения, при которой момент сцепления равнялся моменту тягового электродвигателя.

На рис. 2 представлены характеристики чувствительности исследуемых противобоксовочных устройств.

Быстродействие противобоксовочных устройств определялось путем решения систем дифференциальных уравнений, описывающих переходной процесс в силовой цепи тепловоза при боксовании колесных пар. Полученные данные сравнивались с теоретически необходимым быстродействием, которое вычислялось при условии, что жесткость тяговой характеристики колесно-моторного блока обеспечивает скорость избыточного скольжения не выше 5% от скорости движения тепловоза при заданных условиях сцепления.

Переходной процесс в силовой цепи тепловоза при боксовании колесной пары и наличии источника подпитки обмоток возбуждения описывается системой дифференциальных уравнений

$$\left. \begin{aligned} -E_1 + C_E \omega_1 A_1 + I_1(R_8 + R_1 + R_2 + C_E \omega_1 K_1) + (L_8 + L_1 + L_2) \frac{dI_1}{dt} + \\ + I_3(R_3 + R_2 + C_E \omega_1 K_1) &= 0 \\ -E_1 + C_E \omega_0 A_1 + I_2(R_9 + R_6 + R_5 + C_E \omega_0 K_4/5) + (L_8 + L_6 + L_5) \frac{dI_2}{dt} + \\ + I_4(R_4 + R_5 + C_E \omega_0 K_4/5) &= 0 \\ A_2 + I_3(R_3 + R_2 + K_2) + I_1 \cdot R_2 + (L_7 + L_2) \frac{dI_3}{dt} + K_2 \cdot I_4 &= 0 \\ A_2 + I_4(R_4 + R_5 + K_2) + I_2 R_5 + (L_7 + L_5) \frac{dI_4}{dt} + K_2 \cdot I_3 &= 0 \\ \omega K_7 + A_7 - M_c - J \frac{d\omega}{dt} &= 0 \end{aligned} \right\} (16)$$

где $E_1; E_2; E_4$ - ЭДС тягового генератора и электродвигателей;

$L_1; L_6; L_2; L_5$ - индуктивности якорных цепей и обмоток возбуждения;

$R_3; R_4; R_8; R_9$ - сопротивления соединительных проводов;

$R_1; R_6; R_2; R_5$ - сопротивления якорных цепей и обмоток возбуждения ТЭД;

$A_1; A_2; A_7; K_1; K_2; K_7$ - коэффициенты аппроксимации характеристики намагничивания ТЭД, внешней характеристики источника подпитки и механической характеристики;

M_c - момент сопротивления движению.

Решение системы дифференциальных уравнений производилось методом Рунге-Куты при начальных условиях, соответствующих длительной силе тяги тепловоза.

Кривые изменения моментов двигателей в функции времени, характеризующие быстродействие противобоксовочных устройств, представлены на рис. 3.

В пятой главе приведены результаты стендовых и эксплуата-

ционных экспериментальных исследований.

Основные задачи исследований:

- проверка возможности и выявление особенностей применения трансформаторов тока в качестве источника подпитки обмоток возбуждения тяговых электродвигателей при боксовании колесных пар локомотива;
- корректировка рекомендаций и выводое по совершенствованию противобоксовочного устройства и выбору конструктивных параметров источника подпитки;
- определение влияния параметров противобоксовочного устройства на характеристики тяговых электродвигателей.

Для решения поставленных задач была разработана и изготовлена экспериментальная установка, позволяющая выполнить физическое моделирование силовой цепи тепловоза с передачей мощности переменного-постоянного тока.

В процессе исследований на экспериментальной установке процесс боксования двигателя имитировался снижением напряжения питания обмотки возбуждения нагрузочного генератора. При этом фиксировались токи и частота вращения испытуемого двигателя. Испытания проводились при постоянном напряжении синхронного генератора и подпитке обмоток возбуждения от трансформаторов тока.

По результатам эксперимента были построены характеристики двигателя при подпитке обмоток возбуждения от дополнительного источника и различных режимов работы. Сравнение этих характеристик с графиками, построенными по полученным аналитическим выражениям, показало хорошее совпадение теоретических и расчетных данных.

Эксплуатационная проверка противобоксовочного устройства, с использованием трансформаторов тока в качестве источника подпитки обмоток возбуждения тяговых электродвигателей, проведена на магистральном тепловозе 2ТЭ116 № 712 в локомотивном депо Волноваха Донецкой железной дороги. Результаты испытаний оформлены соответствующим актом.

Проведенные испытания подтвердили работоспособность выбранных технических решений, достоверность основных положений теоретических исследований и расчета параметров противобоксовочного устройства, источника подпитки обмоток возбуждения

тяговых электродвигателей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Боксование колесных пар — это объективное явление, присущее локомотивам, работающим с пассажирскими и грузовыми поездами. Основными причинами боксования являются: статическое, квазистатическое и динамическое перераспределение нагрузок по осям, увеличение секционных мощностей локомотивов при относительно стабильной нагрузке на ось; изменение в широком диапазоне коэффициента сцепления колеса с рельсом.

2. Анализ противобоксовочных схем серийных тепловозов и опыт их эксплуатации показали, что эти устройства малоэффективны из-за низкой чувствительности и несбалансированного воздействия.

3. Разработаны требования к противобоксовочным устройствам локомотивов, выполнение которых позволит максимально использовать силу тяги по условиям сцепления колеса с рельсом.

4. Перспективным направлением усовершенствования противобоксовочных устройств является индивидуальное регулирование тяговых электродвигателей, позволяющее изменять жесткость тяговой характеристики колесно-моторного блока.

5. Противобоксовочное воздействие целесообразно осуществлять путем подпитки обмоток возбуждения от независимого источника, так как в этом случае с минимальными затратами энергии удастся сохранить преимущества серийного двигателя в сочетании с жесткими характеристиками при боксовании.

6. В качестве источника подпитки обмоток возбуждения целесообразно использовать трансформатор тока, выходной сигнал которого пропорционален току силовой цепи.

7. Предложенная методика позволяет определить основные параметры и характеристики трансформатора тока. Отличие расчетных данных от экспериментальных не превышает 8%.

8. Доказано, что чувствительность предложенного устройства в два раза выше по сравнению с уравнительными соединениями и в 5-6 раз — по сравнению с ДЖХ.

9. Подпитка обмоток возбуждения от дополнительного источника позволяет получить минимальное быстродействие по сравнению с уравнительными соединениями и ДЖХ.

10. Проведенные стендовые и эксплуатационные испытания противобоксовочного устройства подтвердили работоспособность технических решений, достоверность основных положений теоретических исследований и расчета.

11. Экономический эффект от внедрения противобоксовочного устройства с использованием трансформаторов тока составил 1,572 тыс.руб. в год на один тепловоз эксплуатируемого парка.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Гайдуков В.Е., Андрейченко В.П. Противобоксовочное устройство для тепловозов с передачей переменного-постоянного тока/ ХИИТ.- Деп. в ЦНИИТЭИ МПС 30.09.88, № 4398.

2. Гайдуков В.Е., Андрейченко В.П. Выбор противобоксовочного воздействия устройств прекращения боксования/ ХИИТ.- Деп. в ЦНИИТЭИ МПС 25.11.88, № 4453.

3. Гайдуков В.Е., Андрейченко В.П., Краснянская С.Н. Критерии эффективности и структура построения противобоксовочных устройств/ ХИИТ.- Деп. в ЦНИИТЭИ МПС 30.09.88, № 4392.

4. Гайдуков В.Е., Андрейченко В.П. Влияние технологических и эксплуатационных допусков колесно-моторного блока на напряжение в эквипотенциальных точках/ ХИИТ.- Деп. в ЦНИИТЭИ МПС 25.11.88, № 4520.

5. Гайдуков В.Е., Андрейченко В.П. Методы повышения использования тяговых свойств локомотива при работе на пределе по сцеплению/ ХИИТ.- Деп. в ЦНИИТЭИ МПС 30.11.88, № 4554.

6. Гайдуков В.Е., Андрейченко В.П. Структура построения противобоксовочных устройств/ ХИИТ.- Деп. в ЦНИИТЭИ МПС 25.11.88, № 4454.

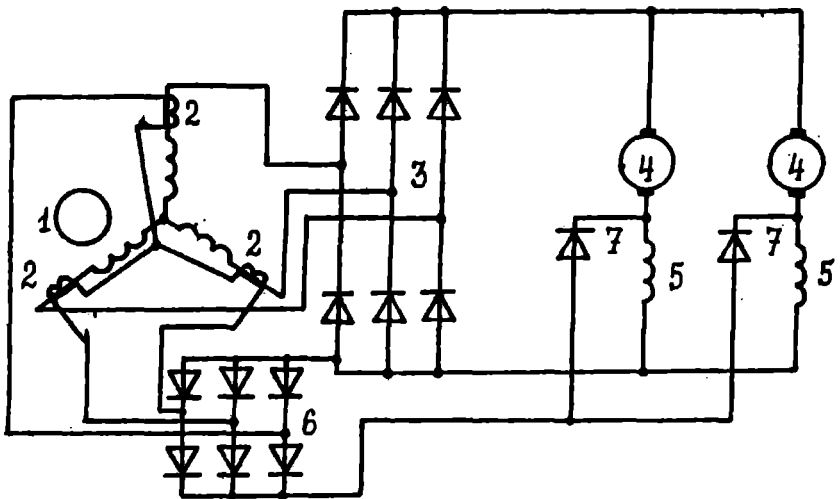
7. Гайдуков В.Е., Андрейченко В.П. Устройство для защиты от боксования колесных пар с передачей переменного-постоянного тока/ Положительное решение по заявке № 4668180/27-II от 29.03.89.

8. Гайдуков В.Е., Андрейченко В.П. К вопросу работы локомотива на пределе по сцеплению/ ХИИТ.- Деп. в ЦНИИТЭИ МПС 25.09.89, № 4817.

9. Гайдуков В.Е., Андрейченко В.П., Томин И.В. Выбор параметров источника подпитки обмоток возбуждения тяговых электродвигателей/ ХИИТ.- Деп. в ЦНИИТЭИ МПС 23.02.90, № 4963.

5430a

Противобоксовочное устройство с использованием трансформаторов тока



- 1 - синхронный генератор;
- 2 - силовой трансформатор тока;
- 3 - силовой выпрямитель;
- 4 - якорь обмотки ТЭД;
- 5 - обмотки возбуждения ТЭД;
- 6 - выпрямитель трансформатора тока;
- 7 - разблительные диоды

Характеристики чувствительности противобоксочных устройств

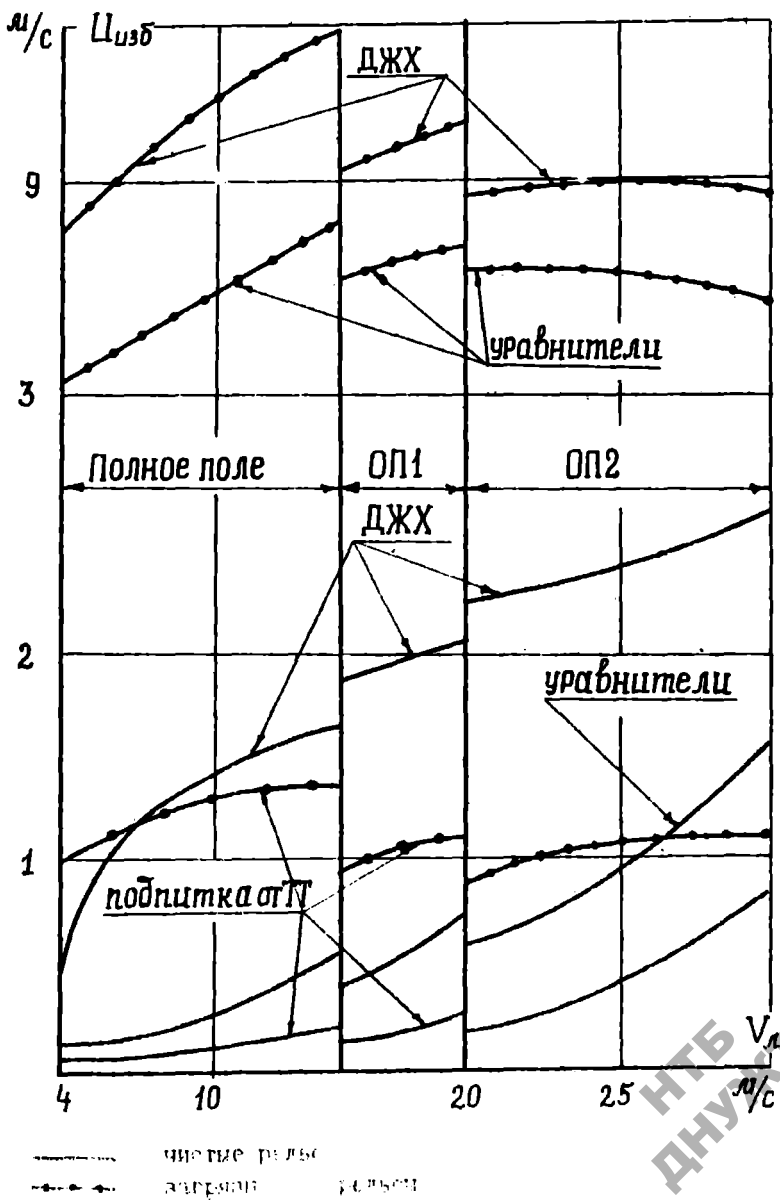
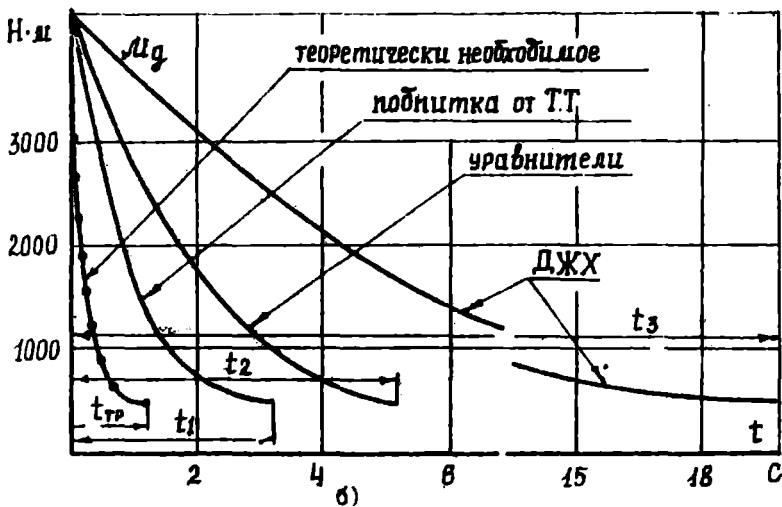
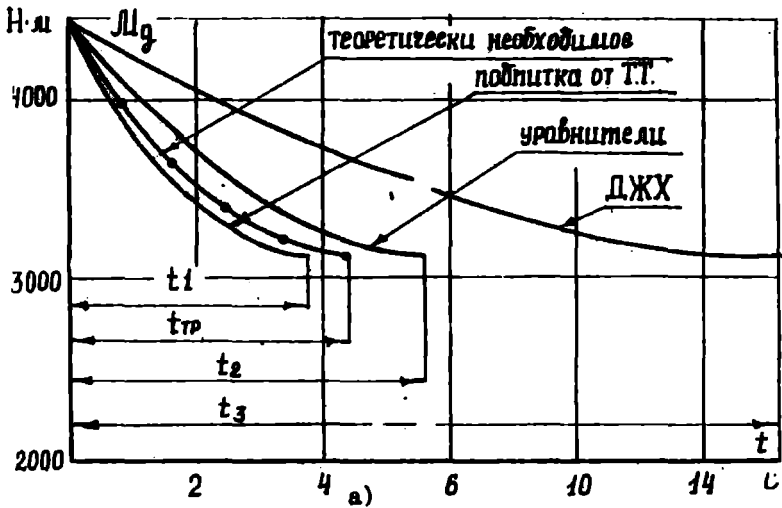


Рис.

Быстродействие противобоксочных устройств



- а) - чистые рельсы;
б) - загрязненные рельсы.

Рис. 3

НТБ
ДНУЖТ

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

УДК 629.421.067.4

УЛУЧШЕНИЕ ТЯГОВЫХ СВОЙСТВ ТЕПЛОВОЗОВ
С ПЕРЕДАЧЕЙ МОЩНОСТИ
ПЕРЕМЕННО-ПОСТОЯННОГО ТОКА

АНДРЕЙЧЕНКО Владимир Павлович

Ответственный за выпуск
Квасов С. Ф.

БЦ № 18968 от 11/V-1990. Подписано к печати 15/V-1990 г.
Формат бумаги 60х84¹/₁₆. Бумага для множ. аппаратов. Печать офсетная.
Усл.-печ. лист. 1,0. Уч.-изд. лист. 1,25. Тир. 100. Зак. 330р. Бесплатно.

Издание ДИИЖТа, 320700, ГСП, г. Днепропетровск, ул. Академика
В. А. Лазаряна, 2.

Тип. ХИИТа, 310050, г. Харьков-50, пл. Фейербаха, 7.

сканировала Камянская Н.А.