

На правах рукописи

ОРЛЕНКО Алексей Иванович



**ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В ЦЕПЯХ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ
МАШИН ЭЛЕКТРОВОЗОВ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА
НА ОСНОВЕ СТУПЕНЧАТОГО УПРАВЛЕНИЯ
ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ ВЕНТИЛЯТОРОВ**

Специальность 05.22.07 - «Подвижной состав железных дорог,
тяга поездов и электрификация»

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Иркутск 2004

Работа выполнена в Иркутском государственном университете путей сообщения.

Научный руководитель:

доктор технических наук, профессор
АСТРАХАНЦЕВ Леонид Алексеевич.

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор
ХАРЛАМОВ Виктор Васильевич;

кандидат технических наук, доцент
БЕЛЯЕВ Павел Владимирович.

Ведущее предприятие:

Уральский государственный университет путей сообщения.

Защита состоится 29 декабря 2004 г. в 11⁰⁰ ч. на заседании диссертационного совета Д 218.007.01 при Омском государственном университете путей сообщения (ОмГУПС) по адресу: 644046, г. Омск, пр. Маркса, 35.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОмГУПС.

Автореферат разослан 27 ноября 2004 г.

Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные гербовой печатью учреждения, просим направлять в адрес диссертационного совета Д 218.007.01.

Ученый секретарь
диссертационного совета
доктор технических наук,
профессор



Г. П. Маслов.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

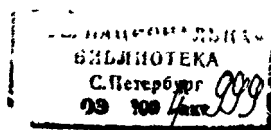
Актуальность работы. Для российских железных дорог в связи с переходом на новые хозяйственные отношения проблема снижения эксплуатационных расходов является одной из наиболее актуальных. На первый план выдвигаются задачи по внедрению ресурсосберегающих технологий и технических средств, что получило отражение в отраслевой «Программе энергосбережения на железнодорожном транспорте в 1998 - 2000 гг. и на период до 2005 г.», утвержденной указанием МПС России 19.10.98 № Б-1166у. В локомотивном хозяйстве, в частности при эксплуатации электроподвижного состава, имеются значительные резервы энергосбережения.

Исследованиями установлено, что вспомогательные машины электровозов переменного тока при эксплуатации электровозов на транссибирской магистрали потребляют до 20 % энергии, расходуемой на тягу, причем ее основная часть используется на систему вентиляции. Одной из возможностей снижения относительного расхода электроэнергии на собственные нужды является разработка системы управления производительностью вентиляторов электровозов переменного тока на основе исследования случайных факторов, определяющих режимы работы мотор-вентиляторов (МВ).

Цель работы - разработка способов энергосбережения на электровозах переменного тока на основе управления производительностью вентиляторов.

Для достижения поставленной цели решены следующие задачи:

- выполнен анализ исследований по управлению производительностью центробежных вентиляторов электровозов переменного тока;
- исследованы режимы работы тягового электрооборудования магистральных электровозов переменного тока и изучено влияние случайных факторов на режимы работы МВ;
- разработан алгоритм управления производительностью вентиляторов на основе исследования статистических характеристик случайных величин, влияющих на режимы работы МВ магистральных электровозов переменного тока;
- разработана методика, позволяющая уточнять тяговые расчеты (ТР) в разделе проверки тяговых электродвигателей (ТЭД) на нагревание для случаев вождения поездов электровозами переменного тока, оборудованными устройствами управления производительностью вентиляторов;



- разработан преобразователь частоты для управления электроприводом вентиляторов;

- выполнен технико-экономический расчет эффективности применения преобразователя частоты на грузовых электровозах переменного тока.

Научная новизна диссертационной работы заключается в следующем:

- обоснован алгоритм управления производительностью вентиляторов для обеспечения экономии электроэнергии и предотвращения нагревания обмоток тяговых электродвигателей свыше предельного значения на основе оценки факторов, влияющих на нагревание тяговых электродвигателей магистральных электровозов переменного тока;

- определены пороговые значения изменения частоты напряжения на обмотках статоров электродвигателей вентиляторов при ступенчатом управлении производительностью вентиляторов с использованием статистических характеристик случайных величин;

- разработана методика, позволяющая уточнять тяговые расчеты в разделе проверки тяговых электродвигателей на нагревание для случаев вождения поездов электровозами переменного тока, оборудованными устройствами управления производительностью вентиляторов;

- разработаны преобразователь частоты напряжения на обмотках статоров асинхронных двигателей и система управления производительностью вентиляторов электровоза ВЛ85.

Практическая ценность работы заключается в том, что полученные статистические характеристики системы случайных величин, позволяют определить режимы работы МВ электровозов переменного тока для экономии электроэнергии. Разработана методика оценки нагревания обмоток ТЭД для уточнения существующих и выполняемых вновь ТР в разделе проверки тяговых электродвигателей на нагревание при вождении поездов электровозами переменного тока, оборудованными устройствами управления производительностью вентиляторов; обоснован алгоритм управления производительностью вентиляторов для экономии электроэнергии, не допускающий нагрева обмоток ТЭД свыше предельного значения. Преобразователь частоты напряжения на обмотках статоров асинхронных двигателей вентиляторов с 50 на 25 Гц обеспечивает энергосбережение в цепях вспомогательных машин и повышает ресурс электрооборудования тягового привода, что, в итоге, приводит к сокращению эксплуатационных расходов.

Реализация результатов работы:

- разработанная методика оценки нагревания обмоток ТЭД, уточняющая ТР в разделе проверки тяговых электродвигателей на нагревание для случаев вождения поездов электровозами переменного тока, оборудованными устройствами управления производительностью вентиляторов используется для совершенствования учебного процесса на кафедре «Электроподвижной состав» ИрГУПСа;

- опытный образец преобразователя частоты 50/25 Гц испытан на электровозе ВЛ85 № 085 приписки локомотивного депо ст. Нижнеудинск ВСЖД. Продолжаются работы по совершенствованию конструкции системы управления и силовой части электрической схемы управления МВ;

- система управления тиристорным преобразователем частоты 50/25 Гц используется в учебном процессе на кафедре «Электроподвижной состав» ИрГУПСа.

Достоверность результатов исследований, разработанных методик расчета и эффективность технических решений обоснована теоретически и подтверждена оценкой адекватности теоретических и экспериментальных исследований. Погрешность расчетных значений, не превышающая 10 %, определена на основании F-критерия Фишера.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы и ее результаты докладывались и обсуждались на кафедре «Электроподвижной состав» ИрГУПСа (2000 и 2004 г.), на кафедре «Подвижной состав электрических железных дорог» ОмГУПСа (2004 г.), на выставке Сибэкспоцентра «Энергосбережение: технологии, приборы, оборудование» (Иркутск, 2002 и 2004 г.), на 33-м Уральском семинаре «Механика и процессы управления» (Миасс, 2003 г.), на 7-й всероссийской научно-практической конференции «Современные технологии в машиностроении» (Пенза, 2003 г.), на международной конференции «Энергосберегающие технологии и окружающая среда» (ИрГУПС, 2004 г.), на второй международной научно-технической конференции «Энергетика, экология, энергосбережение, транспорт» (Тобольск, 2004 г.).

Публикации. По результатам выполненных исследований опубликовано шесть статей в сборниках научных трудов.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, выводов, библиографического списка из 112 наименований, четырех приложений. Содержит 149 страниц основного текста, 19 таблиц и 38 рисунков.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении сформулирована исследуемая проблема, обоснована ее актуальность.

Первая глава посвящена анализу условий эксплуатации вспомогательных машин и электрооборудования электровозов переменного тока в штатном режиме работы МВ и при управлении производительностью вентиляторов. Изучены вопросы преимущества использования пониженной частоты напряжения МВ электровозов переменного тока при вождении поездов. Рассмотрены принципы, на которых целесообразно строить систему переключения электродвигателей вентиляторов с одной частоты тока на другую. Выполнен анализ современных способов и технических средств управления производительностью вентиляторов электровозов переменного тока. Сформулированы цель работы и задачи исследования.

Во второй главе рассмотрены факторы, определяющие режимы работы МВ электровозов переменного тока. Выполнен статистический анализ случайных величин, влияющих на режим работы электрооборудования электровозов переменного тока. Получены статистические характеристики тока якоря и превышения температуры его обмотки. Определены статистические характеристики системы случайных величин и зависимость производительности вентиляторов от функции совместной плотности распределения системы случайных величин.

Уровень возможных значений тока якоря ТЭД электровозов переменного тока и превышения температуры его обмотки следует отнести к непрерывным случайным величинам, статистические характеристики которых в значительной мере зависят от таких факторов, как масса поезда, профиль участка пути, условия сцепления колес с рельсами, количество и температура охлаждающего воздуха.

Выборки значений тока якоря ТЭД I и превышения температуры его обмотки t взяты из массива, полученного на основании тяговых расчетов, выполненных при помощи прикладных программ на компьютере для случаев вождения электровозами ВЛ85 грузовых поездов с массой 5800 и 1700 т на участке Мариинск - Тайшет соответственно в четном и нечетном направлениях.

Гистограммы частот распределения тока якоря и превышения температуры его обмотки и их оценки указали на существенное отличие полигонов распределения от стандартного нормального распределения. Размах варьирова-

ния, значения эксцесса и асимметрии для обеих выборок показали несоответствие полученных оценок требованиям состоятельности, несмещенности и эффективности нормального распределения.

Для получения аналитических зависимостей статистических характеристик системы случайных величин был использован применяемый в теории вероятности прием преобразования исходных значений случайных величин в промежуточные переменные так, чтобы распределение преобразованных переменных подчинялось нормальному закону. Плотность распределения тока якоря I преобразована к нормальному распределению с помощью выражения:

$$X = [\lg(I + r_x)] \cdot 100. \quad (1)$$

Плотность распределения превышения температуры обмотки якоря τ преобразована к нормальному распределению с помощью выражения:

$$Y = \ln \left[\left(\frac{1}{\tau + r_y} \right) 10^3 \right] 10. \quad (2)$$

Функция плотности распределения $f(I)$ и математическое ожидание тока якоря $M(I)$ выражены через математическое ожидание m_x , среднее квадратическое отклонение σ_x промежуточной переменной x и вспомогательный коэффициент r_x :

$$f(I) = \frac{1}{\sigma_x \sqrt{2\pi}} \exp \left\{ -\frac{1}{2\sigma_x^2} ([\lg(I + r_x)] 100 - m_x)^2 \right\}, \quad (3)$$

$$M\{I\} = 10^{\frac{m_x}{100}} - r_x. \quad (4)$$

Среднее квадратическое отклонение тока якоря

$$\pm \sigma_I = 10^{\left(\frac{m_x \pm \sigma_x}{100} \right)} - r_x - M\{I\}. \quad (5)$$

Функция плотности распределения $f(\tau)$ и математическое ожидание превышения температуры обмотки якоря $M(\tau)$ выражены через математическое ожидание m_y , среднее квадратическое отклонение σ_y промежуточной переменной y и вспомогательный коэффициент r_y :

$$f(\tau) = \frac{1}{\sigma_y \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot \exp \left\{ -\frac{1}{2\sigma_y^2} \left(\left[\ln \left(\frac{1}{\tau + r_y} \cdot 10^3 \right) \cdot 10 \right] - m_y \right)^2 \right\}; \quad (6)$$

$$M\{\tau\} = \frac{10^3}{e^{\frac{m_y}{10}}} - r_y. \quad (7)$$

Среднеквадратическое отклонение превышения температуры обмотки якоря

$$\pm \sigma_{\tau} = \frac{10^3}{e^{10} \frac{m_y + \sigma_y}{m_x}} - r_y - M[\tau] \quad (8)$$

Центр эллипса рассеивания системы промежуточных случайных величин X и Y определяется координатами центров рассеивания каждой из случайных величин m_x и m_y . Уравнение (9) является уравнением одной из главных осей эллипса рассеивания:

$$Y = 48,74 - 0,103 X. \quad (9)$$

Проекции крайних точек эллипса с десяти процентным уровнем значимости на оси OX , OY после обратного преобразования дают значения тока якоря ТЭД НБ-514 электровоза ВЛ85 635 А и превышения температуры его обмотки - 80,4 °С. Полученное значение математического ожидания тока якоря и зависимость изменения частоты напряжения на зажимах МВ от относительной величины тока ТЭД электровозов переменного тока (рис. 1) позволяют определить рациональную частоту напряжения на выходе преобразователя. Так, для электровоза ВЛ85 при вождении поездов на рассматриваемом участке транссибирской магистрали частота напряжения на зажимах асинхронных двигателей вентиляторов должна регулироваться в пределах от 50 до 25 Гц.

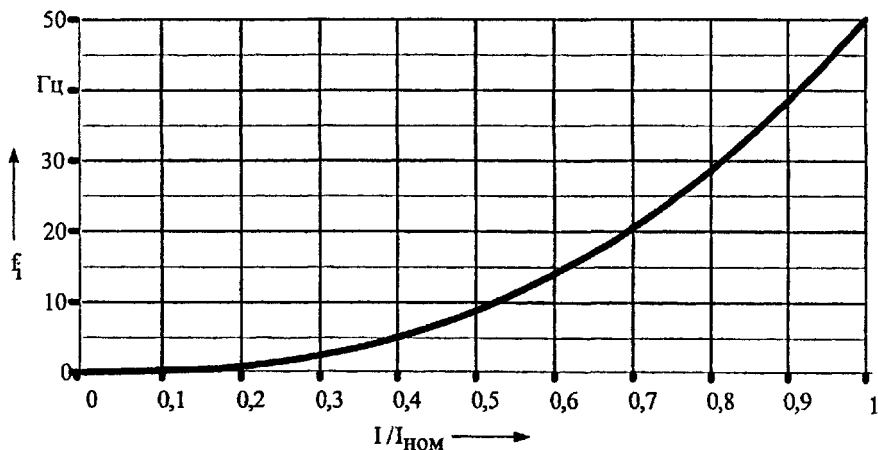


Рис. 1. Зависимость частоты напряжения на зажимах МВ от относительной величины тока ТЭД электровозов переменного тока

Полученные численные значения случайных величин являются уставками, по которым следует выполнять управление производительностью вентиляторов. Управление по параметру τ является наиболее целесообразным, так как в этом случае учитываются и токовые нагрузки ТЭД, и состояние системы вентиляции. Указанное управление позволяет обеспечить рациональный алгоритм управления и безопасность движения поездов. Для предотвращения «звонковой работы» схемы управления частотой напряжения МВ, необходимо выбрать пороговые значения температуры, при которых обеспечивались бы надежная работа схемы и максимальная экономия электроэнергии. С учетом опыта предыдущих разработок целесообразно рекомендовать пределы срабатывания устройств управления производительностью вентиляторов: $\tau_{\min} - 80 \text{ }^\circ\text{C}$, $\tau_{\max} - 90 \text{ }^\circ\text{C}$. Абсолютная температура уставок переключения схемы должна находиться в пределах 120-130 $^\circ\text{C}$, так как наибольшее допустимое превышение температуры обмотки рассчитывается при максимальной температуре наружного воздуха $t_{\text{ивmax}} = +40 \text{ }^\circ\text{C}$.

В третьей главе приведена разработанная методика оценки нагревания обмоток ТЭД, которая позволяет выполнять новые и уточнять существующие ТР в разделе проверки ТЭД на нагревание для случаев вождения поездов электровозами переменного тока, оборудованными устройствами управления производительностью вентиляторов. Это позволило обосновать алгоритм управления производительностью вентиляторов для предотвращения нагрева обмоток ТЭД свыше предельного значения и обеспечить максимальную экономию электроэнергии.

Определенные во второй главе статистические характеристики системы случайных величин и зависимость производительности вентиляторов от функции совместной плотности распределения непрерывных случайных величин позволяют обоснованно вносить корректировки в «Правила тяговых расчетов для поездной работы» в раздел проверки тяговых электродвигателей на нагревание с учетом изменения количества охлаждающего воздуха в системе вентиляции. Для этого необходимо определить законы изменения тепловых параметров ТЭД НБ-514 - постоянной времени нагрева T и установившегося превышения температуры τ_{∞} для случаев управления производительностью вентиляторов.

Расчеты выполнялись по следующей методике:

а) по существующим кривым нагревания вычислялась постоянная времени нагрева T для различных значений тока якоря I при определенных величинах количества воздуха Q , охлаждающего ТЭД;

б) рассчитывались зависимости $T(I)$ для определенных значений Q ;
 в) по существующим кривым нагревания определялось установившееся значение превышения температуры τ_{∞} для различных значений тока якоря I при постоянной величине Q ;

г) строились зависимости $\tau_{\infty}(I)$ для определенных значений Q .

Постоянная времени нагрева T якорной обмотки рассчитывалась аналитическим методом:

$$T = -\frac{t}{\ln\left(1 - \frac{\tau}{\tau_{\infty}}\right)}. \quad (10)$$

Ввиду отсутствия в исходных данных функциональной зависимости $\tau(t)$ для расчета в формулу (10) можно подставить только значения t и τ , снятые с экспериментальной кривой нагревания, имеющейся в протоколе испытаний ЭМ-18-85 «Сетки кривых нагревания и охлаждения тягового двигателя НБ-514 на пульсирующем токе». Результаты расчета постоянной времени нагрева T представлены на рис. 2.

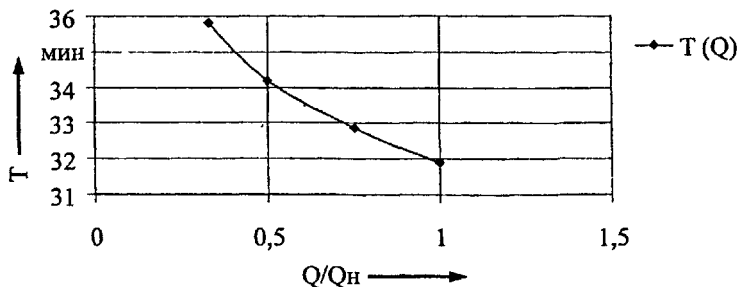


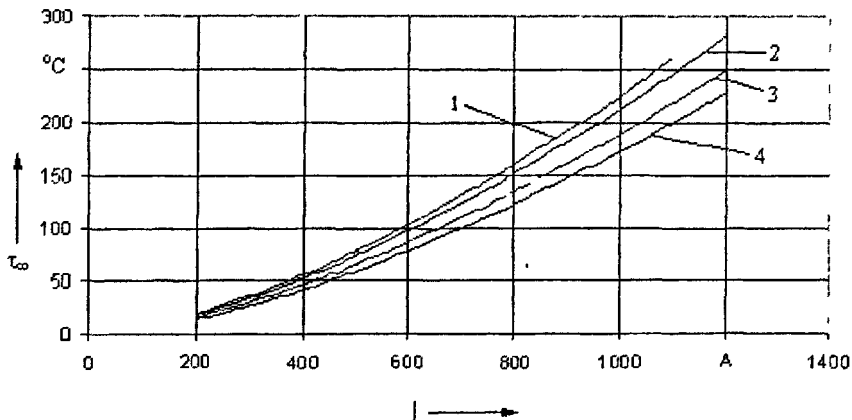
Рис. 2. График зависимости постоянной времени нагрева T обмотки якоря ТЭД НБ-514 от количества охлаждающего воздуха

В связи с тем, что в настоящее время на электровозах переменного тока используется в основном ступенчатое управление производительностью вентиляторов, для выполнения ТР, в случае проверки возможности вождения поездов локомотивами, оборудованными устройствами управления производительностью вентиляторов, достаточно знать два значения T : при количестве воздуха, охлаждающего ТЭД, $Q = Q_n$ и том значении Q_n , на которое переключаются вен-

тиляторы. При плавном регулировании необходимо использовать зависимость, показанную на рис. 2, описываемую уравнением.

$$T = -12,1\left(\frac{Q_i}{Q_n}\right)^3 + 29,9\left(\frac{Q_i}{Q_n}\right)^2 - 28,1\frac{Q_i}{Q_n} + 42,2. \quad (И)$$

Для определения установившегося превышения температуры обмотки якоря ТЭД НБ-514 из протокола тепловых испытаний были взяты значения τ_{∞} для токов якоря продолжительного режима при каждом из значений относительного количества охлаждающего воздуха Q_n , $0,75Q_n$, $0,5Q_n$. По разработанной методике рассчитаны зависимости установившегося значения превышения температуры τ_{∞} оттока I , которые представлены на рис. 3.



$$1 - \bar{Q} = 0,33Q_n; \quad 2 - \bar{Q} = 0,5Q_n; \quad 3 - \bar{Q} = 0,75Q_n; \quad 4 - \bar{Q} = Q_n$$

Рис. 3. График зависимостей установившегося превышения температуры обмотки якоря ТЭДНБ-514 τ_{∞} от тока якоря при разном количестве охлаждающего воздуха

Для оценки влияния изменения количества охлаждающего воздуха, продуваемого через ТЭД, на температуру нагрева обмотки якоря выполнены ТР при условии применения рассматриваемого управления. Этот вариант ТР был выполнен с учетом изменения тепловых параметров ТЭД НБ-514. За основу, принимались ТР, выполненные при помощи прикладных программ на компьютере для случаев вождения электровозами ВЛ85 грузовых поездов с массой 5800 и 1700 т на участке Мариинск - Тайшет соответственно в четном и нечетном направлениях.

Анализ выполненных расчетов позволил выявить элементы профиля пути, на которых тепловое состояние обмоток якорей ТЭД потенциально опасно

и может привести к повреждению их изоляции из-за увлажнения. Вероятность появления значений температуры, при которых возможно выпадение росы на поверхности якорей ТЭД, составляет 16% для штатного режима работы вентиляторов. При управлении производительностью вентиляторов, с переключением на частоту напряжения 25 Гц, указанная вероятность составляет лишь 2,6 %.

Таким образом, полученные расчетным путем тепловые параметры ТЭД НБ-514 позволяют уточнить существующие и выполняемые вновь ТР при вождении поездов электровозами переменного тока, оборудованными устройствами управления производительностью вентиляторов и обосновать алгоритм управления производительностью с целью предотвращения нагрева обмоток ТЭД свыше предельных значений, их увлажнения и, одновременно, обеспечения максимальной экономии электроэнергии.

В четвертой главе описаны разработанные технические средства для стабилизации температурного режима электрооборудования тягового привода электровозов переменного тока - преобразователь частоты 50/25 Гц и система управления производительностью вентиляторов; модернизированные схемы электровоза ВЛ85 с преобразователем частоты 50/25 Гц, приведены математическая модель энергетических процессов в системе «полупроводниковый преобразователь частоты — асинхронный электродвигатель»; решение задачи по размещению преобразователя, оборудования цепей управления и силовых цепей системы управления производительностью вентиляторов в кузове электровоза ВЛ85, разработанные энергетические характеристики электропривода с полупроводниковым преобразователем.

Принципиальная электрическая схема преобразователя частоты 50/25 Гц (рис. 4) разработана на основе системного анализа нескольких факторов. Результаты анализа статистических характеристик случайных величин, позволили определить производительность вентиляторов и частоту напряжения на обмотках статора асинхронных электродвигателей. Тяговые расчеты позволили найти продолжительность работы вентиляторов с пониженной производительностью при вождении поездов. Рекомендации по преобразованию частоты и действующего напряжения получены с помощью разработанной математической модели энергетических процессов частотно-управляемого асинхронного электропривода с полупроводниковым преобразователем.

Преобразователь частоты (рис. 4) позволяет обеспечивать достаточно высокую энергетическую эффективность, форма тока на входе преобразователя близка к синусоидальной. Повышение надежности разработанного преобразо-

вателя частоты по сравнению с аналогами достигается за счет естественной коммутации тиристоров. Устройством выполняется одновременное изменение частоты, действующего значения напряжения и входного электрического сопротивления электропривода в зависимости от теплового состояния охлаждаемого оборудования в соответствии с полученным алгоритмом. Разработанный полупроводниковый преобразователь можно назвать преобразователем эквивалентного электрического сопротивления электропривода, что является существенным его отличием от отечественных и зарубежных аналогов.

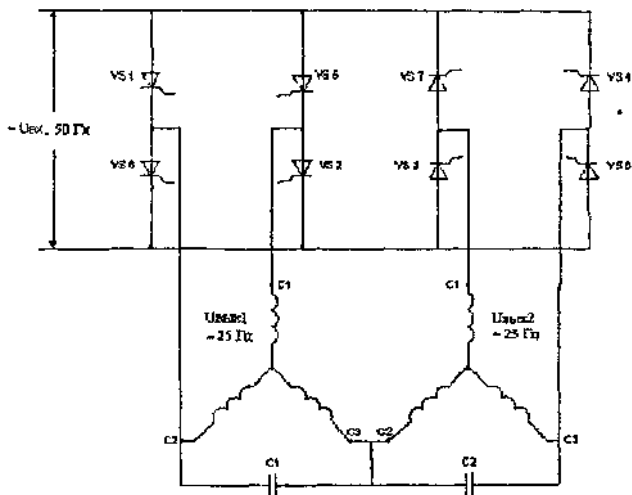


Рис. 4. Принципиальная электрическая схема силовой цепи преобразователя частоты 50/25 Гц

Временные диаграммы (рис 5.) напряжения на входе $\sim U_{вх}$ и выходе $U_{вых1}$, $U_{вых2}$ преобразователя поясняют принцип получения пониженной частоты напряжения на обмотках статоров электродвигателей вентиляторов.

В пятой главе выполнен расчет технико-экономических показателей, доказывающий эффективность технических решений по экономии электроэнергии в цепях вспомогательных машин электровозов переменного тока.

Фактором, повышающим эффективность использования преобразователя частоты 50/25 Гц, является сокращение эксплуатационных расходов, обусловленное экономией электрической энергии, расходуемой на тягу поездов за счет снижения потребляемой мощности на привод вентиляторов. Расчеты, проведенные в соответствии с «Методическими рекомендациями по оценке эффек-

тивности инвестиций на железнодорожном транспорте» с использованием данных по расходу электроэнергии грузовыми электровозами ВСЖД из отчетов ТХО-2, ТХО-5, показали высокую экономическую эффективность внедрения системы управления производительностью вентиляторов. Годовой эффект, или чистая прибыль в расчете на один электровоз может составить около 93 тыс. р., а срок окупаемости — 1,8 года.

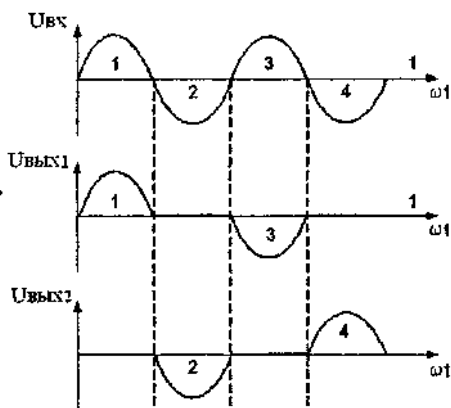


Рис. 5. Временные диаграммы напряжения на входе $U_{вх}$ и выходе $U_{вых1}$, $U_{вых2}$ преобразователя частоты

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

1. Результаты анализа современного состояния исследований по управлению производительностью вентиляторов показали, что несмотря на большое количество научно-исследовательских работ проблема стабилизации температурного режима тягового электрооборудования электровозов не решена в полной мере и необходимы дополнительные исследования, позволяющие повысить надежность электроподвижного состава и обеспечить энергосбережение в цепях вспомогательных машин.

2. Исследования режимов работы тягового электрооборудования магистральных электровозов переменного тока позволили установить, что производительность вентиляторов электровозов в основном зависит от таких случайных величин, как ток якоря и превышение температуры обмоток тяговых электродвигателей.

3. С помощью функции совместной плотности распределения непрерывных случайных величин (ток якоря и превышение температуры его обмотки) получен алгоритм управления производительностью вентиляторов при изменении массы поезда, скорости движения, профиля пути и других факторов.

4. Исследованные тепловые параметры ТЭД при изменении количества охлаждающего воздуха в системе вентиляции позволили разработать методику оценки нагревания обмоток ТЭД, уточняющую тяговые расчеты в разделе проверки тяговых электродвигателей на нагревание для случаев вождения поездов электровозами, оборудованными устройствами управления производительностью вентиляторов.

5. С помощью уточненных тяговых расчетов доказана целесообразность управления производительностью вентиляторов электровозов переменного тока при вождении поездов на определенных участках Транссибирской железнодорожной магистрали путем изменения частоты напряжения на обмотках статора асинхронных двигателей с 50 на 25 Гц.

6. Реализация управления трехфазными асинхронными электродвигателями выполнена с помощью полупроводникового преобразователя, которым осуществляется одновременное изменение частоты, действующего напряжения и электрического сопротивления электропривода.

7. Расчет технико-экономических показателей доказывает эффективность технических решений по экономии электроэнергии в цепях вспомогательных машин электровозов переменного тока. За счет применения преобразователя можно сократить затраты электрической энергии на собственные нужды на 3,8 % от расходуемой на тягу или 505514 кВтч за год. На один рубль капитальных вложений можно получить 15,2 р. прибыли, а единовременные затраты окупаются за 1,8 года.

Основные положения диссертации опубликованы в работах:

1. О снижении энергозатрат на электропривод вспомогательных машин электровозов переменного тока на участке Тайшет - Петровский Завод. Л. А. Астраханцев, А. И. Орленко, Т. Н. Лебедева // Повышение динамических качеств подвижного состава и поезда в условиях Сибирского региона: Межвуз. темат. сб. науч. тр. / Омский государственный университет путей сообщения. Омск, 2003. С. 13-17.

2. Исследование статистических характеристик системы случайных величин: ток якоря - превышение температуры обмоток тяговых электродвигателей

электровозов переменного тока. Л. А. Астраханцев, А. И. Орленко // Механика и процессы управления: Труды 33-го Уральского семинара / Уральское отделение РАН. Екатеринбург, 2003. С. 346 - 352.

3. О возможности экономии электроэнергии на электропривод вспомогательных машин электровозов переменного тока. Л. А. Астраханцев, А. И. Орленко // Современные технологии в машиностроении: Сб. ст. науч.-практ. конф. / Пензенский государственный университет. Пенза, 2003. С. 41 — 44.

4. Тепловые параметры ТЭД НБ-514 при регулировании производительности вентиляторов электровозов ВЛ85. А. И. Орленко // Энергосберегающие технологии и окружающая среда: Труды междунар. конф. / Иркутский государственный университет путей сообщения. Иркутск, 2004. С. 116—119.

5. Современные методы регулирования производительности вентиляторов на электровозах переменного тока ВЛ85. А. И. Орленко // Энергетика, экология, энергосбережение, транспорт: Труды междунар. науч.-техн. конф. / Новосибирская государственная академия водного транспорта. Тобольск, 2004. 4.1. С. 37 - 39.

6. Методологические проблемы в энергетических характеристиках электроустановок с полупроводниковыми преобразователями. Базын Чулуунзоригт, Л. А. Астраханцев, Т. Л. Алексеева и др. // Энергетика, экология, энергосбережение, транспорт: Труды междунар. науч.-техн. конф. / Новосибирская государственная академия водного транспорта. Тобольск, 2004. 4.1. С. 266 - 272.

В работе [1] соискателем выполнен расчет относительного расхода электроэнергии на собственные нужды электровозов переменного тока при их эксплуатации на Транссибирской магистрали (50 % работы), [2] - исследование статистических характеристик случайных величин, влияющих на производительность вентиляторов электровозов переменного тока (60 % работы), [3] - расчет возможной экономии электроэнергии на электропривод вспомогательных машин электровозов переменного тока при вождении поездов на Транссибирской магистрали при ступенчатом управлении производительностью вентиляторов (60 % работы), [6] - предложена математическая модель энергетических процессов в электроприводах с преобразователями (20 % работы).

Типография ОмГУПС.
644046, г. Омск, пр. Маркса, 35.
Тираж 100 экз. Заказ 901.

n 24 9 5 8