

С С С Р

Министерство путей сообщения

Днепропетровский институт инженеров
железнодорожного транспорта им. М.И. Калинина

Манусов Юрий Борисович

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-РАСЧЕТНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ
ПОТЕРЬ МОЩНОСТИ В УСТРОЙСТВАХ ТЯГОВОГО
ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ ДВУХПУТНЫХ УЧАСТКОВ
ПОСТОЯННОГО ТОКА

Специальность 05.22.09

Электрификация железнодорожного транспорта

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Днепропетровск

1 9 7 5

НТБ
ДНУЖТ

С С С Р

Министерство путей сообщения
Днепропетровский институт инженеров
железнодорожного транспорта им. М.И. Калинина

На правах рукописи

Манусов Юрий Борисович

69/6a

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-РАСЧЕТНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ
ПОТЕРЬ МОЩНОСТИ В УСТРОЙСТВАХ ТЯГОВОГО
ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ ДВУХПУТНЫХ УЧАСТКОВ
ПОСТОЯННОГО ТОКА

Специальность 05.22.09

Электрификация железнодорожного транспорта

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Днепропетровск
1975

НТБ
ДНУЖТ

Работа выполнена на кафедре "Энергоснабжение электрических железных дорог" Днепропетровского института инженеров железнодорожного транспорта им. М.И.Калинина.

Научный руководитель: кандидат технических наук,
доцент ПОЧАЕВЦ Э.С.

Научный консультант: кандидат технических наук,
старший научный сотрудник Института
электродинамики АН УССР СКРЯБИНСКИЙ В.С.

Официальные оппоненты: доктор технических наук,
заведующая лабораторией ЦНИИ МПС
МИРОШНИЧЕНКО Р.И.

кандидат технических наук,
доцент БОЧЕВ А.С.

Ведущее предприятие: Служба электрификации и энергетиче-
ского хозяйства ордена Ленина
Приднепровской ж.д.

Автореферат написан " 1 " марта 1975 г.

Защита состоится " 10 " апреля 1975 г. в 14 час.

на заседании Ученого Совета Днепропетровского института инженеров
железнодорожного транспорта.

Адрес института: 320629. Днепропетровск-10, ГОЦ,
ул. Университетская, 2.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института
за 10 дней до защиты.

Ученый секретарь Совета

В.Н. ПЛАХОТНИК

НТБ
ДНУЖТ

Директивами XXIV съезда КПСС перед железнодорожным транспортом поставлена задача увеличения пропускной и провозной способности дорог, что возможно только при дальнейшем внедрении прогрессивных видов тяги и, прежде всего, электрической.

Железнодорожный транспорт является крупным потребителем электрической энергии, большая часть которой приходится на электрическую тягу. В структуре эксплуатационных расходов железных дорог доля электроэнергии составляет 6,7 %.

К 1975 г. длина электрифицированных линий в СССР составит более 38 тыс. км, а расход энергии на тягу поездов - около 50 млрд. кВт.ч. Следовательно, только на покрытие 1 % потерь от расхода электроэнергии в устройствах тягового энергоснабжения при среднесетевой отечественной электроэнергии 1,2 коп. за один кВт.ч страна тратит около 6 млн. руб. в год.

Задача работников железных дорог состоит в снижении потерь электрической энергии в устройствах энергоснабжения как на стадии проектирования, так и в эксплуатации, что дает возможность повысить коэффициент полезного действия электрической тяги.

Исследования потерь энергии в устройствах энергоснабжения и их влиянию на технико-экономические показатели электрических железных дорог посвящен целый ряд научных трудов отечественных ученых В.Е. Розенфельда, К.Г. Марквардта, Г.Г. Марквардта, Р. И. Мирошниченко, Е. П. Фигурнова, С.Е. Кузина, А.В. Воронина, М.Е. Крестьянова, Д.А. Палей, А.Н. Кувичинского и др.

Существующие в настоящее время методы определения потерь энергии в устройствах тягового энергоснабжения можно разбить на две группы.

К первой группе следует отнести расчетные методы определения потерь по аналитическим выражениям вручную и расчеты с применением

НТБ
ДНУЖТ

ЭВМ. Следует подчеркнуть, что при расчетах на ЭВМ используется метод статистических испытаний, а не аналитические формулы. Метод статистических испытаний позволяет определять все необходимые параметры при расчетах системы энергоснабжения, в том числе и потери энергии. Он дает более объективные и точные результаты, хотя и требует значительного времени для подготовки исходных данных.

Точность методов первой группы зависит от допущений, которые положены в основу аналитических выражений, и точности исходных данных для расчета потерь энергии. Как показывает анализ, выполненный в работе, результирующая погрешность при определении потерь энергии, по принятым в настоящее время для практических расчетов формулам, может достигать 25-30 %.

Погрешность расчетов метода статистических испытаний с применением ЭВМ складывается из погрешности метода (до 5 %) и погрешности исходных данных и не превышает 15 %.

Ко второй группе следует отнести экспериментальные методы определения потерь энергии:

1. Метод Юной и.д., предполагающий определение потерь энергии в тяговой сети при помощи счетчиков вольт-часов.
2. Косвенный метод, предложенный МИИТом.
3. Метод определения потерь по разности расходов энергии на тяговых подстанциях и электроподвижном составе.

Метод Юной и.д. для определения потерь энергии использует предварительно измеренные величины, определяемые через расход энергии на тягу по счетчикам и средние потери напряжения в тяговой сети определяемые по счетчикам вольт-часов. Погрешность метода составляет не менее 20 %.

Метод МИИТа заключается в определении суммы ампер-квадрат-часов фидеров тяговой подстанции, которая умножается на расчетный

НТБ
ДНУЖТ

коэффициент для выкритной фидерной зоны. Погрешность счетчиков оставляет 2,5 %, а расчетного коэффициента - 5-7%. Согласно теории точности результирующая погрешность составит 15-17 % для фидерной зоны двухпутного участка.

Метод определения потерь по разности расходов энергии на тяговых подстанциях и электроподвижном составе используется в условиях эксплуатации. Результирующая погрешность состоит из суммы погрешностей измеренных расходов энергии и погрешности за счет вычитания близких по значению величин. Кроме того, не вся энергия на тягу учитывается счетчиками, например, энергия, идущая на отопление вагонов. Поэтому в условиях эксплуатации эти потери энергии носят название условных.

В настоящее время, как на стадии проектирования так и в условиях эксплуатации, основным методом определения потерь электрической энергии остается аналитический.

Поэтому разработка методов более точного определения потерь энергии в устройствах энергоснабжения остается важной и актуальной задачей.

В связи с этим в диссертационной работе поставлены для решения следующие задачи:

1. Разработка нового уточненного метода экспериментального определения потерь мощности в релейной сети.

2. Анализ точности учета энергии на тягу поездов.

3. Выбор близких к действительности исходных данных для расчета потерь мощности по аналитическим формулам.

НТБ
ДНУЖТ

Экспериментальное определение потерь
мощности в тяговой сети

Автором реферируемой работы совместно с доц. Почаевцем Э.С. предложен и реализован способ определения потерь мощности в тяговой сети путем интегрирования эспри квадрата среднеквадратического тока по длине (сопротивлению) тяговой сети.

Количество контролируемых точек для получения эспри квадрата среднеквадратического тока, существенно влияющее на сложность эксперимента как на стадии его проведения, так и на стадии обработки полученных результатов было принято минимальным по условиям точности. При этом учитывалось, что на участках стационарного токопотребления мономная эспри близка к параболе.

Действительно, можно показать, что квадрат эффективного тока в любой точке X контактной подвески равен

$$I_{\text{ЭХК}}^2 = I_{\text{Э0}}^2 - 2[I_0 \cdot I n_x - z \sqrt{D[I_{\text{от}}]}(I_{\text{ЭХ}}^2 - I^2 n_x^2)] + I_{\text{ЭХ}}^2 \quad (1)$$

где $I_{\text{ЭХ}}^2 = I_0^2 n_x + I^2(n_x^2 - n_x)$

$I_{\text{от}}$ - ток в точке начала отсчета;

$I_0, I_{\text{Э0}}^2$ - первый и второй начальные моменты тока $I_{\text{от}}$;

$D[I_{\text{от}}]$ - дисперсия тока $I_{\text{от}}$;

I, I_0^2 - первый и второй начальные моменты тока поездов на участке OX ;

$n_x, n_{\text{ЭХ}}^2$ - первый и второй начальные моменты количества поездов на том же участке;

Z - коэффициент корреляции между током в точке начала отсчета и потребляемым током на участке OX ;

Отметим, что величина $I_{\text{от}}$ и её моменты не зависят от точки наблюдения X

При биномиальном распределении количества поездов на отрезке OX зависимость $n_x(x)$ линейна, а зависимость $n_{\text{ЭХ}}^2(x)$ квадратична.

НТБ
ДНУЖТ

Следовательно, при стационарном токопотреблении на участке зависимость I_{Σ}^2 близка к квадратичной и для её определения достаточно иметь три точки эсперы.

Длительность проведения эксперимента была определена по методике, принятой для стационарных случайных процессов с нормально распределенными ординатами. Стационарность процесса токопотребления определялась по первым двум начальным моментам. Статистическая обработка ординат тока фидера показала, что экспериментальные точки хорошо согласуются с гипотезой нормального распределения. Значения вероятности критерия "хи-квадрат" составляет от 0,15 до 0,4. Определяющими при выборе длительности эксперимента являются параметр затухания корреляционной функции и низшая частота спектра процесса.

Запись токов в точках контактной сети производилась регистрирующими приборами с часовым приводом, что позволяло закреплять приборы на несущий трос подвески, а шунты к приборам - в поперечные соединители. Обработка лент регистрирующих приборов проводилась по уровням.

Величина потерь мощности, найденная интегрированием эпюры квадрата эффективного тока по сопротивлению тяговой сети, является всего лишь оценкой искомого математического ожидания потерь, поэтому необходимо указывать для нее доверительный интервал. Для этого предварительно построен доверительный интервал для квадрата эффективного тока фидера, который достаточно тесно коррелирован с искомой величиной. При этом используются оценки квадрата эффективного тока, полученные на стадии выбора длительности эксперимента.

Первый эксперимент был проведен на секции одного пути (расстояние от подстанции до поста секционирования). Анализ профиля показал, что секция состоит из двух участков токопотребления, один из которых является нулевым. Хотя в этом случае достаточно иметь

НТБ
ДНУЖТ

три точки измерения, их количество было принято четырем, что позволило проверить вывод о квадратичной форме эпюры на участке токопотребления. Четвертая точка попала на эпюру квадрата эффективного тока.

Рассчитанная длительность эксперимента по указанной выше методике составила 5 часов, а для увеличения точности доведена до 11,5 часов. При удельном сопротивлении $0,0652 \text{ Ом/км}$ средняя мощность потерь на секции оказалась равной 25 кВт. Уточненная оценка математического ожидания потерь мощности на секции составила 26,45 кВт или 3 % от мощности на тягу. Границы доверительного интервала для уточненной оценки математического ожидания потерь составили 23,75 - 29,15 кВт при степени доверия 0,95.

Следующий эксперимент был проведен на межподстанционной зоне длиной 18,13 км двухпутного участка. Расчетная длительность эксперимента равна 2,33 часа, в действительности же время синхронных записей во всех точках составило 2,8 часа.

Интегрирование эпюры квадрата эффективных токов четного и нечетного пути по сопротивлению зоны дало численное значение потерь мощности в тяговой сети 164,8 кВт или 4,77 % мощности, потребленной на тягу. Доверительный интервал для потерь мощности на межподстанционной зоне при степени доверия 0,95 составил 117-169 кВт при их математическом ожидании 143 кВт.

Аналогичный эксперимент был поставлен совместно с лабораторией энергоснабжения ЦНИИ МПС на межподстанционной зоне длиной 21,6 км однопутного участка Московской ж.д. Эксперимент проводился в течение 6 суток, причем ежедневно менялся режим напряжения. Рассчитанные потери мощности в тяговой сети составили 9,9-15 % от мощности на тягу при удельном сопротивлении тяговой сети $0,061 \text{ Ом/км}$. Большое значение потерь мощности соответствует значительной разности уровней

НТБ
ДНУЖТ

напряжения на смежных тяговых подстанциях.

Всего было проведено по указанной методике 6 экспериментов на равных дорогах.

Точность данного метода состоит из погрешности измерений, которая определяется классом прибора и равна 2,5 %, а также погрешностью обработки лент регистрирующих приборов, которая составляет при обработке по уровням не более 5%. Следовательно, результирующая погрешность не превосходит 10%. Метод, несмотря на некоторую сложность, пригоден для всей сети дорог постоянного тока.

Учет энергии на тягу поездов

В условиях эксплуатации электрифицированных участков потери энергии определяют по разности расходов энергии, показанной счетчиками тяговых подстанций и электроподвижного состава. Такой способ является неточным и вызывает известные возражения. Так как каждый расход энергии измеряется с довольно большой систематической погрешностью, последние потребовали специального исследования.

На электроподвижном составе постоянного тока установлены счетчики Д 600Ф и Д621, для которых нормируемая техническими условиями относительная погрешность составляет $\pm 3 + 4\%$ и $\pm 3\%$ в диапазоне нагрузок от 20 % до 150 % номинальной. При нагрузках от 0 до 20 % номинальной относительная погрешность по техническим условиям не нормируется.

В работе приведены результаты исследования погрешностей счетчиков во всем диапазоне нагрузок. Испытания счетчиков с предварительно проверенных госповерителем, осуществлялись на специальном стенде ЦКБ ЦТ согласно технологической инструкции. Следует отметить, что частота вибрации стенда и его амплитуда соответствует в среднем частоте и амплитуде в условиях эксплуатации.

НТБ
ДНУЖТ

Предварительные измерения, их статистическая обработка и анализ отношения доверительной оценки точности измерений к эмпирическому стандарту ошибки показали, что указанное отношение лежит в пределах 0,33 - 0,34. Это позволило ограничиться 35 поверяемыми счетчиками при надежности измерений 0,95.

Обработка статистических данных дала возможность построить зависимость погрешностей счетчиков от нагрузки, которые были описаны полиномами третьей степени для всех типов счетчиков. Коэффициенты полиномов сведены в таблицу, здесь же указаны (под номером 4) коэффициенты для счетчиков Д600М с номинальным током 1500А, испытания для которых проводились на стенде без вибрации, так как указанные счетчики устанавливаются на фидерах тяговых подстанций.

№ пп	Тип счетчика	Номинальный ток, А	Коэффициенты			
			a	b	c	d
1	Д600М	1500	3,84	-15,9	30,5	-16,0
2	Д600М	750	3,51	-15,0	25,1	-12,0
3	Д621	300	-8,24	30,0	-24,3	5,3
4	Д600М	1500	-29,74	142	-195	81,4

Для одного из участков найдены математические ожидания погрешности учета энергии в процентах, полученные на основании статистических моментов токопотребления. Результаты сведены в таблицу

Вид движения	Направление	
	четное	нечетное
Грузовое	1,90	3,10
Пассажирское	2,94	3,06
Пригородное	-6,0	-6,4

НТБ
ДНУЖТ

В работе исследована погрешность счетчиков переменного тока тяговых подстанций, вызванная отклонением формы кривых тока и напряжения от синусоиды из-за искажений, вызванных работой выпрямительных устройств.

Автором совместно с сотрудниками Института электродинамики АН УССР были проведены работы по экспериментальному определению точности учета энергии на тяговых подстанциях. При этом использован специально созданный для этой цели в Институте электродинамики автоматический цифровой измеритель погрешностей. Прибор позволяет выделять составляющую погрешности, вызванную влиянием вышних гармоник, и определять её знак и величину. Прибор позволяет также производить одновременное осциллографирование кривых тока и напряжения, подаваемых на счетчик. Измерения погрешностей производились в течение суток и более на 10 тяговых подстанциях дорог Юга.

Построенные методом наименьших квадратов зависимости от нагрузки для всех тяговых подстанций описываются полиномом второй степени. Вычисления по данным экспериментов математические ожидания погрешности счетчиков составили для различных подстанций от 3,5 % до 6,4 % при среднем значении этой погрешности 4,35 %.

На основании полученных данных найдена регрессионная зависимость между математическим ожиданием погрешности учета энергии и полуусуммой минимальной и максимальной измеренных фазных мощностей, которая имеет вид

$$M(\gamma[P]) = 3,3 + 4,1 P' \quad (2)$$

где

$M(\gamma[P])$ - математическое ожидание погрешности;

P' - полуусумма минимальной и максимальной измеренных на подстанции фазных мощностей

при расчетном значении коэффициента корреляции между указанными параметрами 0,72.

НТБ
ДНУЖТ

Для практических расчетов вместо параметра ρ' следует подставлять математическое ожидание мощности в относительных единицах. Расхождение в результатах при этом не превосходит 6 %.

Для двух тяговых подстанций определена результирующая погрешность по удельному весу гармонических составляющих в кривой тока и напряжения, которые определялись анализатором гармоник. Численные значения погрешности равны 5,35 % и 3,34 %, в то же время математическое ожидание погрешности, полученной в результате обработки данных цифрового измерителя, составили 5,9 % и 3,86 %.

Анализ погрешности в учете энергии на тягу поездов показал, что на электроподвижном составе и тяговых подстанциях результирующая погрешность значительна и сопоставима с величиной потерь энергии в устройствах энергообеспечения. Для того, чтобы по разности расходов энергии на тяговых подстанциях и электроподвижном составе определять потери энергии в устройствах тягового энергоснабжения, необходимо, чтобы результирующая погрешность каждой составляющей расхода энергии не превышала 1 - 1,5 %. Это выдвигает задачу создания приборов учета высокого класса для специфических условий работы на подвижном составе и тяговых подстанциях. Необходимым условием является также учет всей энергии, потребленной на тягу поездов. Для уменьшения погрешности при вычитании двух близких по величине расходов энергии требуется применять специальные меры, рекомендуемые теорией точности вычислений.

Выбор исходных данных для расчета потерь мощности по аналитическим формулам

В настоящее время применяется метод расчета системы энергообеспечения по заданным размерам движения. Трудности использования аналитических выражений в известной степени определяются сложностью выбора исходных расчетных данных, которые определяются, в основном,

НТБ
ДНУЖТ

характеристиками токопотребления и потока поездов.

Более перспективным, особенно в плане создания АСУЖТ, является метод расчета системы энергоснабжения с применением ЭЦМ. Точность расчетов в этом случае также зависит от исходных данных.

В работе приведены результаты исследования по уточнению исходных данных реального потока поездов и их токопотреблению.

В настоящее время в качестве случайной величины, характеризующей поток поездов, принимают или количество поездов, оказавшихся на расчетном участке, или межпоездной интервал. Эти характеристики определяются на основании исполненных графиков движения поездов или теоретически.

В реферируемой работе приводятся результаты наблюдений за реальными потоками поездов нескольких электрифицированных участков, отличающихся среднесуточным количеством поездов. В качестве наблюдаемой фиксируемой величины был выбран временной межпоездной интервал, который измерялся на перегоне непрерывно в течение времени не менее двух суток.

По данным наблюдений установлена независимость смежных межпоездных интервалов, которая оценивалась уравнением нормированного коэффициента корреляции с его точным уровнем значимости. Это позволяет считать потоки поездов в математическом смысле потоками восстановления.

Межпоездные интервалы оказались распределенными по логарифмически нормальному закону, параметры которого целиком определяются среднесуточным количеством поездов и коэффициентом вариации межпоездного интервала.

$$\sigma_{\lambda} = \sqrt{\ln(K_s^2 + 1)} \quad (3)$$

$$\mu_{\lambda} = \ln m_{\tau} - \frac{\sigma_{\lambda}^2}{2} \quad (4)$$

НТБ
ДНУЖТ

здесь

K_s - коэффициент вариации;

μ, σ - математическое ожидание и среднеквадратическое отклонение логарифмов межпоездных интервалов;

m_T - математическое ожидание межпоездного интервала.

$$m_T = \frac{1440}{N} \quad (5)$$

N - среднесуточное число поездов.

Установлена тесная корреляционная связь между коэффициентом вариации межпоездного интервала и среднесуточным количеством поездов. Уравнение регрессии имеет вид

$$K_s = 1 - 0,0035 \cdot N \quad (6)$$

при расчетном отрицательном значении коэффициента корреляции 0,82.

При уменьшении среднесуточного числа поездов коэффициент вариации межпоездного интервала стремится к единице, а закон распределения межпоездных интервалов - к показательному.

Отметим, что другие асимметричные распределения давали худшую оценку по критерию "хи-квадрат", чем логарифмически нормальное.

Стационарность потока поездов анализировалась по первым двум начальным моментам межпоездных интервалов.

Интервалы, полученные в результате наблюдений за реальными потоками, и интервалы, выписанные из исполненных графиков за время наблюдений, сравнены между собой по критерию Пирсона. Соответствующие значения вероятностей оказались менее 0,001, что говорит о их существенном расхождении. Указанное расхождение объясняется различием в дисперсии межпоездных интервалов, которую учесть исполненным графиком затруднительно.

Переход от межпоездных интервалов к распределению числа поездов осуществлялся моделированием потока поездов, в результате чего

НТБ
ДНУЖТ

построены зависимости вероятностей нахождения определенного числа поездов на участке от его длины.

Хотя закон распределения числа поездов и близок к биномиальному, параметры его получаются другие.

Моделирование потока поездов и полученные при этом зависимости позволяют избежать минимального межпоездного интервала попутного следования, который сам является величиной случайной, и используется для определения параметров закона распределения числа поездов.

Полученные результаты исследования потока поездов могут использоваться для решения задач энергоснабжения как по аналитическим выражениям, так и с применением ЭВМ.

Основной характеристикой, определяющей характер токопотребления на участке, является профиль пути.

В работе, на основании данных опытных поездов, получена зависимость удельного расхода энергии на тягу от опрысканного профиля, для чего участок разбивался на секции длиной 4-5 км. Указанная зависимость позволяет учесть неравномерность токопотребления по междостанционной зоне. Переход к средним токам каждого участка осуществлялся известными методами.

Для перехода от средних токов участков к эффективным в работе предлагается регрессионная зависимость, полученная на основании обработки тех же данных.

Указанный подход позволяет избежать коэффициента λ , применяемого при расчетах, и более точно учесть характер токопотребления на междостанционной зоне.

НТБ
ДНУЖТ

Расчет потерь мощности в устройствах тягового энергоснабжения

Результаты исследования, которые получены в работе, позволили на примере одного из участков произвести расчет потерь мощности в элементах устройств энергоснабжения и сравнить их с потерями, определенными экспериментально.

Потери мощности в устройствах тягового энергоснабжения складываются из потерь в оборудовании тяговых подстанций, тяговой сети и потерь мощности в питающих и отсасывающих линиях.

Потери мощности в тяговой сети состоят из:

- а) потерь, вызванных токопотреблением поездов;
- б) потерь, вызванных различным уровнем напряжения смежных тяговых подстанций.

Для определения потерь мощности от различного уровня напряжения смежных подстанций в работе построены вероятностные внешние характеристики подстанций, при этом использованы записи регистрирующих приборов. Точки по лентам тока и напряжения выбирались в установленном режиме записи, что позволило исключить переходные режимы. Кроме того, точки выбирались на расстояниях друг от друга равном периоду корреляции, который приблизительно оценивается временем хода поезда по межподстанционной зоне. Это позволило применять известные методы обработки статистической совокупности.

Точность измерений определялась сравнением оценки математического ожидания тока, полученного из обработки статистической совокупности и тока, полученного по расходу энергии подстанции за время измерений. Разность токов в этом случае не превышала 1 %.

Средние потери мощности на участке составили 10,6 %, из них в тяговой сети - 7,2 %, в оборудовании тяговых подстанций - 3,4 %.

НТБ
ДНУЖТ

Получена удовлетворительная сходимость между потерями мощности в тяговой сети, определенными по аналитическому выражению с учетом уточнения исходных данных, и потерями, найденными экспериментально.

Потери мощности в оборудовании тяговых подстанций экспериментально не определялись. В этом плане следует одобрить работу ЛИИЖТа по созданию прибора для экспериментального определения потерь в оборудовании тяговых подстанций.

Для одной из межподстанционных зон, на которой проводился эксперимент по определению потерь мощности, проверялась методика МИИТа по определению расчетного коэффициента потерь. Экспериментальное его значение равно 0,296, а расчетное 0,317.

Выводы по работе:

1. Разработан и реализован способ экспериментального определения потерь мощности в тяговой сети, основанный на интегрировании эпюры квадрата среднеквадратического тока по длине (сопротивлению) тяговой сети. Дана методика определения доверительных границ для потерь мощности, найденных экспериментально. Указанный способ экспериментального определения потерь мощности в тяговой сети может быть рекомендован для всего полигона дорог постоянного тока.

2. Исследованы погрешности учета энергии, осуществляющего на электроподвижном составе и тяговых подстанциях. Результаты погрешности учета энергии на тягу значительны и соизмеримы с величиной относительных потерь энергии в устройствах энергоснабжения. Результаты исследования показали, что необходимо создавать приборы учета энергии более высокого класса.

3. Получена регрессионная зависимость между результирующей погрешностью, вызванной искажением формы кривых тока и напряжения на тяговых подстанциях, и математическим ожиданием мощности на стороне переменного тока. Из-за автоматической погрешности в учете энергии

НТБ
ДНУЖТ

64/6a

на тяговых подстанциях, замещение расхода энергии по счетчикам для одного из участков (7 подстанций) в год составляет 8 млн. кВт·ч.

Регрессионной зависимостью рекомендуется пользоваться для тяговых подстанций железных дорог Уга, что соответствует проведенным экспериментам.

4. Выполненные исследования реального потока поездов электрифицированных участков позволили установить, что межпоездные интервалы потока распределены по логарифмически нормальному закону, параметры которого целиком определяются среднесуточным количеством поездов и коэффициентом вариации межпоездного интервала. Результаты исследования могут использоваться как для моделирования потока поездов, так и в аналитических формулах при решении различных задач энергообеспечения.

5. Разработан способ получения уточненных характеристик токопотребления для определения потерь мощности по аналитическим формулам.

6. Величины потерь мощности в тяговой сети, рассчитанные аналитически и определенные экспериментально, практически совпадают.

7. Анализ режима напряжения конкретного участка показал, что вне зависимости от уровня напряжения смежных подстанций дополнительные потери могут достигать 1 % мощности, потребленной на тягу поездов.

Методика экспериментального определения потерь мощности в тяговой сети внедрена на Приднепровской, Южной и Московско-Кавказской железных дорогах.

Результаты экспериментального определения погрешности учета энергии на тяговых подстанциях, которые позволяют уточнять расход энергии, внедрены на Южной железной дороге.

Основные положительные работы докладывались на:

НТБ
ДНУЖТ

1. Технических советах Службы электрификации и энергетического хозяйства Приднепровской (24.XII.1973г.) и Южной железных дорог (17.X.1973г.).

2. Сетевой школе МПС по экономии электроэнергии, состоявшейся 4 - 6 июня 1973 г. на от. Ясиноватая Донецкой ж.д.

3. Юбилейной научно-технической конференции ДИИТа, посвященной 40-летию Калининского выпуска 1 марта 1974 г. Днепрпетровск.

Основные результаты диссертационной работы опубликованы в следующих статьях:

1. Почаевец Э.С., Манусов Ю.Б. Вероятностные характеристики реального потока поездов. РЖ "Железнодорожный транспорт", № II, 1972.
2. Манусов Ю.Б., Почаевец Э.С. Межпоездные интервалы реального потока поездов электрифицированных участков. РЖ "Железнодорожный транспорт", № 6, 1974.
3. Манусов Ю.Б., Грабин Е.А. Погрешности учета энергии на тягу поездов. РЖ "Железнодорожный транспорт", № 9, 1973.
4. Почаевец Э.С., Манусов Ю.Б. Экспериментальное определение потерь мощности в тяговой сети электрифицированного транспорта. "Вестник Всесоюзного научно-исследовательского института железнодорожного транспорта", № I, 1973.
5. Манусов Ю.Б., Войный В.А., Марченко Л.И. Экспериментальное определение погрешности учета энергии на тяговых подстанциях постоянного тока. Труды СНИО ДИИТа "Решение инженерных задач для железнодорожного транспорта", вып. 4, 1974.
6. Манусов Ю.Б., Скрибицкий В.С. Погрешности учета энергии на тяговых подстанциях постоянного тока. "Вестник Всесоюзного научно-исследовательского института железнодорожного транспорта", 1974г. (в печати).

НТБ
ДНУЖТ

Сканировала Камянская Н.А.

БТ-19999 Подл. к печати 20/1-76г. 1,25 п.л. з.23; т.120

ПОМ треста "Днепрогеофизика", ул. В.Дубинина, 8.

НТБ
ДНУЖТ