

УДК 621.331

В. Г. КУЗНЕЦОВ, канд.техн.наук, доц., Днепропетровский университет
железнодорожного транспорта им. ак. В.Лазаряна

К. А. КАЛАШНИКОВ, асп., Днепропетровский университет
железнодорожного транспорта им. ак. В.Лазаряна

ИССЛЕДОВАНИЕ ФАКТОРОВ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ ВЕЛИЧИНУ ПОТЕРЬ МОЩНОСТИ В ТЯГОВОЙ СЕТИ

Проведено дослідження показників, що визначають величину втрат потужності в тяговій мережі та залежності величини втрат потужності в тяговій мережі від дислокації і відстані між поїздами на зоні міжпідстанції.

Ключові слова: енергозбереження, втрати потужності, тягова мережа.

Проведено исследование факторов, определяющих величину потерь мощности в тяговой сети, зависимости величины потерь мощности в тяговой сети от дислокации и расстояния между поездами на межподстанционной зоне.

Ключевые слова: энергосбережение, потери мощности, тяговая сеть.

The authors discussed the factors that determine the value of power losses in contact lines and explain the dependences of these losses of distances between trains.

Keywords: energy saving technologies, the value of power losses, contact lines.

Введение

Задача снижения потерь электроэнергии в системах электроснабжения является составной частью проблемы энергосбережения на предприятиях железнодорожного транспорта. Для ее решения необходимо исследовать

Цель статьи

Исследование факторов, определяющих величину потерь мощности в тяговой сети, зависимости величины потерь мощности в тяговой сети от дислокации и расстояния между поездами на межподстанционной зоне (МЗ). факторы, определяющие величину потерь мощности в тяговой сети. В реальных условиях эксплуатации к ним можно отнести: колебания массы поездов, а следовательно, и энергии, потребляемой электроподвижным составом, колебания напряжений на токоприемниках электропоездов, изменение метеорологических условий, особенности ведения поездов машинистами, особенности организации движения и, как следствие, изменение числа поездов, одновременно находящихся в зоне питания подстанций, и расстояния между ними (рис. 1).



Рис.1. Взаимодействие факторов, определяющих величину потерь мощности в тяговой сети

Анализ литературы

Для выполнения требований по организации перевозочного процесса и улучшения показателей эксплуатационной работы железных дорог, пропуск поездов необходимо осуществлять как можно быстрее, при этом должны учитываться ограничения по скорости движения, возможности тяговых подстанций и затраты энергии на перемещение поездов по выбранному участку[0].

В общем случае уравнение движения поезда имеет вид [1]:

$$\frac{ds}{dt} = v;$$

$$\frac{dv}{dt} = \frac{\xi}{1 + \gamma} (u(s) - w_0 - i(s));$$

где $u(s)$ – режим работы (позиция контроллера машиниста);

$$u(s) = \begin{cases} f_k(v) & \text{– режим тяги;} \\ 0 & \text{– режим выбега;} \\ -b_k(v) & \text{– режим торможения.} \end{cases}$$

V – скорость движения;

t – время;

ξ – размерный коэффициент, представляющий собой ускорение поезда, когда на каждую единицу его массы действует единичная ускоряющая сила;

$f_k(v)$ – удельная касательная сила тяги;

w_0 – основное удельное сопротивление движению поезда;

i – сопротивление от плана и профиля пути;

γ – коэффициент инерции вращающихся масс;

$-b_k(v)$ – удельная тормозная сила.

Значение управляющего параметра должно удовлетворять ограничениям:

– в режиме тяги:

$$0 < u \leq f_{km}(v); \quad (1)$$

где $f_{km}(v)$ – максимальное значение удельной силы тяги, определяемое ограничением тяговой характеристики при скорости движения v ;

– в режиме торможения:

$$-b_{km} \leq u(s) < 0; \quad (2)$$

где b_{km} – максимальное значение удельной тормозной силы, которая может быть реализована при скорости движения v .

Следовательно, приходим к задаче оптимизации при заданных условиях:

– профиль пути $i(s)$;

– тип электровоза;

– масса состава;

– тип вагонов и нагрузки от оси на рельс,

найти такое $u(s)$, удовлетворяющее (1), (2), чтобы решение системы **(Ошибка! Источник ссылки не найден.)** $v(s)$ удовлетворяло ограничениям:

$$\underline{v}(s) \leq v(s) \leq \bar{v}(s), \quad (3)$$

где $\underline{v}(s)$ и $\bar{v}(s)$ – допустимые минимальное и максимальное значение скорости движения $v(s)$.

Чтобы задача имела замкнутый характер, необходимо добавить граничные условия:

$$\underline{v}(s)|_{s=S_n} \in V_n; \quad v(s)|_{s=S_k} \in V_k; \quad (4)$$

где V_n и V_k – некоторые интервалы, из которых должны выбираться скорости в начале пути $S = S_n$ и в конце пути $S = S_k$.

Критерием оптимальности является минимальное значение времени движения поезда на отрезке пути $[S_n, S_k]$.

Время движения поезда определяется из условия:

$$t = \int_{S_n}^{S_k} \frac{ds}{v(s)}, \quad (5)$$

откуда следует, что $v(s)$ должна быть максимальной при оговоренных ограничениях.

В настоящее время данная задача достаточно полно исследована и имеются программные реализации ее решения [0]. Исследования влияния параметров эксплуатации на величину потерь мощности в тяговой сети с учетом характеристик системы электроснабжения проведены в работах [0-0]. Тяговые расчеты, выполненные для любого железнодорожного участка позволяют получить две зависимости:

– потребляемые токи: $I(S), \quad S \in [S_n, S_k]$;

– скорость движения поезда: $V(S), \quad S \in [S_n, S_k]$,

где S – длина МЗ, км;

S_n, S_k - начальная и конечная координата МЗ.

Данные зависимости объективно характеризуют влияние технических данных тягового подвижного состава и параметров пути на характер изменения нагрузки. Однако в указанных работах не проводились исследования зависимости величины потерь мощности в тяговой сети от дислокации поездов и расстояния между поездами на участке.

Основной материал

Проведем исследования зависимости величины потерь мощности в тяговой сети от дислокации поездов и расстояния между поездами на электрифицированной линии Приднепровской ж.д. (). Расчет потерь мощности в тяговой сети проводился для двух МЗ в четном и нечетном направлениях, где имеет место подъем профиля пути, и данные МЗ можно рассматривать как «узкое место» всего направления (лимитирующего пропускную способность участка по условиям электроснабжения).

Исходные данные для расчетов:

- 1) длина МЗ четного направления – 17 км;
- 2) длина МЗ нечетного направления – 18 км;
- 3) место расположения поездов $X = [x_1, x_2, \dots, x_N]$;
- 4) токи, потребляемые поездами $I(S)$, $S \in [S_n, S_k]$;
- 5) скорости движения поездов $V(S)$, $S \in [S_n, S_k]$;
- 6) удельное сопротивление контактной сети $R = 0.07$ Ом/км;
- 7) сечение контактного провода – 412 мм²;
- 8) схема питания – двухсторонняя.

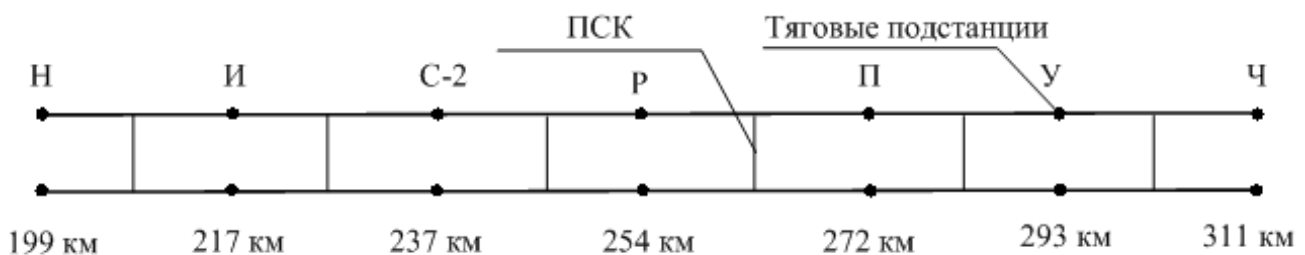


Рис.2. Схема исследуемого электрифицированного участка Приднепровской ж.д.

Потери мощности в контактной сети определялись по формуле:

$$\Delta P = \int_0^{L_0} \Delta U(x) I(x) dx, \quad (6)$$

$$\text{где } \Delta U(x) = \begin{cases} \Delta U_A(x) & \text{при } 0 \leq x \leq x_m \\ \Delta U_B(x) & \text{при } x_m \leq x \leq L_0. \end{cases}$$

Результаты расчетов представлены в табл. 1, таблице 2.

Таблица 1. Потери мощности в тяговой сети на МЗ четного направления

Расстояние между поездами (км)	Дислокация поездов (км)		Мгновенное значение тока поезда (А)		Мгновенные суммарные потери мощности в тяговой сети при данном расположении поездов (кВт)
	1-й поезд	2-й поезд	1-й поезд	2-й поезд	
3	0,1	3,1	964	1744	1215
	2,1	5,1	1751	1657	3382
	4,1	7,1	1776	1746	4136
	6,1	9,1	1708	1645	4112
	8,1	11,1	1516	0	918
5	0,1	5,1	964	1657	1627
	2,1	7,1	1751	1746	2777
	4,1	9,1	1776	1645	3232
	6,1	11,1	1708	0	1704
7	0,1	7,1	964	1746	1604
	2,1	9,1	1751	1645	1173
	4,1	11,1	1776	0	1614

Таблица 2. Потери мощности в тяговой сети на МЗ нечетного направления

Расстояние между поездами (км)	Дислокация поездов (км)		Мгновенное значение тока поезда (А)		Мгновенные суммарные потери мощности в тяговой сети при данном расположении поездов (кВт)
	1-й поезд	2-й поезд	1-й поезд	2-й поезд	
3	0,1	3,1	39	513	1310
	2,1	5,1	423	1768	3598
	4,1	7,1	1769	1724	9694
	6,1	9,1	1565	1921	11896
	8,1	11,1	1880	1775	14175
	10,1	13,1	1635	1524	9298
	12,1	15,1	1706	39	2909
5	0,1	5,1	39	1768	2980
	2,1	7,1	423	1724	4337
	4,1	9,1	1769	1921	10038
	6,1	11,1	1565	1775	8201
	8,1	13,1	1880	1524	9844
	10,1	15,1	1635	39	3505
	12,1	17,1	1706	39	2856
7	0,1	7,1	39	1724	3768
	2,1	9,1	423	1921	5439
	4,1	11,1	1769	1775	7030
	6,1	13,1	1565	1524	5896
	8,1	15,1	1880	39	4776
	10,1	17,1	1635	39	3456

По приведенным данным минимальные потери для двух поездов на МЗ четного направления составляют 918 кВт, а максимальные 4136 кВт, на МЗ нечетного направления минимальные потери для двух поездов 1310 кВт, максимальные 14175 кВт. Вариация потерь мощности в зависимости от дислокации и расстояния между поездами достигает – 3,5 раза на МЗ четного направления и почти 10 раз на МЗ нечетного направления.

Выводы

В ходе проведенных исследований установлено, что одно и то же количество поездов может быть пропущено по участку с различными потерями мощности в тяговой сети в зависимости от дислокации и расстояния между поездами на МЗ, что приводит к задаче определения оптимальных расстояний между поездами по критерию минимума суммарных потерь мощности в контактной сети. Вариация потерь мощности в зависимости от дислокации и расстояния между поездами достигает – 3,5 раза на МЗ четного направления и почти 10 раз на МЗ нечетного направления.

Список литературы: 1. *Левин, Д. Ю.* Теория оперативного управления перевозочным процессом [Текст] / Д. Ю. Левин. - М. : Транспорт, 2008. – 625 с. 2. *Гетьман Г.К.* Теория электрической тяги [Текст] / Г.К. Гетьман. – Д: Маковецкий, 2011. – 362 с. 3. *Бобирь, Д. В.* Усовершенствование режимов ведения грузового поезда с электрической тягой [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук 05.22.07 / Бобирь Дмитрий Валерьевич; [ДНУЖТ].-Д.:2000.- 23 с. 4. *Марквардт, К.Г.* Электроснабжение электрифицированных железных дорог [Текст] / К.Г.Марквардт. – М:Транспорт, 1982.–528 с. 5. *Мирошниченко, Р. И.* Режимы работы электрифицированных участков [Текст] / Р. И. Мирошниченко - М. : Транспорт, 1982. – 207 с. 6. Проектирование систем энергоснабжения электрических железных дорог / [Бесков Б.А., Геронимус Б.Е., Давыдов В.Н. и др.]; под ред. Л.М. Перцовского. - М.: Трансжелдориздат, 1963. – 471 с. 7. Эксплуатационные требования к параметрам устройств энергоснабжения железных дорог, электрифицированных на постоянном токе [Текст] : сб. науч. тр. / ВНИИЖТ – Москва : Трансжелдориздат, 1959. – 234 с. 8. *Гаранин, М. А.* Совершенствование расчета наличной пропускной способности железных дорог постоянного тока по условиям электроснабжения [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук 05.22.07 / М. А. Гаранин. – Самара: 2004. – 25 с.

Поступила в редколлегию 17.03.2012

УДК 629.735.083.02.06(045)

Ю.М. ТЕРЕЩЕНКО, докт.техн.наук, проф., НАУ, Київ,
І.О. ЛАСТІВКА, канд.техн.наук, зав.каф., НАУ, Київ

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ АКТИВНОГО УПРАВЛІННЯ ОБТІКАННЯМ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ДИФУЗОРНИХ КОМПРЕСОРНИХ РЕШІТОК

Проведено дослідження ефективності впливу активного управління обтіканням дифузорних компресорних решіток на кут відставання потоку та рівень втрат повного тиску.

Ключові слова: газодинамічне управління обтіканням, дифузорні решітки.