

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ПОТЕРЬ МОЩНОСТИ В ТЯГОВОЙ СЕТИ ОТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НЕРАВНОМЕРНОСТИ ПОТОКА ПОЕЗДОВ

Представил д.т.н., профессор Гетьман Г.К.

Особенностью электротяговой нагрузки является непрерывное изменение ее величины в течении любого исследуемого отрезка времени. На это влияет неравномерность движения потока поездов. Причины возникновения неравномерности, исследованные в работах [1-3], могут быть сведены к следующим категориям:

– экономические, вызванные колебаниями объемов перевозок с ростом выпуска продукции, сезонностью производства, изменением связей между районами производства и потребления и т. п. ;

– технические, вызывающие колебания струй вагонопотоков при отправлении с пунктов зарождения или при образовании на станциях формирования из-за сложности соблюдения строгого ритма отправления вагонов как по количеству, так и по времени;

– организационные, создаваемые установившимися режимами работы предприятий, например, перерывами в выходные и праздничные дни, а также ночью, предоставление «окон» для ремонтных и реконструктивных работ, сгущение подвода поездов к пунктам сдачи перед отчетным временем (на 17 ч).

В связи с повышением стоимости электроэнергии и тенденцией ее постоянного роста, все более актуальным становится вопрос уменьшения потерь мощности в тяговой сети за счет решения организационных вопросов, вызывающих неравномерность. Данной проблематике посвящено множество работ [4, 5, 6], однако, проблема исследования зависимостей потерь мощности в тяговой сети от неравномерности потока поездов до конца не решена. Для уменьшения потерь мощности в контактной сети за счет повышения качества управления транспортным потоком, необходимо определить степень влияния каждого показателя потока поездов в отдельности на общую величину потерь мощности.

Средние потери мощности в контактной сети ΔP обычно определяются по аналитическим формулам [7]. Для двухстороннего питания фидерной зоны:

$$\Delta P = \frac{r I_0^2 n_0^2}{12} \left(k_{сп}^2 + \frac{2k_{э0}^2 - 1}{n_0} \right), \quad (0)$$

где I_0 - средний ток одного поезда;

r - сопротивление 1 км тяговой сети, Ом;

l - расстояние между подстанциями, км;

n_0 - среднее количество поездов между подстанциями;

$k_{э0}$ - коэффициент эффективности одного поезда;

$k_{сп}$ - отношение коэффициентов $\frac{k_{эс}}{k_{эп}}$ или $\frac{k_{эс}}{k_{эт}}$;

$k_{эс}$ - коэффициент, учитывающий переход от среднего к среднеквадратичному количеству поездов за сутки;

$k_{эп}$ - коэффициент эффективности нагрузки участка (в поездах), характеризующий соотношение среднеквадратичного и среднего количества поездов за исследуемый период;

$k_{эт}$ - коэффициент эффективности нагрузки участка (в поездах), характеризующий соотношение среднеквадратичного и среднего количества поездов в интенсивный период рассматриваемой продолжительности.

При узловом режиме питания

$$\Delta P = \frac{r I_0^2 n_0^2}{32} \left(k_{сн}^2 + \frac{4k_{э0}^2 - 1}{n_0} \right). \quad (2)$$

Как известно, при протекании колеблющейся нагрузки в проводах контактной сети, а также в обмотках трансформаторов, на тяговых подстанциях возникают потери энергии, которые определяются по

среднеквадратичному (эффективному) току $I_{\text{э}}$, величина которого определяется по формуле:

$$I_{\text{э}} = \sqrt{\frac{\int_0^T i^2 dt}{T}}, \quad (3)$$

где i - мгновенное значение тока, А;

T - период протекания тока;

I - среднее значение тока, за период T .

Коэффициент эффективности $k_{\text{э}}$,

выражается следующим уравнением:

$$k_{\text{э}} = \frac{I_{\text{э}}}{I}, \quad (4)$$

Коэффициент эффективности одного поезда определяется на основании данных тяговых расчетов или по формуле:

$$k_{\text{э}0} = 1.04 \sqrt{\frac{t}{t_m}}, \quad (5)$$

$$t = \frac{\sum \alpha_p A_p}{\sum \frac{\alpha_p A_p}{t_p}}, \quad (6)$$

где α_p - доли поездов разных категорий;

A_p - расход энергии поездом данной категории на рассматриваемой фидерной зоне, кВт.ч;

t_p - время хода поезда по ограничивающему перегону при расчетном напряжении.

$$\alpha_p = \frac{n_i}{n_{\text{пр}}}, \quad (7)$$

где n_i - количество поездов каждой категории;

$n_{\text{пр}}$ - приведенное количество поездов.

$$n_{\text{пр}} = \sum n_{\text{гр}} + \varepsilon' n_{\text{пс}} + \varepsilon'' n_{\text{сб}}, \quad (8)$$

где $n_{\text{гр}}$, $n_{\text{пс}}$, $n_{\text{сб}}$ - количество соответственно грузовых, пассажирских и сборных поездов;

ε' и ε'' - соответственно коэффициент съема пассажирского и сборного поездов.

$$t_m = \frac{\sum \alpha_p A_p}{\sum \frac{\alpha_p A_p}{t_{\text{пр}}}}, \quad (9)$$

где α_p - доли поездов разных категорий;

A_p - расход энергии поездом данной категории на рассматриваемой фидерной зоне, кВт.ч;

t_m - время хода поезда под током.

Средний ток для каждого поезда на фидерной зоне при разнотипных поездах определяется для каждого пути по формуле:

$$I_o = \frac{1}{Ul} \sum \alpha_p A_p v_p = \frac{1}{U} \sum \frac{\alpha_p A_p}{t_p}, \quad (10)$$

где A_p - расход энергии поездом данной категории на рассматриваемой фидерной зоне, кВт.ч;

α_p - доли поездов разных категорий;

v_p - средние ходовые скорости поездов данной категории на фидерной зоне, км/ч;

l - длина фидерной зоны, км;

t_p - время хода поезда по фидерной зоне.

Для расчета коэффициента Авторами статьи проведен анализ графиков выполненного движения поездов на двухпутном участке Приднепровской железной дороги [8-10]. В ходе исследования установлены пределы изменения коэффициентов:

$$k_{\text{эс}} = 1,09...1,3;$$

$$k_{\text{ип}} = 1,55...2,2;$$

$$k_{\text{эп}} = 1,005...1,18;$$

$$k_{\text{эп}} = 1,01...1,03;$$

$$k_{\text{сп}} = 1,08...1,26.$$

Проанализируем пределы изменения потерь мощности в тяговой сети межподстанционной зоны постоянного тока при изменении коэффициента $k_{\text{сп}}$.

Исходные данные для расчёта представлены в табл. 1

Таблица 1

Исходные данные

г, Ом/км	l, км	I ₀ , А	n ₀	k _{э0}
0,058	12	1360	2	1,25

На рис.1 представлен график изменения потерь мощности на межподстанционной зоне при двухстороннем питании и при узловом

схеме питания. При принятых исходных данных потери мощности в контактной сети на межподстанционной зоне могут изменяться на 18,9% для схемы двухстороннего питания и на 11,1% для узловой схемы питания в зависимости от величины коэффициента $k_{сп}$, который характеризует неравномерность потока поездов на участке.

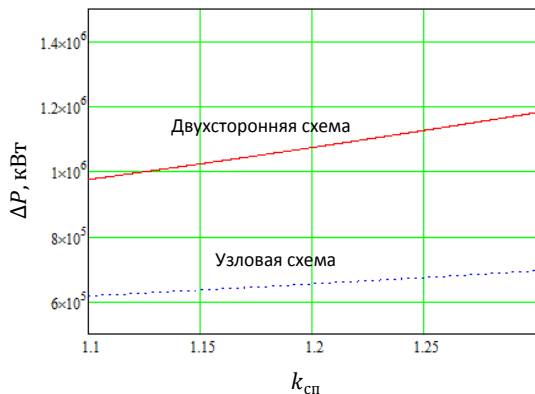


Рис. 1. Зависимость потерь мощности на межподстанционной зоне от коэффициента $k_{сп}$

Вывод

Установлены пределы изменения потерь мощности в контактной сети на межподстанционной зоне при изменении характеристик потока поездов. Это даёт возможность рассчитывать потенциал экономии электроэнергии за счёт рациональной организации перевозочного процесса.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Угрюмов, А. К. Неравномерность движения поездов [Текст] / А. К. Угрюмов. – М.: Транспорт, 1968. – 112 с.
2. Левин, Д. Ю. Теория оперативного управления перевозочным процессом [Текст] / Д. Ю. Левин. - М.: Транспорт, 2008. – 625 с.
3. Мирошниченко, Р. И. Режимы работы электрифицированных участков [Текст] / Р. И. Мирошниченко - М.: Транспорт, 1982. – 207 с.
4. Митрофанов, А. Н. Моделирование процессов прогнозирования и управления электропотреблением тяги поездов [Текст] / А.

Н. Митрофанов; Самарская гос. акад. путей сообщения. - Самара. - 2005, -168 с.

5. Доманская, Г. А. Энергосберегающие технологии тягового электроснабжения железных дорог с учетом режимов работы питающих их энергосистем [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук 05.22.09 / Г. А. Доманская. – Д.:, 2007. – 25 с.

6. Землянов, В. Б. Энергооптимальные технологии анализа и регулирования электропотребления на тягу поездов [Текст]: автореф. дис...канд. техн. наук : 05.22.09 / Землянов Владимир Борисович; [ДНУЖТ].- Д.:2000.-23 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. Кузнецов, В. Г. Оптимизация взаимного расположения поездов на перегоне с учётом условий электроснабжения [Текст] / В.Г. Кузнецов, К.А. Калашников // Тезисы 4ой Международной научно-практической конференции "Электромагнитная совместимость и безопасность на железнодорожном транспорте" ЕМС&S-R".-2011.-Чинадиево: ДНУЖТ. – С. 48-49.

9. Кузнецов, В. Г. Оптимизация графика движения поездов с учётом энергетической составляющей [Текст] / В.Г. Кузнецов, К.А. Калашников // Труды международной научно-практической конференции "Проблемы и перспективы развития транспортного комплекса: образование, наука, производство".-2009.-г. Ростов на Дону:РГУПС.-С.362-363.

10. Кузнецов, В. Г. Энергооптимальное управление потоком поездов [Текст] / В.Г. Кузнецов, К.А. Калашников // Материалы II международной научно-практической конференции "Энергосбережение на железнодорожном транспорте". – 2011. – Ждениево: ДНУЖТ. – С.35-37.