

*Р.С. МЫЦКО*, ГП ДОСЖТ (г. Днепропетровск)

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЯГОВОЙ СЕТИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА**

В статті порівнюються система тягового електропостачання змінного струму з екрануючими та підсилюючими проводами та система тягового електропостачання з відсосуючими трансформаторами. Показано, що при застосуванні системи з екрануючими та підсилюючими проводами зменшуються затрати як на капітальне будівництво, так і на експлуатацію.

In the article compared system of hauling supply of alternating current with screening and strengthening send-offs that system of hauling supply with transformers. It is rotined that at application of the system with screening and strengthening send-offs expenses diminish both on capital building and on exploitation.

При электрификации новых участков железных дорог по системе однофазного переменного тока применение тяговой сети с экранирующим и усиливающим проводами (ЭУП) обеспечивает значительное снижение капиталовложений. Так, например, стоимость электрификации участка Северной железной дороги России, протяженностью 89 км и осуществлённой в 1997 году с применением тяговой сети ЭУП, оказалось на 27% меньше среднесетевого показателя для переменного тока.

Хотя стоимость контактной сети при системе ЭУП и возрастает примерно на 20%, однако общая стоимость электрификации снижается за счет сокращения числа тяговых подстанций. Длина межподстанционных зон при этом увеличивается. Технический предел этого увеличения ограничен допустимым минимальным уровнем напряжения в контактной сети, которое в нормальных условиях эксплуатации не должно снижаться ниже 21 кВ. В зависимости от размеров движения и мощности локомотивов длина межподстанционной зоны по этому показателю может составлять 100 км и более.

Потери энергии в тяговой сети при этом могут оказаться больше, чем при обычной системе 27,5 кВ. В условиях постоянного роста цен за электроэнергию этот фактор способен оказать влияние на экономические показатели системы ЭУП, поэтому он требует более детального рассмотрения.

Оценка эффективности системы переменного тока 27,5 кВ, 50 Гц по сравнению с системой 27,5 кВ с отсасывающими трансформаторами (ОМО) может быть выполнена по различным критериям. В условиях энергосбережения важнейшим критерием является минимум потерь энергии в этих системах за определенный период (очевидно, что текущее обслуживание оборудования систем не в пользу системы переменного тока 27,5 кВ с ОМО).

Данные о размерах движения и характеристике участков, местах установки отсасывающих трансформаторов предоставлены службой электро-

снабжения Юго-Западной железной дороги и использованы для общих приближительных оценочных расчетов.

С целью повышения точности расчетов использовались данные о токопотреблении различных участков, полученные в ходе проведения серии экспериментов в период май-август 2006 года на Юго-Западной железной дороге с целью определения степени влияния различных систем электроснабжения на линии связи.

На рис. представлен общий план участков, на которых проводился расчет.

С использованием программного комплекса разработанного в диссертации для расчета систем тягового электроснабжения «Матрикс» создается вероятностный график движения поездов на основании которого и проводится расчет электротехнических параметров. В процессе имитационного моделирования определяются суточные месячные и годовые значения активных и реактивных расходов электроэнергии и потерь энергии и среднеквадратические значения токов фидеров тяговых подстанций. Для повышения достоверности полученных результатов, имитационное моделирование одного и того же участка определяется при различных реализациях графика движения поездов (200 реализаций). Математические ожидания расхода энергии и потерь энергии определяется как среднее из 200 реализаций графика движения.

Для каждого участка расчеты по программе «Матрикс» проводились дважды. Первый раз для обычной системы переменного тока 27,5 кВ без учета отсасывающих трансформаторов и второй раз при их учете в схеме. Рассчитанные величины представлены в таблицах 1, 3. Месячный экономический эффект от отключения одного отсасывающего трансформатора рассчитывается по следующей формуле:

$$E = \frac{C_1}{N_T} \cdot \sum_{i=1}^T (\Delta W_{Ti} - \Delta W_{Bi}),$$

где  $\Delta W_B$  – суточные потери энергии (вариант без отсасывающих трансформаторов);

$\Delta W_T$  – суточные потери энергии (вариант с отсасывающими трансформаторами);

$N_T$  – количество отсасывающих трансформаторов;

$T$  – период за который проводится расчет (30 суток).

$C_1$  – цена 1-го кВт\*ч электроэнергии по первому классу (без НДС),  $C_1=0,2457$  грн.

### **Расчет участка Киев-Фастов**

Данный участок состоит из двух межподстанционных зон. В сутки по этих зонах проходит 79 пар поездов. Параметры необходимые для технико-

экономического расчета получены в результате моделирования режимов работы одних и тех же участков с применением отсасывающих трансформаторов и без них получены экспериментально.

Экономический эффект за месячный период за счет снижения потерь при отключении одного ОМО можно определить по формуле:

$$E = \frac{0,2457}{6} \cdot \sum_{i=1}^{30} (3468,45 - 1665,14) = 2215,37 \text{ грн}$$

$$E = \frac{0,2457}{4} \cdot \sum_{i=1}^{30} (1852,44 - 798,81) = 1941,58 \text{ грн}$$

В среднем по целому участку:  $(2215,37 \cdot 6 + 1941,58 \cdot 4) / 10 = \underline{\underline{2105,85}}$  грн.

#### **Расчет участка Киев-Нежин**

Данный участок состоит из четырех межподстанционных зон. В сутки по этих зонах проходит - 101 пара поездов.

Экономический эффект за месячный период за счет снижения потерь при отключении одного ОМО можно определить по формуле:

$$E = \frac{0,2457}{3} \cdot \sum_{i=1}^{30} (2916,86 - 1802,41) = 2738,20 \text{ грн}$$

Для участка Киев-Нежин месячный экономический эффект от отключения 1-го отсасывающего трансформатора составляет **2738,20** грн.

#### **Расчет участка Дарница –Киев Петровка - Буча**

Данный участок состоит из трех межподстанционных зон. В сутки по этих зонах проходит - 44 пара поездов.

Экономический эффект за месячный период за счет снижения потерь при отключении одного ОМО можно определить по формуле:

$$E = \frac{0,2457}{8} \cdot \sum_{i=1}^{30} (2025,46 - 677,82) = 1241,68 \text{ грн}$$

Для участка Дарница –Киев Петровка - Борщаговка месячный экономический эффект от отключения 1-го отсасывающего трансформатора составляет **1241,68** грн.



Рисунок – Общий план участков Юго-Западной железной дороги

### Расчет участка Киев - Выдубичи - Мироновка

Данный участок состоит из двух межподстанционных зон. В сутки по этих зонах проходит - 27 пар поездов.

Экономический эффект за месячный период за счет снижения потерь при отключении одного ОМО можно определить по формуле:

$$E = \frac{0,2457}{9} \cdot \sum_{i=1}^{30} (4407,14 - 2631,10) = 1454.58 \text{ грн}$$

Для участка Киев - Выдубичи - Мироновка месячный экономический эффект от отключения 1-го отсасывающего трансформатора составляет **1454,58** грн.

Таблица 1

Результаты расчетов участков. Средние значения 200 реализаций ГДП

	Re(W),Вт	Im(W),вар	dW,Вт	dW,%	$\Gamma_{f1}^2, A^2 \cdot \text{час}$	$\Gamma_{f2}^2, A^2 \cdot \text{час}$	$\Gamma_{f3}^2, A^2 \cdot \text{час}$	$\Gamma_{f4}^2, A^2 \cdot \text{час}$
<b>Фастов-Боярка (без отсасывающих трансформаторов/ с отсасывающими трансформаторами)</b>								
1	186564903	119598289	<b>1665142</b>	0.892354	285558.9	302706.8	300119	288665.4
2	186448151	119306372.5	<b>3468453</b>	1.56664807	287402	299932.4	301825.9	285553.4
<b>Боярка-Киев (без отсасывающих трансформаторов/ с отсасывающими трансформаторами)</b>								
3	99462977	63725188	<b>798807.5</b>	0.803152	166029.7	165854.5	165752.7	164689.4
4	99417875.94	63652273	<b>1852442</b>	1.569251	165013.4	164840.2	165510.6	165245.8
<b>Дарница-Бобрик (без отсасывающих трансформаторов/ с отсасывающими трансформаторами)</b>								
5	256295588.4	162475151.7	<b>1802406</b>	0.703148	395965	411251	413103.9	394795
6	256995104	163173820	<b>2916863</b>	0.958	397590.7	415697.9	415671.8	397670.3
<b>Дарница –Киев Петровка - Борщаговка (без отсасывающих трансформаторов/ с отсасывающими трансформаторами)</b>								
7	80126999	51045123	<b>677820.6</b>	0.845979	114525.3	112725.5	113875.1	113462.2
8	79964625	51012325	<b>2025458</b>	2.135467	113632.1	111791.1	112995.4	113175.1
<b>Киев - Выдубичи - Мироновка (без отсасывающих трансформаторов/ с отсасывающими трансформаторами)</b>								
9	146920391	94293584	<b>2631099</b>	1.789531	202719.8	209391.1	206384.2	203641.3
10	147564529.7	94892934	<b>4407142</b>	2.509955	203671.8	209708.5	209059.6	204051.3

На базе выполненных теоретических и экспериментальных исследований решена важная научно-техническая проблема повышения энергетической эффективности и экологической безопасности электротяговых систем, позволяющих обеспечить и требуемую грузонапряженность, и снижение электропотребления, и существенное уменьшение затрат на электрификацию новых участков железных дорог

Таблица 2

Экономический эффект от отключения 1-го отсасывающего трансформатора

№ п/п	Название участка	Месячный эффект, кВт*ч	Годовой эффект, кВт*ч	Месячный эффект, грн	Годовой эффект, грн
1	Киев-Фастов (с перетоками)	8571	102850	2105,85	25270,25
2	Киев-Нежин	11185	134222	2748,20	32978,40
3	Дарница – Киев Петровка – Буча (с перетоками)	5054	60644	1241,68	14900,16
4	Киев - Выдубичи – Мироновка (с перетоками)	5920	71042	1454,58	17454,92

Выполненные исследования позволяют сделать следующие выводы.

С целью повышения энергоэкономической эффективности систем тягового электроснабжения переменного тока не рекомендовать применение отсасывающих трансформаторов при строительстве новых электрифицированных линий.

В условиях необходимости ресурсосбережения, экономии энергии и снижения затрат на строительство новых электрифицированных линий транспортных коридоров железных дорог Украины наибольший эффект может быть достигнут при внедрении тяговой сети переменного тока 27,5 кВ с экранирующим и усиливающим проводами. При этом достигается следующая экономия: - затраты на электрификацию 1 км. Пути снижаются в 1,5-2 раза; затраты на потребляемую энергию снижаются от 2 до 6%; потери энергии в тяговой сети уменьшатся в 1,5 – 1,8 раза по сравнению с обычной тяговой сетью 27,5 кВ.

**Список литературы:** 1. *Доманский В.Т., Мыцко Р.С., Босый Д.А.* Определение потерь энергии в тяговой сети переменного тока 27,5 кВ // Сборник тезисов доклада на 3 международном симпозиуме Eltrans'2005. – Санкт-Петербург. – 2005. 2. *Доманский В.Т., Мыцко Р.С., Босый Д.А.* Прогнозирование электропотребления железных дорог // Залізнич. транспорт України. – 2006. – № 4. – С. 20 – 21. 3. *Косарев Б.И.* Электробезопасность в тяговых сетях переменного тока. – М.: Транспорт, 1987. – 216 с. 4. *Карякин Р.Н.* Тяговые сети переменного тока. - 2-е изд., перераб. и доп.– М.: Транспорт, 1987. – 279 с. 5. *Корниенко В.В.* Основные аспекты развития хозяйства электрификации и электроснабжения железных дорог Украины // Транспорт. 36. наук. праць ДІПТ. – Днепропетровськ: Наука і освіта, 2001. – Вип. 8. – С. 25 - 28.

Поступила в редколлегию 20.10.07