

Таблица 1 – Уровни звукового давления от источников шума предприятия в дневное время на промышленной площадке локомотивного депо Лида РУП «Барановичское отделение Белорусской железной дороги»

Источник шума	Высота подъема, м	Эквивалентный уровень звука $L_{эkv}$ , дБА	Максимальный уровень звука $L_{max}$ , дБА
1 Тепловоз с работающим двигателем	3,0	84,65	85,68
2 Тепловоз с работающим двигателем	3,0	84,64	85,00
3 Вентиляционная система столовой	1,5	83,93	84,24
4 Станция испытания дизелей	6,0	82,07	82,63
5 Система дробеструйной обработки	1,0	96,56	97,65
6 Вентиляционная система покрасочного цеха	1,0	60,97	61,48

Согласно ГОСТ 23337–2014 «Методы измерения шума на селитебной территории и в помещениях жилых и общественных зданий», п. 7.14, допускается измерять шум в дневное время, с условием неизменения шума во времени. Шум от источников 3–6 в ночное время отсутствует, поэтому для расчета в ночное время использовались замеры источников 1 и 2.

Контрольными точками выступают две точки, расположенные на границе селитебной территории. В соответствии с информацией, представленной предприятием, тепловоз на прогреве находится в среднем 280 мин в сутки, время прогрева в дневное и ночное время отдельно выделить не представляется возможным. Поэтому принято решение равномерно учитывать время для дня (16 ч – 186,7 мин) и ночи (8 ч – 93,3 мин).

В соответствии с ГОСТ 23337–2014 «Методы измерения шума на селитебной территории и в помещениях жилых и общественных зданий», п. 3.22, уровень звукового воздействия  $L_{EA}$ , измеренный на временном интервале  $T$ , позволяет определить эквивалентный уровень звука с помощью формулы

$$L_{EA} = L_{A_{эkvT}} + 10 \lg \frac{T}{T_0}, \quad (1)$$

где  $L_{A_{эkvT}}$  – эквивалентный уровень шума за время работы оборудования  $T$ ;  $T$  – время работы оборудования (день – 186,7 мин, ночь – 93,3 мин);  $T_0$  – общее время (день – 16 ч, ночь – 8 ч).

Результаты расчета сведены в таблицу 2.

Таблица 2 – Эквивалентные уровни шумового воздействия на границе селитебной территории

Номер контрольной точки	Эквивалентный уровень звука* $L_{эkv}$ , дБА		Эквивалентный уровень звука** $L_{эkv}$ , дБА		Значения ПДУ для $L_{эkv}$	
	Дневное время суток	Ночное время суток	Дневное время суток	Ночное время суток	Дневное время суток	Ночное время суток
1	56,6	56,0	49,5	48,9	60***	50***
2	55,0	54,6	47,9	47,5		

\* Эквивалентный уровень звука, полученный путем замеров.  
 \*\* Пересчитанный эквивалентный уровень звука с учетом времени работы источников.  
 \*\*\* Поправка +5 дБА к ПДУ в соответствии с п. 24 Санитарных норм и правил «Шум на рабочих местах, в транспортных средствах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки», утв. пост. М-ва здравоохранения Респ. Беларусь от 16.11.2011 г. № 115.

Как видно из таблицы 2 пересчет позволяет уложиться в норму по шуму, в соответствии с требованиями уровня шумового воздействия для ночного времени суток.

УДК 629.4

## ПРЕИМУЩЕСТВА ИМПУЛЬСНОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ В ЦЕПЯХ ЭПС ПОСТОЯННОГО ТОКА ТАШКЕНТСКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА

*М. Ш. ШАДМОНХОДЖАЕВ*

*Ташкентский институт инженеров железнодорожного транспорта, Республика Узбекистан*

На сегодняшний день в Ташкенте увеличивается протяжённость дорог метрополитена и количество единиц электрического подвижного состава (ЭПС), а их движение зависит от полноценного, эффективного режима работы тяговых двигателей.

Системы тиристорно-инверторного преобразователей (ТИП) могут использоваться как в тяговом, так и в тормозном режимах тяговых двигателей [1].

Как известно, тиристоры ТИП являются идеальными ключами, т. е. мгновенно переходят из открытого состояния в закрытое и обратно. При уменьшении потерь энергии при разгоне в пускорегулирующей аппаратуре [2]:

$$\Delta P_a = P_d - P_{\text{д}}, \quad (1)$$

равна разности мощностей, потребляемой

$$P_d = U_d I_d \quad (2)$$

и расходуемой

$$P_{\text{д}} = \frac{1}{\eta_{\text{д}}} F v \quad (3)$$

тяговыми двигателями ( $\eta_{\text{д}}$  – КПД тягового двигателя).

Если предположить, что увеличение скорости  $v$  происходит при постоянной силе тяги  $F = C_F = \text{const}$ , то

$$\Delta P_a = U_d I_d - \frac{C_F v}{\eta_{\text{д}}}. \quad (4)$$

Из (4) видно, что экономичность разгона будет тем больше, чем лучше будет выполняться условие

$$I_d = \frac{C_F v}{U_d \eta_{\text{д}}}, \quad (5)$$

т. е. потребляемый ток должен увеличиваться пропорционально скорости движения, если  $U_d = \text{const}$ .

В контактно-реостатных системах нет возможности плавно изменять потребляемый ток, так как он всегда равен току тяговых двигателей. Поэтому здесь уменьшение потерь достигается переключением групп тяговых двигателей с одного соединения на другое. Ограниченное число возможных переключений не позволяет получить достаточно экономичный пуск, поэтому в пусковых сопротивлениях, ограничивающих ток, выделяется значительное количество энергии. Следует особо подчеркнуть, что многоступенчатые реостатно-контактные системы могут способствовать лишь незначительному снижению потерь в реостатах за счет уменьшения пульсаций тока, повышения его среднего значения и увеличения ускорения.

Соотношение между средними значениями тока нагрузки  $I$  и источника питания  $I_d$  [1] составляет

$$I_d = I \frac{T_c}{T} = \lambda I. \quad (6)$$

Импульсное преобразование энергии позволяет изменять потребляемый ток пропорционально скорости, так как он не равен току нагрузки. Из (5) и (6) следует, что экономический режим разгона будет обеспечен, если изменять коэффициент заполнения по закону

$$\lambda = \frac{C_F v}{U_d I \eta_{\text{д}}}. \quad (7)$$

Если получение малых значений  $\lambda$ , обеспечивающих экономичность при низких скоростях, оказывается затруднительным по техническим причинам, то целесообразно сочетать ТИП с переключением групп тяговых двигателей.

Экономичность разгона особенно важна при питании тяговых двигателей от аккумуляторных батарей, где запас энергии ограничен. Этим объясняется, что системы ТИП первоначально нашли применение на аккумуляторном и контактно-аккумуляторном ЭПС. Однако и при питании от контактной сети система ТИП позволяет существенно снизить пусковые потери, что дает возможность получить значительную экономию на эксплуатационных расходах, а также ликвидировать непроизводительные затраты энергии.

В качестве примера отметим, что в сопротивлениях одного метрополитеновского состава расходуется в круг около 250 кВт·ч, в день – 5000 кВт·ч, в месяц – 150000 кВт·ч на сумму 25,5 млн сум. Техничко-экономические расчеты показывают, что применение импульсного управления позволяет

сократить расход энергии на 15–30 % в зависимости от характера эксплуатации ЭПС постоянного тока. В частности, расчеты показали, что применение тиристорных систем на метрополитеновском составе позволит сэкономить около 2,5 млн кВт·ч электроэнергии в год. Это снижает годовые расходы по эксплуатации городского электротранспорта примерно на 4,2 млрд сум.

Эксплуатация опытных образцов трамвая и троллейбуса достаточно подтверждает отмеченную экономичность в расходе электроэнергии.

На рисунке 1 изображена пусковая диаграмма  $i(t)$  при ступенчатом и плавном регулировании. Хотя среднее значение тока при ступенчатом пуске  $I_{cp}$  меньше тока  $I$  при ТИП, однако из-за большей неравномерности в точке А будет нарушено сцепление и начнется боксование.

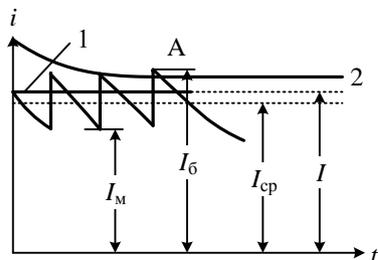


Рисунок 1 – Пусковая диаграмма:

1 – плавный пуск; 2 – ограничение по сцеплению

Плавное изменение тока при пуске позволяет не только реализовать более высокие пусковые ускорения, но и обеспечить изменение тока, которое исключает ощущение толчков у пассажиров. Установлено, что толчки не ощущаются, если вторая производная скорости по времени не превышает  $0,3 \text{ м/с}^3$ .

Быстродействие ТИП в замкнутой системе регулирования обычно достаточно для того, чтобы изменить протекание переходного процесса в цепи тяговых двигателей. Поэтому в системах с контролем по току допустимо переключение групп двигателей даже с полным их отключением от контактной сети, а в системах регулирования сопротивления возможно закорачивание ступеней сопротивления, не охваченных ТИП.

#### Список литературы

- 1 Кабалык, Ю. С. Системы управления электроподвижным составом : учеб. пособие / Ю. С. Кабалык. – Хабаровск : ДВГУПС, 2013. – 119 с.
- 2 Мелешин, В. И. Транзисторная преобразовательная техника / В. И. Мелешин. – М. : Техносфера, 2005. – 632 с.

УДК 536.24

### ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДИКИ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛООБМЕНА В РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ПО СНИЖЕНИЮ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ В СИСТЕМАХ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВАГОНОВ

В. Г. ЯКИМЧЕНКО

Гомельский государственный технический университет им. П. О. Сухого, Республика Беларусь

Точность расчетов процессов кипения в теплообменном оборудовании систем кондиционирования и вентиляции влияет на оптимальные габаритные размеры аппаратов, их стоимость, энергетические затраты для транспорта хладоносителей в контуре. Из-за отсутствия достоверных аналитических решений эмпирические соотношения параметров теплообмена до сих пор остаются единственными, принятыми в расчетах теплообмена в испарителях. Поэтому энергетическая эффективность таких аппаратов может быть обеспечена только повышенной точностью расчетов тепло-гидродинамических параметров процесса кипения.

С помощью методики многокритериальной оптимизации получены результаты математического описания интенсивности процессов кипения озонобезопасного хладагента R407C в испарителях. Это было достигнуто путем использования оптимизации в обработке экспериментальных данных этого процесса с получением оценки отклонений модельных параметров интенсивности теплообменных процессов с используемыми в настоящее время эмпирическими методами. Полученные результаты обработки экспериментальных данных были использованы в тепловом расчете фреонового испарителя-воздухоохладителя холодопроизводительностью 28 кВт [1].

В данной работе для получения параметров теплофизической модели, описывающих интенсивность теплообмена при кипении, используется зависимость, базирующаяся на уравнении С. С. Кутателадзе следующего вида [2, 3]: