

низациями, а не диспетчерским аппаратом, приводят в большинстве случаев к временному размещению подвижного состава на железнодорожных путях общего и необщего пользования.

При поступлении на места необщего пользования в одной подаче собственных и инвентарных вагонов в первую очередь обрабатываются вагоны инвентарного парка. Это связано с возможной выплатой неустойки за простой этих вагонов на железнодорожных путях необщего пользования свыше 24 часов. Поэтому наличие приоритета в обслуживании является причиной возможного временного размещения как груженых, так и порожних собственных вагонов на путях необщего пользования. При этом порожние собственные вагоны могут временно размещаться на местах необщего пользования при отсутствии окончательного согласования тарифа на перевозку грузов, а также наличия договора между собственником подвижного состава и владельцем железнодорожного пути необщего пользования на временное размещение вагонов. При организации доставки груза «точно в срок» с использованием железнодорожного транспорта перевозчик обязуется доставить вверенный ему груз в пункт назначения в определенное время. Поэтому в случае, если груженный вагон прибывает на станцию назначения раньше установленного срока, он будет простаивать на станционных путях.

Таким образом, в настоящее время существуют нерешенные задачи в работе железнодорожных путей необщего пользования в условиях множественности операторов подвижного состава. Решение задачи на уровне «грузовой пункт» позволило получить формулы продолжительности выполнения маневровых операций у мест погрузки-выгрузки. В отличие от существующих способов расчета данной продолжительности маневровой работы в модели учтены путевое развитие мест необщего пользования, коэффициент сдвоенных операций. Использование полученных зависимостей значительно упрощает расчет перерабатывающей способности фронта погрузки-выгрузки. В то же время перерабатывающая способность, являясь ограничивающим параметром, должна быть не меньше интенсивности потока вагонов в адрес данного фронта. В свою очередь интенсивность потока вагонов является ключевым фактором в задаче уровня «станция примыкания – фронт погрузки-выгрузки» по определению рациональной загрузки маневрового локомотива, обслуживающего место необщего пользования. В задаче уровня «схема доставки груза» потребная вместимость железнодорожных путей для временного размещения собственных вагонов напрямую зависит от загрузки локомотива.

Список литературы

1 Еловой, И. А. Интегрированные логистические системы доставки ресурсов: теория, методология, организация / И. А. Еловой, И. А. Лебедева ; под науч. ред. В. Ф. Медведева. – Минск : Право и экономика, 2011. – 461 с. – (Сер. Мировая экономика).

2 Потылкин, Е. Н. Закономерности технологических параметров в логистических системах доставки грузов с использованием железнодорожных путей необщего пользования / Е. Н. Потылкин // Вестник БелГУТа : Наука и транспорт. – 2016. – № 2. – С. 51–53.

УДК 621.311.4

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ РЕЗЕРВНОГО ПИТАНИЯ СОБСТВЕННЫХ НУЖД ТЯГОВОЙ ПОДСТАНЦИИ ИЗМЕНЕНИЯ ТОКА ОТ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

В. С. ПРИДАТОК

*Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта,
г. Днепр, Украина*

В Украине транспорт находится на 5-м месте по объемам потребления электроэнергии, что составляет 5,7 % за 12 месяцев в 2016 и 2017 годах. Важной частью доставки электроэнергии от электростанции к подвижной единице являются подстанции. От 1,5 до 4,5 % мощности подстанции расходуется на собственные нужды. Для усовершенствования этих результатов и увеличения объемов передаваемой электроэнергии предлагается подключить к общей системе альтернативные источники электроэнергии. Они смогут обеспечивать самостоятельность и автономность собственных нужд тяговых подстанции переменного и постоянного тока [5].

Наша задача состоит в том, чтобы повысить эффективность функционирования и уменьшить электропотребление собственных нужд тяговой подстанции путем подключения альтернативных источников к тяговой подстанции.

К преимуществам подключения альтернативных источников относятся: уменьшение использования исчерпывающих источников электроэнергии, переход к более экологичного производства электроэнергии и улучшение окружающей среды.

К недостаткам подключения альтернативных источников относятся: схема подключения альтернативных источников; модели элементов системы тягового электроснабжения; модели элементов альтернативных источников [7].

На тяговых подстанциях всех типов, 110–220 кВ, обычно устанавливают по два ВПТ мощностью 250–400 кВ·А каждый.

В общем случае к потребителям собственных нужд относят (рисунок 1):

- системы и механизмы охлаждения силовых трансформаторов (автотрансформаторов);
- приспособления, необходимые для регулирования напряжения силового трансформатора под нагрузкой;
- оперативные цепи выпрямленного постоянного, переменного тока;
- зарядные, подзарядные агрегаты для аккумуляторных батарей;
- устройства связи, сигнализации и телемеханики;
- все виды освещения: аварийное, внешнее, внутреннее, охранное;
- узлы и детали систем смазки подшипников СК;
- водородные установки;
- насосные агрегаты, обеспечивающие работу систем пожаротушения, технического и хозяйственного водоснабжения;
- системы автоматики и компрессии воздушных выключателей;
- установки электроподогрева помещений выключателей, аккумуляторных батарей, ресиверов и других устройств;
- механизмы систем вентиляции, бойлерные и тому подобное.

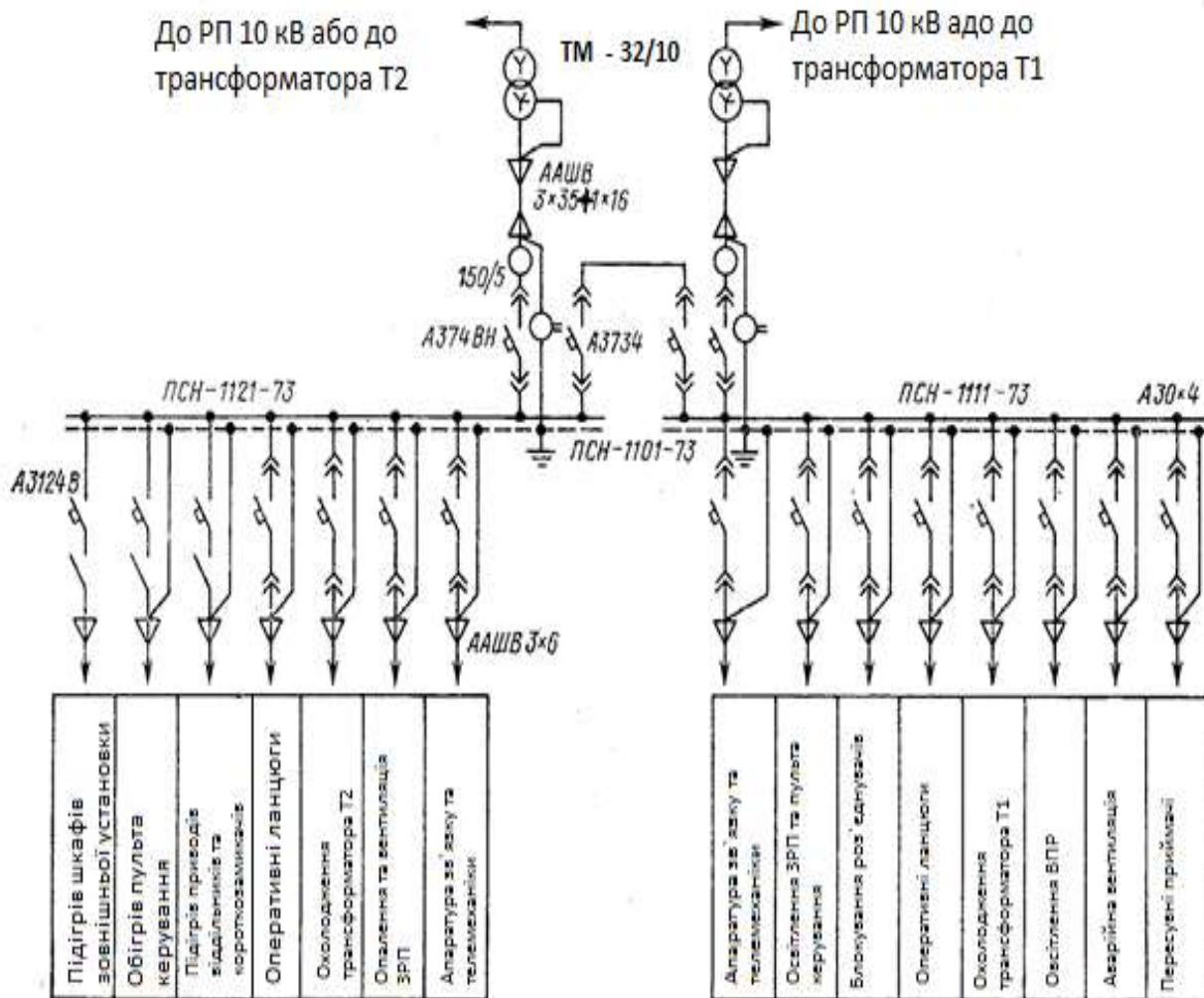


Рисунок 1 – Схема ОП типичной трансформаторной подстанции 110 кВ

Мы взяли данные собственных нужд существующей подстанции (рисунок 2).

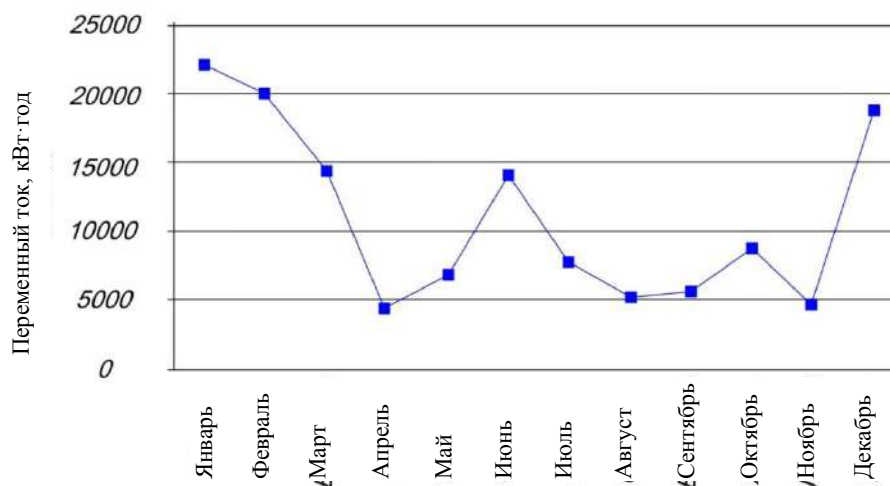


Рисунок 2 – График потребленной электроэнергии на собственные нужды подстанции, кВт·год

Проанализировав литературу, мы решили использовать альтернативные источники энергии, а именно солнечную энергию. В перспективе внедрение применения солнечной электроэнергии есть два направления развития: первый – это использование энергии для потребителей собственных нужд, второй – питание системы тяговой нагрузки, нетяговых (в том числе и устройств железнодорожной автоматики) и районных потребителей с выдачей генерируемой электроэнергии в Единую энергетическую систему. Наиболее целесообразным является присоединение таких генерирующих мощностей вблизи мест сосредоточения [2] больших нагрузок (а следовательно, вблизи тяговых или районных подстанций) для уменьшения потерь энергии в ЛЭП.

Выполним расчет СЭС тяговой подстанции изменения тока (таблица 1).

Возьмем тяговую подстанцию переменного тока, потребляемая электроэнергия собственных нужд которой составляет для зимнего периода 44144 кВт·ч в месяц, то есть это 1424 кВт в сутки. Выполним расчет для определения количества фотобатарей (см. рисунок 2) для возможности питания собственных нужд. Выбираем фотоэлектрический преобразователь марки SP500M6-96 (рисунок 3), который имеет невысокую стоимость и высокий КПД гальванического элемента [6].

Таблица 1 – Основные паспортные данные выбранного модуля

| Характеристика | Обозначение | Величина |
|---------------------------------|-------------|----------|
| Электрические | | |
| Максимальная мощность, Вт | P_{max} | 500 |
| Максимальное напряжение, В | U_{max} | 48,63 |
| Максимальный ток, А | I_{max} | 10,28 |
| Напряжение холостого хода, В | U_{xx} | 58,95 |
| Ток короткого замыкания, А | $I_{кз}$ | 10,87 |
| КПД гальванического элемента, % | η_c | 19,51 |
| Количество ячеек, шт. | n | 96 |
| Механические | | |
| Масса, кг | m | 26 |
| Длина, мм | l | 1956 |
| Ширина, мм | b | 1310 |
| Толщина, мм | h | 45 |
| Общая площадь, м ² | S_1 | 2,56 |

Мощность солнечной батареи состоит из выходных мощностей отдельных фотоэлементов. Выходной ток фотоэлементов батареи определяется числом элементов, соединенных параллельно, а выходное напряжение – числом элементов, соединенных последовательно. Зная номинальную мощность фотоэлектрической станции на мощность одного фотомодуля, определим необходимое количество фотомодулей

$$N^{CB} = \frac{P_{ном}}{P_1^{CB}}, \quad N^{CB} = \frac{59333}{500} = 119 \text{ шт.}, \quad (1)$$

где $P_{\text{ном}}$ – номинальная мощность фотоэлектрической станции, Вт, $P_{\text{ном}} = 59333$ Вт; $P_1^{\text{СБ}}$ – номинальная мощность фотомодуля, Вт.

Выполним пересчет общего количества фотомодулей, учитывая способ подключения их к инвертору числа модулей, соединенных последовательно:

$$N_{\text{посл}}^{\text{СБ}} = \frac{U_{\text{инв}}}{U_{\text{max}}^{\text{СБ}}}, \quad N_{\text{посл}}^{\text{СБ}} = \frac{260}{48,63} = 5,346 \approx 5 \text{ шт.} \quad (2)$$

где $U_{\text{инв}}$ – входное напряжение инвертора, В, $U_{\text{инв}} = 260$ В; $U_{\text{max}}^{\text{СБ}}$ – напряжение фотоэлектрического модуля, В.

Мощность последовательно соединенных фотомодулей

$$P_{\text{посл}}^{\text{СБ}} = N_{\text{посл}}^{\text{СБ}} P_1^{\text{СБ}}, \quad P_{\text{посл}}^{\text{СБ}} = 5 \cdot 500 = 2500 \text{ Вт.} \quad (3)$$

Число фотомодулей, соединенных параллельно,

$$N_{\text{пар}}^{\text{СБ}} = \frac{P_{\text{max}}^{\text{Сис}}}{P_{\text{посл}}^{\text{СБ}}}, \quad N_{\text{пар}}^{\text{СБ}} = \frac{59,3}{2,5} = 23,72 \approx 24 \text{ шт.}, \quad (4)$$

где $P_{\text{max}}^{\text{Сис}}$ – мощность расчетной системы.

Общее количество фотоэлектрических модулей в системе

$$N^{\text{СБ}} = N_{\text{пар}}^{\text{СБ}} N_{\text{посл}}^{\text{СБ}}, \quad N^{\text{СБ}} = 5 \cdot 24 = 120 \text{ шт.} \quad (5)$$

Общая площадь фотоэлектрических модулей

$$S_{\text{зар}} = S_1 N^{\text{СБ}}, \quad S_{\text{зар}} = 2,56 \cdot 120 = 307,2 \text{ м}^2. \quad (6)$$

Общая площадь крыши тяговой подстанции составляет $462,5 \text{ м}^2$, то есть фотоэлектрические модули занимают 66 % от общей площади крыши.

Расстояние между рядами фотоэлектрических батарей рассчитан по формуле

$$L = h_{\text{мод}} \sin \left(\frac{(180 - (\beta + \theta)) \cdot \pi}{180} \right), \quad L = 1,956 \cdot \sin \left(\frac{(180 - (45 + 15,5)) \cdot 3,14}{180} \right) = 1,37 \text{ м.} \quad (7)$$

где $h_{\text{мод}}$ – высота модуля, 1,956 м; β – угол наклона фотобатареи к горизонту, 45° ; θ – угол высоты солнца, $15,5$.

План размещения модулей приведен на рисунке 4.

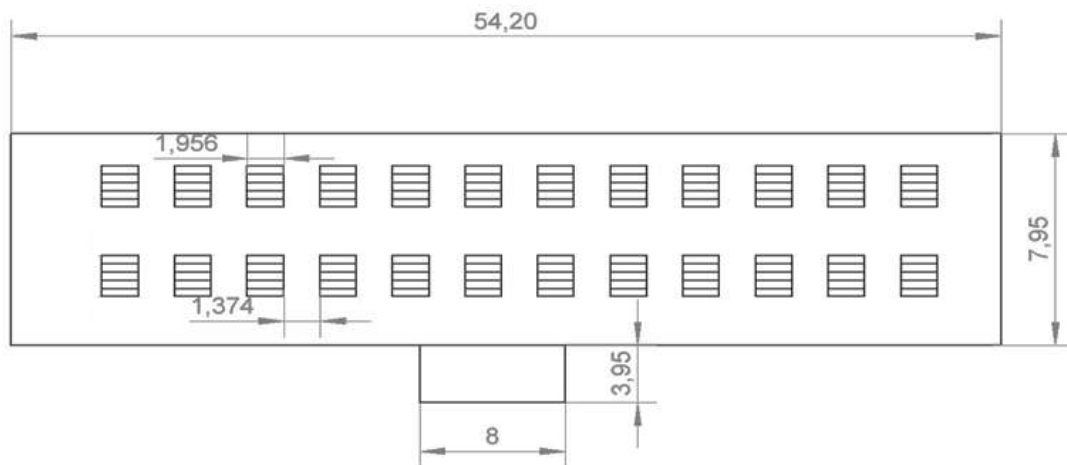


Рисунок 4 – План размещения фотоэлектрических модулей на территории ТП



Рисунок 3 – Внешний вид фотобатареи марки SP500M6-96

Из предыдущих расчетов видно, что солнечная установка полностью перекрывает значение потребления электроэнергии собственных нужд расчетной тяговой подстанции. Расчет был проведен для периода, в который потребление электроэнергии максимально. Поэтому и на летний период можно полностью переходить на потребление от солнечных батарей и реализовать схему автоматического ввода в работу для собственных нужд.

Для питания ОП может использоваться энергия, получаемая от возобновляемых источников. Наиболее эффективным представляется использование солнечной энергии (рисунок 5). Анализ перспектив развития собственных нужд тяговой подстанции показывает, что при работе СЭС получены лучшие технико-экономические показатели. Электрическая энергия для питания собственных нужд тяговых подстанций может полностью перекрываться энергией от СЭС. Если установить специальные накопители на разработанной солнечной электростанции, то можно бесперебойно, независимо от времени суток, удовлетворять собственные нужды.



Рисунок 5 – Пример размещения фотоэлектрических батарей на территории ТП

Список литературы

- 1 Тяговые подстанции : учеб. для вузов ж.-д. трансп. / Ю. М. Бей [и др.]. – М. : Транспорт, 1986. – С. 238–239.
- 2 **Почаевец, В. С.** Электрические подстанции : учеб. для техникумов и колледжей ж.-д. трансп. / В. С. Почаевец. – М. : Желдориздат, 2001. – 512 с.
- 3 **Прохорский, А. А.** Тяговые и трансформаторные подстанции : учеб. для техникумов ж.-д. трансп. / А. А. Прохорский. – 4-е изд. перераб. и доп. – М. : Транспорт, 1983. – 496 с.
- 4 **Пастушенко, М. С.** Перспективы внедрения возобновляемых источников энергии на железнодорожном транспорте Украины / М. С. Пастушенко ; Днепрпетровский нац. ун-т трансп. им. акад. В. Лазаряна. – Харьков : НТУ «ХПИ», 2013.
- 5 **Величко, С. А.** Энергетика окружающей среды Украины (с электронными картами) : учеб.-метод. пособие для магистрантов / С. А. Величко. – Харьков : Харьковский нац. ун-т им. В. Н. Каразина, 2003. – 52 с.
- 6 **Полях, О. М.** Исследование совместной работы потребителей собственных нужд с нетрадиционными источниками энергии / О. М. Полях, Ю. О. Кугаенко // Электромагнитная совместимость и безопасность на железнодорожном транспорте. – 2018. – № 15. – С. 43–50.
- 7 **Полях, О. М.** Возможность использования альтернативных источников электроэнергии на собственные нужды тяговой подстанции G / О. М. Полях, Ю. А. Кугаенко, Т. П. Решетняк // «ТРАНСЭЛЕКТРО – 2016» : материалы IX Междунар. науч.-практ. конф., Днепр, 21–23.12.2016. – Днепр : ДНУЗТ, 2016. – С. 26.
- 8 Чи вигідно встановлювати двозонний електролічнийник? [Електронний ресурс]. – Режим доступа : <http://ecotown.com.ua/news/Koly-vyhidno-vstanovlyuvaty-dvozonnuy-lichylnyk-elektroenerhiyi/>. – Дата доступа : 10.11.2020.
- 9 **Полях, О. М.** Уменьшение эксплуатационных расходов с помощью энергооптимального движения поездов / О. М. Полях, Д. А. Босый, Н. А. Логвинова // Вестник Днепрпетровского нац. ун-та жел.-дор. трансп. им. акад. В. Лазаряна. – 2012. – № 42. – С. 110–113.
- 10 Аккумуляторные батареи [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://sitem.com.ua/923alten.php>. – Дата доступа : 10.11.2020.