

## УДК 621.31

### СНИЖЕНИЕ ПОТЕРЬ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ НА ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТАХ.

Козлов Р.Д.; Долбня О.В., студенты гр. АГс-171, IV курс  
Научный руководитель: Ефременко В.М., профессор  
Кузбасский государственный технический университет  
имени Т.Ф. Горбачева  
г. Кемерово

Современные экскаваторы комплектуются электрическим приводом как постоянного - по системе тиристорный преобразователь – двигатель (ТПЧ-Д), так и переменного тока – преобразователь частоты – асинхронный двигатель (ПЧ-АД). Это позволяет снизить электропотребление на 30-40%, повысить эксплуатационную надежность и стабилизацию параметров приводов, а также снизить нагрузки на электрическое и механическое оборудование экскаватора, расходы на техническое обслуживание. При этом ТПЧ и ПЧ установлены на платформе экскаватора (рис.1), а питание экскаватора осуществляется переменным током напряжением 6 кВ.

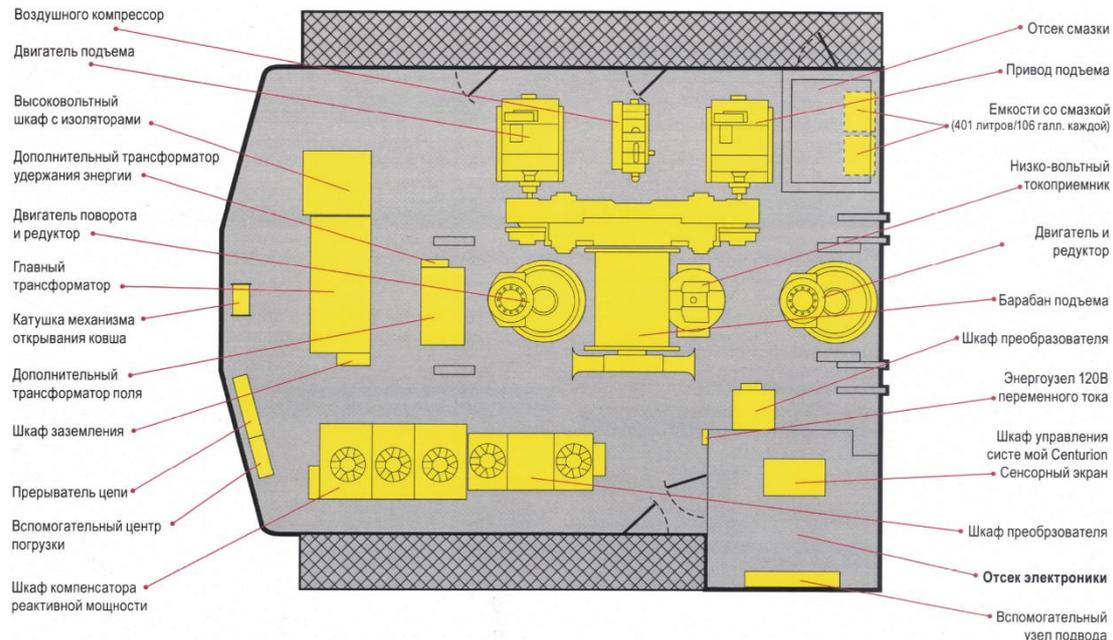


Рис.1. Платформа экскаватора.

Распределительные сети на карьерах выполняются временными воздушными алюминиевым проводом длиной достигающей несколько километров. Потери напряжения и электроэнергии в этих линиях достигают 5 – 10%, что при разветвленной распределительной сети весьма значительно.

В данной работе нами была сделана попытка сравнить потери в ВЛ на переменном и постоянном токе для одного экскаватора, в данном случае ЭКГ-15, с установленной мощностью синхронного двигателя 1250 кВт и трансформатора собственных нужд – 250 кВт·А. Схема сети приведена на рис.2.

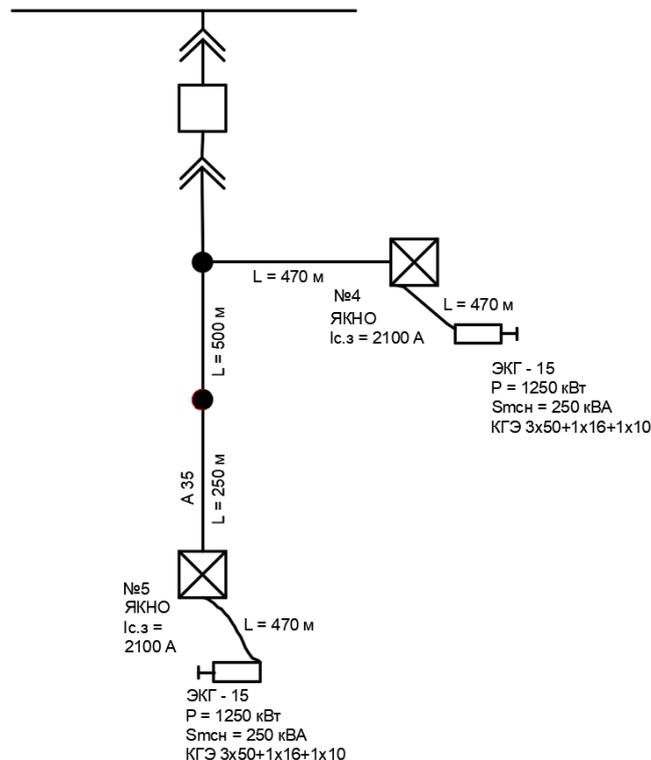


Рис.2. Часть схемы электроснабжения разреза «Талдинский»

К достоинствам сетей постоянного тока следует отнести:

1. Необходимо два провода вместо трех – четырех. Готовую трехпроводную линию можно использовать под двухполярную линию со средней точкой.
2. Отсутствует скин-эффект, поэтому возрастает пропускная способность. По тем же проводам можно пропустить больший ток.
3. Снижается электромагнитное излучение и отсутствует влияние электромагнитных полей.
4. Отсутствует реактивная мощность, а следовательно, отсутствуют потери на ее передачу и затраты на компенсацию.
5. Возможность безынерционного управление напряжением и мощностью.

К недостаткам можно отнести: необходимость применения специального преобразовательного оборудования для изменения величины напряжения, а также ухудшение работы изоляции ВЛ (изоляторов).

Расчетная мощность экскаватора определялась методом удельного расхода электроэнергии на экскавацию в условиях разреза «Талдинский»:

$$P_H = \frac{\Pi \cdot \omega}{T} = \frac{1800 \cdot 4,95}{12} = 742,5 \text{ кВт}$$

где  $\Pi$  – производительность экскаватора,  $\Pi = 1800 \text{ м}^3/\text{час}$ ;  
 $\omega$  – удельный расход электроэнергии,  $\omega = 4,95 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^3$ ;  
 $T$  – время смены,  $T = 12 \text{ ч}$ .

Расчетные значения активных и реактивных составляющих тока, потребляемого экскаватором, находим по следующим формулам:

$$I_{a \text{ дв}} = \frac{P}{U \cdot \sqrt{3}} = \frac{742,5}{6 \cdot \sqrt{3}} = 71,4 \text{ А}$$

$$I_{p \text{ дв}} = I_{a \text{ дв}} \cdot \text{tg} \varphi = 71,4 \cdot (-0,43) = -30,7 \text{ А}$$

$$I_{a \text{ тсн}} = \frac{S}{U \cdot \sqrt{3} \cdot \cos \varphi} = \frac{250}{6 \cdot \sqrt{3} \cdot 0,7} = 34,37 \text{ А}$$

$$I_{p \text{ дв}} = I_{a \text{ тсн}} \cdot \text{tg} \varphi_{0,7} = 34,37 \cdot 1,02 = 35,06 \text{ А}$$

$$I_3 = \sqrt{(71,4 + 34,37)^2 + (-30,7 + 35,06)^2} = 109,7 \text{ А}$$

Активные и индуктивные сопротивления провода А-35 находим по формулам:

$$R_{250} = r_0 \cdot l_{250} = 0,8347 \cdot 0,25 = 0,208 \text{ Ом}$$

$$X_{250} = r_0 \cdot l_{250} = 0,87 \cdot 0,25 = 0,022 \text{ Ом}$$

$$R_{500} = 0,8347 \cdot 0,5 = 0,417 \text{ Ом}$$

$$X_{500} = 0,87 \cdot 0,5 = 0,043 \text{ Ом}$$

$$R_{470} = 0,35 \cdot 0,47 = 0,164 \cdot 2 = 0,328 \text{ Ом}$$

$$X_{470} = 0,072 \cdot 0,47 = 0,034 \cdot 2 = 0,068 \text{ Ом}$$

$$R_{140} = 0,8347 \cdot 0,14 = 0,116 \text{ Ом}$$

$$X_{140} = 0,87 \cdot 0,14 = 0,012 \text{ Ом}$$

Потери напряжения и мощности в сети при переменном токе находим по формулам:

$$\Delta U = \sqrt{3} I_3 \cdot \sum I_i Z_i = \sqrt{3} \cdot 109,7 \cdot 1,08 = 205 \text{ В}$$

$$\Delta P = 3 \cdot I_3^2 \cdot \sum r_i \cdot 10^{-3} = 3 \cdot 109,7^2 \cdot 1,07 \cdot 10^{-3} = 38,63 \text{ кВт}$$

Потери электрической энергии при 244 днях работы разреза в течении года:

$$\Delta W = \Delta P \cdot 244 \cdot 24 = 226217 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Потери напряжения, мощности и электрической энергии при постоянном токе и питании от стационарной преобразовательной подстанции (рис.3) определяются:

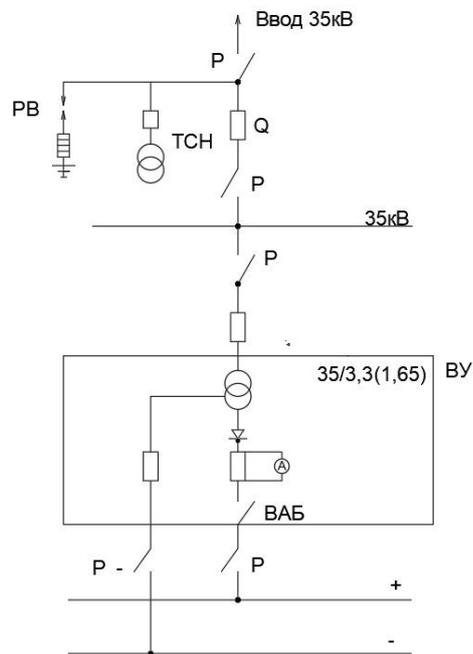


Рис 3. Схема преобразовательной подстанции.

$$\Delta U = \frac{1,07 \cdot 742,5}{3,3} = 240,7 \text{ В}$$

$$\Delta P = \frac{1,07 \cdot 742,5^2}{3,3^2} \cdot 10^{-3} = 54,2 \text{ кВт}$$

$$W_{\text{год}} = 54,2 \cdot 244 \cdot 24 = 317\,395,2 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Отсюда следует сделать вывод, что при напряжении постоянного тока 3300 В (напряжение стационарных преобразовательных установок для карьерного железнодорожного транспорта) переход на централизованное питание не целесообразно.

Однако поскольку номинальное напряжение двигателей постоянного тока рабочих механизмов экскаватора составляет 450 – 800 В, то потребуется устройство регулирования (снижения) подводимого к экскаватору напряжения до рабочего двигательного. Тогда возможно повысить напряжение в питающей сети, например, до 6000 или 10000 В.

В этом случае потери напряжения, мощности и энергии в сети постоянного тока составят:

При  $U=6000 \text{ В}$

$$\Delta U = \frac{1,07 \cdot 742,5}{6,0} = 132,41 \text{ В}$$

$$\Delta P = \frac{1,07 \cdot 742,5^2}{6^2} \cdot 10^{-3} = 16,39 \text{ кВт}$$

$$W_{\text{год}} = 16,39 \cdot 244 \cdot 24 = 95979,8 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$$

При  $U=10000 \text{ В}$

$$\Delta U = \frac{1,07 \cdot 742,5}{10,0} = 79,47 \text{ В}$$

$$\Delta P = \frac{1,07 \cdot 742,5^2}{10^2} \cdot 10^{-3} = 5,9 \text{ кВт}$$

$$W_{\text{год}} = 5,9 \cdot 244 \cdot 24 = 34550,4 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$$

$$C = \Pi_{\text{эв}} \cdot W_{\text{год}} = 3,43 \cdot 34550,4 = 118507,9 \text{ руб}\cdot\text{кВт}\cdot\text{ч}/\text{год}$$

Таблица 1. Итоговые значения

	Переменный ток	Постоянный ток			$\Delta$ –разность токов
		3,3 кВ	6,0 кВ	10,0 кВ	
$\Delta U, \text{В}$	205	240,7	132,41	79,47	125,5
$\Delta P, \text{кВт}$	38,63	54,2	16,39	5,9	32,7
$\Delta W, \text{кВт}\cdot\text{ч}$	226217	317395,2	95979,8	34550,4	191666,6
$C, \text{руб}\cdot\text{кВт}\cdot\text{ч}/\text{год}$	775 924,30	1 088 665,50	329 210,70	118 507,90	

### Список литературы:

1. В.А. Котлярчук., А.Ф. Гончаров. Электроснабжение экскаваторов: учебник для высших учебных заведений. -1-е изд., Москва -1980. -175 с. [Электронный ресурс]. URL: [https://meshok.net/item/1324333333\\_Котлярчук\\_В\\_А\\_Гончаров\\_А.Ф.\\_Электроснабжение\\_экскаваторов\\_Недра\\_1980г\\_175с](https://meshok.net/item/1324333333_Котлярчук_В_А_Гончаров_А.Ф._Электроснабжение_экскаваторов_Недра_1980г_175с).(дата обращения: 25.03.2021).
2. Н. В. Бариев. Электрооборудование экскаваторов типов ЭКГ – 8 и ЭКГ– 8И: учебник для высших учебных заведений. - Москва 1981. – 110 с. [Электронный ресурс]. URL: [https://www.studmed.ru/bariev-nv-elektrooborudovanie-ekskavatorov-tipov-ekg-8-i-ekg-8i\\_097748ffcd9.html](https://www.studmed.ru/bariev-nv-elektrooborudovanie-ekskavatorov-tipov-ekg-8-i-ekg-8i_097748ffcd9.html). (дата обращения: 30.03.2021).

3. Н.Н. Чулков., А.Н. Чулков. Электрификация карьеров в задачах и примерах: учебник. – 2-е изд., Москва-1976. - 159 с. URL: [https://www.studmed.ru/chulkov-n-n-chulkov-a-n-elektrifikaciya-karerov-v-zadachah-i-primerah\\_093af20f867.html](https://www.studmed.ru/chulkov-n-n-chulkov-a-n-elektrifikaciya-karerov-v-zadachah-i-primerah_093af20f867.html). (дата обращения: 25.02.2021).

4. Сорокин А.В. Способ управления электроприводом постоянного тока одноковшового экскаватора и устройство для его осуществления: электронный научный журнал -2010. [Электронный ресурс]. URL:<https://findpatent.ru/patent/225/2255184.html> (дата обращения: 27.03.2021).