

УДК 622.684

## **ЗАРЯДНЫЕ СТАНЦИИ ДЛЯ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ КАРЬЕРНЫХ САМОСВАЛОВ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ТЯГЕ**

Тургенев И.А., студент гр.АГс-171, IV курс  
Научный руководитель: Садовец В.Ю., к.т.н., доцент  
Кузбасский государственный технический университет  
имени Т.Ф. Горбачева  
г. Кемерово

Стремительная массовая электрификация всего и вся не обходит и горные машины [1-9]. Одним из представителей является карьерный самосвал [10-16]. Над созданием полностью электрического самосвала ведут работы практически все производители подобной техники [17-27].

Для аккумуляторных карьерных самосвалов нужны аккумуляторные батареи с большой емкостью и возможностью быстрой зарядки, около 20-30 минут. Для достижения большой емкости возможно использовать аккумуляторы на основе лития, а для достижения времени зарядки в 20-30 минут, необходимо использовать зарядные станции большой мощности и соединения способные передать такую большую энергию от станций на аккумуляторный(е) модуль(и).

В настоящее время производители зарядных станций большой мощности представлены двумя компаниями:

1. ABB;
2. Protterra.

Швейцарская компания ABB специализирующаяся в области электротехники и энергетического машиностроения, созданная в результате слияния в 1988 году шведской компании ASEA и швейцарской компании Brown, Boveri & Cie [28].

Компания ABB в данный момент производит 2 вида перспективных зарядных станций:

1. Terra HP;
2. HVC300 (450, 600).

Terra HP это перспективная зарядная станция мощностью 350 кВт на 2 коннектора CCS Combo или CHAdemo, их возможно рассматривать для использования при многоконнекторной(многомодульной) системе зарядки, то есть для зарядки одного из блока аккумуляторного модуля используется один коннектор [29].

Особенностями станции является наличие жидкостного охлаждения проводов, всепогодный корпус, что позволяет использовать их как на открытом пространстве, так и в зданиях. Технические характеристики Terra HP представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Технические характеристики Terra HP [27]

Параметр	Значение
Пиковое значение выходной мощности на линии постоянного тока	350кВт
Продолжительное значение мощности на линии постоянного тока	320кВт
Выходное постоянное напряжение	150-920В
Входная переменная мощность (400В 50Гц)	384кВА
Номинальная входная сила тока	554А
Входная переменная мощность (480В 60Гц)	384кВА(460А)
Номинальная входная сила тока	460А
Входная переменная мощность (600В 60Гц)	384кВА
Номинальная входная сила тока	368
Коэффициент полезного действия	>0,96
Температурный режим работы	-35°С до +55°С
Габариты	2030*1170*770мм 2 шт
Масса одного блока	1340кг
Дополнительное оборудование	Интерфейс связи через интернет.

NVC это вторая перспективная станция с возможными мощностями 300кВт, 450кВт, 600кВт и имеет следующие технические характеристики, представленные в таблице 2.

Таблица 2 – Технические характеристики NVC [30]

Параметр	Значение
Пиковое значение выходной мощности на линии постоянного тока	300-600кВт
Выходное постоянное напряжение	150-850В
Входная переменная мощность (400В 50Гц)	348кВА-690кВА
Номинальная входная сила тока	476-950А
Входная переменная мощность (480В 60Гц)	348кВА-690кВА
Номинальная входная сила тока	396-792А
Входная переменная мощность (600В 60Гц)	348кВА-690кВА
Номинальная входная сила тока	336-672А
Тип подключения пантографа	4 проводное
Коэффициент полезного действия	0,94-0,96
Температурный режим работы	-35°С до +55°С
Габариты	2030*1170*770мм 4 шт
Масса одного блока	1340кг
Дополнительное оборудование	Интерфейс связи через интернет.

Станции имеют 2 вида подключения:

1. Пантограф опускаемый, устанавливается на столб подключения станции зарядки.
2. Пантограф поднимаемый, устанавливается на машине и подключается на столб станции зарядки.

Пантографы очень перспективное направление подключения зарядных станций большой мощности к аккумуляторам.

Пантограф опускаемый может передавать до 600А, а пантограф поднимаемый до 1000А, что позволяет в теории заряжать аккумуляторные модули емкостью около 600кВт за ~20 минут до 80%. За счет таких соединений можно рассматривать их как единственную станцию на одну единицу техники.

Корпорация Proterra – американская компания, производящая электрические транзитные автобусы и системы электрической зарядки. Компания Proterra, Inc. была основана в Голдене, штат Колорадо, Дейлом Хиллом в 2004 году [31].

Из линейка зарядных станций компании Proterra подходящими считаем 3 вида:

1. Proterra 250;
2. Proterra 500;
3. Proterra 1500.

Их выходная мощность 250, 500 и 1000кВт соответственно.

Proterra 250 имеет 2 типа соединений, это CCS Combo и Пантограф опускаемый. Станцию можно использовать для многоконнекторной системе зарядки и имеет следующие технические характеристики (табл. 3).

Таблица 3 – Технические характеристики Proterra 250 [32]

Параметр	Значение
Пиковое значение выходной мощности на линии постоянного тока	250кВт
Выходное постоянное напряжение	150-1000В
Номинальная продолжительная выходная сила тока	750А
Входная переменная мощность (480В 60Гц)	266кВт
Номинальная входная сила тока	355А
Тип подключения пантографа	5 проводное, 3 фазное
Коэффициент полезного действия	0,94
Температурный режим работы	-25°C до +50°C
Габариты	800*1600*2000мм
Масса станции	950кг

Proterra 500 так же имеет 2 типа соединений, это CCS Combo и Пантограф опускаемый. Станцию можно использовать как станция зарядки для одной единицы техники, так и для многоконнекторной системе зарядки. Proterra 500 имеет технические характеристики представленные в таблице 4.

Таблица 4 – Технические характеристики Proterra 500 [33]

Параметр	Значение
Пиковое значение выходной мощности на линии постоянного тока	500кВт
Выходное постоянное напряжение	150-1000В
Номинальная продолжительная выходная сила тока	1000А
Входная переменная мощность (480В 60Гц)	532кВт
Номинальная входная сила тока	710А
Тип подключения пантографа	5 проводное, 3 фазное
Коэффициент полезного действия	0,94
Температурный режим работы	-25°С до +50°С
Габариты	800*3200*2000мм
Масса станции	1900кг

Proterra 1500 так же имеет 2 типа соединений, это CCS Combo и Пантограф опускаемый. Станцию можно использовать как станция зарядки для нескольких единиц техники одновременно так как нельзя направить всю мощность станции на один коннектор, так же станцию можно использовать и для многоконнекторной системы зарядки.

Proterra 1500 имеет следующие технические характеристики (табл. 5).

Таблица 5 – Технические характеристики Proterra 1500 [34]

Параметр	Значение
Пиковое значение выходной мощности на линии постоянного тока	1500кВт
Выходное постоянное напряжение	150-1000В
Номинальная продолжительная выходная сила тока на CCS	300А
Номинальная продолжительная выходная сила тока на пантограф	1000А
Номинальная продолжительная выходная мощность на пантограф	До 750кВт
Максимальное количество коннекторов	20
Входная переменная мощность (ЛЭП 4,16кВ-34,5кВ )	1613кВт
Номинальная входная сила тока	Зависит от сети
Входная переменная мощность (480В 60Гц)	1613кВт
Номинальная входная сила тока	2156А
Тип подключения пантографа	5 проводное, 3 фазное
Коэффициент полезного действия	0,93
Температурный режим работы	-25°С до +50°С
Габариты на питании от 480В	5580*2260*2020мм
Габариты на питании от ЛЭП	8520*2260*2020

Параметр	Значение
Масса станции на питании от 480В	8100кг
Масса станции на питании от ЛЭП	14600кг

В настоящее время 3 модели станций являются перспективными. HVC компании ABB, и Proterra 500 и 1500 компании Proterra из за своей высокой мощности на 1 станцию, что позволит минимизировать количество коннекторов на технике и упростить схему монтажа силовой схемы зарядки и уменьшить время зарядки аккумуляторного модуля на карьере самосвале.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках соглашения № 075-11-2020-031 от 14.12.2020г. с ПАО "КАМАЗ" по комплексному проекту «Создание высокотехнологичного производства семейства роботизированных карьерных самосвалов грузоподъемностью до 90 т с электромеханической трансмиссией на основе цифровых технологий», при участии ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева» в части выполнения научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ.*

### Список литературы

1. Aksenov V.V., Efremenkov A.B., Sadovets V.Yu., Pashkov D.A., Efremenkov V.A. Classifications of schematic solutions of the geokhod knife operating body and the interaction surface of the geokhod operating body with bottom rock // В сборнике: IOP CONFERENCE SERIES: MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING. The conference proceedings ISPCIET'2020. 2020. С. 012002.
2. Aksenov V.V., Efremenkov A.B., Sadovets V.Yu., Pashkov D.A., Efremenkov V.A. Determining the interaction surface parameters of the geokhod knife operating body with the face rock // В сборнике: IOP CONFERENCE SERIES: MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING. The conference proceedings ISPCIET'2020. 2020. С. 012003.
3. Aksenov V.V., Efremenkov A.B., Sadovets V.Yu., Pashkov D.A., Efremenkov V.A. Influence of the knife shape on the operating body cutting force // В сборнике: IOP CONFERENCE SERIES: MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING. The conference proceedings ISPCIET'2020. 2020. С. 012004.
4. Aksenov V.V., Efremenkov A.B., Sadovets V.Yu., Pashkov D.A., Sadovets R.V., Rezanova E.V., Efremenkov V.A. Development of a methodology for modeling complex shaped geokhod operating body in solidworks // В сборнике: IOP CONFERENCE SERIES: MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING. The conference proceedings ISPCIET'2020. 2020. С. 012005.
5. Aksenov V.V., Khoreshok A.A., Efremenkov A.B., Beglyakov V.Yu., Koperchuk A.V., Blaschuk M.Yu., Sadovets V.Yu., Pashkov D.A. Areas of research on the construction of tunneling underground machines of the geokhod class // В

сборнике: IOP CONFERENCE SERIES: MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING. The conference proceedings ISPCIET'2020. 2020. С. 012006.

6. Aksenov V.V., Magazov S.V., Khoreshok A.A., Efremkov A.B., Beglyakov V.Yu., Sadovets V.Yu., Pashkov D.A. Research areas of the scientific specialty "geodynamics of underground machines" // В сборнике: IOP CONFERENCE SERIES: MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING. The conference proceedings ISPCIET'2020. 2020. С. 012007.

7. Аксенов В.В., Магазов С.В., Хорешок А.А., Бегляков В.Ю., Садовец В.Ю., Пашков Д.А. Геодинамика подземных аппаратов. Формула специальности, области исследований // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2020. № 2 (138). С. 31-41.

8. Аксенов В.В., Бегляков В.Ю., Коперчук А.В., Блащук М.Ю., Садовец В.Ю., Пашков Д.А. Создание проходческих подземных аппаратов, взаимодействующих с геосредой. Области исследований // Горное оборудование и электромеханика. 2020. № 2 (148). С. 3-12.

9. Аксенов В.В., Магазов С.В., Хорешок А.А., Бегляков В.Ю., Коперчук А.В., Пашков Д.А. Центр испытаний проходческих подземных аппаратов, взаимодействующих с геосредой. Области исследований // Горное оборудование и электромеханика. 2020. № 4 (150). С. 65-70.

10. Buzunov N.V., Pirozhkov R.D., Kartashov A.B., Dubinkin D.M., Efremkov A.B. Simulation of operation of a sequential hybrid drive of a haul truck with a traction battery and a bilateral dc-to-dc converter // В сборнике: IOP CONFERENCE SERIES: MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING. The conference proceedings ISPCIET'2020. 2020. С. 012017.

11. Panasenkov D.A., Zaycev A.P., Kartashov A.B., Pikalov N.A., Dubinkin D.M., Efremkov A.B. Design hydrodynamic analysis of cavitation in narrow channels of the open-pit dump truck's hydraulic system // В сборнике: IOP CONFERENCE SERIES: MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING. The conference proceedings ISPCIET'2020. 2020. С. 012057.

12. Чичерин И.В., Федосенков Б.А., Сыркин И.С., Садовец В.Ю., Дубинкин Д.М. Концепция управления беспилотными транспортными средствами в условиях открытых горных работ // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. 2020. № 8. С. 109-120.

13. Бузунов Н.В., Пирожков Р.Д., Карташов А.Б., Дубинкин Д.М. Разработка критериев обеспечения совместной работы источников энергии для создания новых карьерных самосвалов // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2020. № 6 (142). С. 87-97.

14. Панасенков Д.А., Зайцев А.П., Пикалов Н.А., Карташов А.Б., Дубинкин Д.М. Разработка критериев обеспечения гидравлических процессов в узких каналах гидросистемы при создании новых карьерных самосвалов // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2020. № 6 (142). С. 98-108.

15. Дубинкин Д.М., Садовец В.Ю., Котиев Г.О., Карташов А.Б. Исследование процесса транспортирования вскрышных пород и угля на разрезах // Техника и технология горного дела. 2019. № 4 (7). С. 50-66.

16. Дубинкин Д.М., Карташов А.Б., Арутюнян Г.А. Обоснование количества и типа размера шин для беспилотных карьерных самосвалов // Горное оборудование и электромеханика. 2020. № 3 (149). С. 25-33.

17. Дубинкин Д.М. Обоснование необходимости создания тяжелых платформ для открытых горных работ // Горное оборудование и электромеханика. 2020. № 4 (150). С. 59-64.

18. Дубинкин Д.М., Садовец В.Ю., Сыркин И.С., Чичерин И.В. Разработка структуры системы управления беспилотным карьерным самосвалом // Горное оборудование и электромеханика. 2020. № 6 (152). С. 25-30.

19. Дубинкин Д.М., Карташов А.Б., Арутюнян Г.А., Бузунов Н.В., Сорокин К.П., Ялышев А.В. Современное состояние техники и технологий в области карьерных самосвалов с накопителями энергии // Горное оборудование и электромеханика. 2020. № 6 (152). С. 31-42.

20. Костюк С.Г., Чичерин И.В., Федосенков Б.А., Дубинкин Д.М. Мониторинг динамического состояния автономных тяжелых платформ на карьерных маршрутах горнорудных предприятий // Устойчивое развитие горных территорий. 2020. Т. 12. № 4 (45). С. 600-608.

21. Kartashov A., Kositsyn B., Kotiev G., Nazarenko S., Dubinkin D. Ensuring energy efficiency and safety of the cyclic operation of the mining dump truck // В сборнике: E3S WEB OF CONFERENCES. Vth International Innovative Mining Symposium. T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University. 2020. С. 03009.

22. Dubinkin D., Kulpin A., Stenin D. Justification of the number and type of tire size for a dump truck with a lifting capacity from 90 to 130 tons // В сборнике: E3S WEB OF CONFERENCES. Vth International Innovative Mining Symposium. T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University. 2020. С. 03015.

23. Дубинкин Д.М., Аксенов В.В., Тюленев М.А., Марков С.О. Влияние горнотехнических факторов на производительность беспилотных карьерных автосамосвалов // Техника и технология горного дела. 2020. № 4 (11). С. 42-69.

24. Дубинкин Д.М. Современное состояние техники и технологий в области автономного управления движением транспортных средств угольных карьеров // Горное оборудование и электромеханика. 2019. № 6 (146). С. 8-15.

25. Карташов А.Б., Косицын Б.Б., Котиев Г.О., Дубинкин Д.М., Назаренко С.В. Метод определения энергоэффективного закона движения карьерного автосамосвала // Горное оборудование и электромеханика. 2020. № 3 (149). С. 11-24.

26. Дубинкин Д.М. Обоснование необходимости создания тяжелых платформ для открытых горных работ // Горное оборудование и электромеханика – 2020. – № 4 (150). – С. 59-64. DOI: 10.26730/1816-4528-2020-4-59-64.

27. Дубинкин Д.М., Исмаилова Ш.Я., Красавин А.Д., Сорокин В.Ю. Обзор конструкций карьерных самосвалов, грузоподъемностью до 60 тонн //

Сборник материалов XII Всерос. научно-практической конференции с международным участием, 21-24 апр. 2020 г., Кемерово [Электронный ресурс] / ФГБОУ ВО «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева»; редкол.: С. Г. Костюк (отв. ред.) [и др.]. – Кемерово, 2020. С. 52514.1. 7 стр.

28. АBB [Электронный ресурс]. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/ABB> (дата обращения 24.02.2021).

29. HVC solutions portfolio [Электронный ресурс]. URL: <https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=9AKK107991A6983&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch> (дата обращения 24.02.2021).

30. Pantograph Up [Электронный ресурс]. URL: <https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=9AKK107991A4055&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch> (дата обращения 24.02.2021).

31. Proterra (производитель автобусов) [Электронный ресурс]. URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Proterra\\_\(bus\\_manufacturer\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Proterra_(bus_manufacturer)) (дата обращения 23.02.2021).

32. Proterra energy fleet solutions [Электронный ресурс]. URL: [https://www.proterra.com/wp-content/uploads/2020/10/SPEC\\_CHG-SYS\\_250\\_V9\\_10.27.20.pdf](https://www.proterra.com/wp-content/uploads/2020/10/SPEC_CHG-SYS_250_V9_10.27.20.pdf) (дата обращения 24.02.2021).

33. Proterra energy fleet solutions [Электронный ресурс]. URL: [https://www.proterra.com/wp-content/uploads/2020/10/SPEC\\_CHG-SYS\\_500\\_V9\\_10.27.20.pdf](https://www.proterra.com/wp-content/uploads/2020/10/SPEC_CHG-SYS_500_V9_10.27.20.pdf) (дата обращения 24.02.2021).

34. Proterra energy fleet solutions [Электронный ресурс]. URL: [https://www.proterra.com/wp-content/uploads/2020/10/SPEC\\_CHG-SYS\\_1.5M\\_V8\\_10.26.20.pdf](https://www.proterra.com/wp-content/uploads/2020/10/SPEC_CHG-SYS_1.5M_V8_10.26.20.pdf) (дата обращения 24.02.2021).