

# ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ И ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ

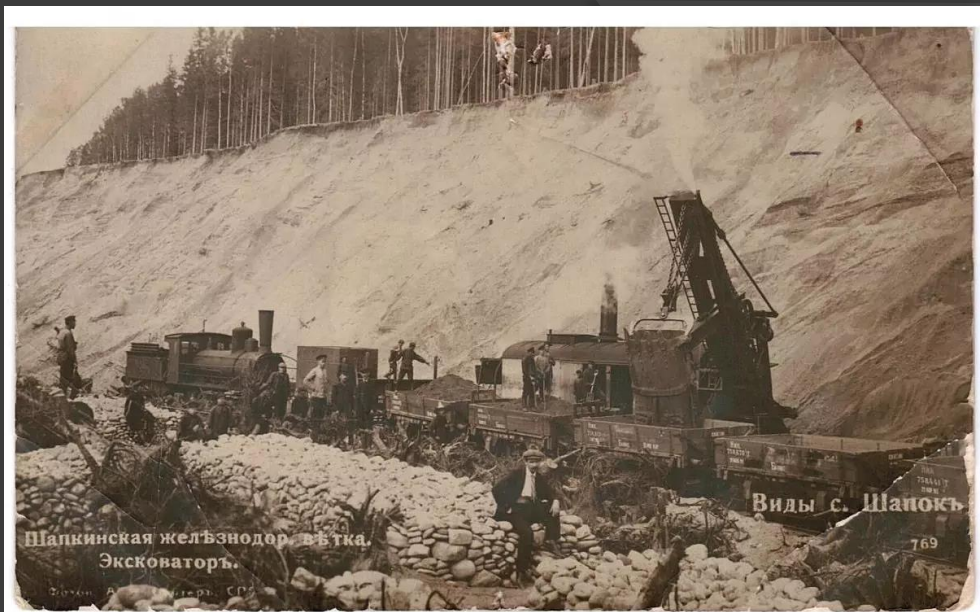
Тема 1. Электроснабжение открытых горных работ

Лекция 1. Основные понятия и особенности  
электроснабжения ОГР.

Электроэнергия благодаря ряду ее существенных преимуществ перед другими видами энергии (например, возможность экономической передачи на значительные расстояния, простота преобразования в другие формы – тепловую, механическую, световую, химическую и т.д., удобство распределения между любым числом потребителей любой мощности) в настоящее время имеет широкое и разнообразное применение во всех областях народного хозяйства и быта.



Началом применения электроэнергии в горном деле исторически считаются последние годы XIX века, практически после того, как русский инженер-электрик М.О.Доливо-Добровольский создал систему трехфазного тока, а затем асинхронный двигатель (1889 г.) и трехфазный трансформатор (1891 г.) В 1900 году на первом Всероссийском электротехническом съезде были сделаны сообщения о применении электрической энергии на Зырянских свинцово-серебряных рудниках Алтая, Брянских угольных коях Донбасса и Кизеловских угольных коях Урала. Несколько позже, но в больших масштабах начал применяться электропривод на шахтах Донбасса. Однако и там к 1912 году работало немногим более 60 маломощных электростанций общей мощностью около 30000 кВт.



pastvu.com/611001



ГОРОБЛАГОДАТСКИЙ РУДНИК. ДОБЫЧА ЖЕЛЕЗНОЙ РУДЫ

Развитие энергетики, а также тяжелого и горного машиностроения создало условия для широкого внедрения открытого способа разработки месторождений полезных ископаемых. В начале 30-х годов были введены в эксплуатацию мощные карьеры на Магнитогорском железорудном, Коркинском и Райчихинском угольных месторождениях. Эти предприятия явились хорошей школой ведения открытых горных работ. Они получили первоклассное по тому времени горно-транспортное оборудование.



pastvu.com/359806 uploaded by alek48s



В начале 1940 года горная промышленность получила отечественные электрические экскаваторы на гусеничном ходу с объемом ковша – 3 м<sup>3</sup>, изготовленные заводом «Уралмаш». Это послужило толчком к замене малоэффективного парового привода электрическим на открытых горных разработках страны.

**TECH  
STORY**

Открытые горные разработки в настоящее время оснащены многочисленными и разнообразными электрическими машинами и комплексами, электрооборудованием и аппаратурой.

Производительная работа электрифицированных машин, механизмов и установок на горных предприятиях зависит от выбора рациональных систем электроснабжения, их надежности и уровня совершенства применяемого электрооборудования.

Выбор схем электроснабжения разрезов производится в зависимости от применяемых типов экскаваторов и транспортных схем.



В связи с ростом установленной мощности электропривода экскаватора, а также с увеличением количества применяемых на разрезах экскаваторов средней мощности и других электрифицированных горных машин и механизмов актуальное значение приобретают вопросы разработки и проектирование надежных, экономичных и безопасных систем внутреннего электроснабжения карьеров, обеспечивающих нормальное проведение основных технологических процессов по добыче полезных ископаемых и вскрытию их запасов.

## Основные термины и понятия

**Схема электрической цепи** – ее графическое изображение, содержащее условные обозначения элементов и показывающее их соединения.

**Электрическая сеть** – совокупность подстанций, распределительных устройств и соединяющих их электрических линий, размещенных на территории района, населенного пункта, потребителя электрической энергии.

**Электрооборудование** – совокупность электрических изделий и (или) устройств, предназначенных для выполнения заданной работы.

**Преобразование электрической энергии** – изменение рода тока, напряжения, частоты или числа фаз.

**Потребитель электрической энергии** – предприятие, организация, территориально обособленный цех, строительная площадка, квартира, у которых приемники электрической энергии присоединены к электрической сети и используют электрическую энергию.

**Электрическая подстанция** – электроустановка, предназначенная для преобразования и распределения электрической энергии.

**Трансформаторная подстанция** – электрическая подстанция, предназначенная для преобразования электрической энергии одного напряжения в энергию другого напряжения с помощью трансформатора.

**Преобразовательная подстанция** – электрическая подстанция, предназначенная для преобразования рода тока или его части.

**Опорная подстанция** – электрическая подстанция, с которой производят управление и контроль за работой других подстанций данной электрической сети.

**Временная подстанция** – электрическая подстанция, состоящая из разборных элементов, которые могут быть быстро доставлены на место работы и собраны для временного использования.

**Пролет** – участок электрической подстанции или станции, на котором устанавливается коммутационная аппаратура отдельного присоединения (линии, трансформатора).

**Ячейка** – пролет или его часть, ограниченная перегородками.

**Распределительное устройство (РУ)** – электроустановка, предназначенная для приема и распределения электрической энергии на одном напряжении и содержащая коммутационные аппараты, вспомогательные устройства и соединяющие их элементы.

**Электроустановка** – комплекс взаимосвязанного оборудования и сооружений, предназначенный для производства или преобразования, передачи, распределения или потребления электрической энергии.

**Закрытая электроустановка** – размещенная внутри здания, защищающего ее от непогоды.

**Открытая электроустановка** – незащищенная зданием от непогоды.

**Подстанция** – совокупность электрического оборудования, размещенного в общем пункте, которое включает в себя необходимые здания и предназначена для преобразования или трансформации электрической энергии, а также связи между двумя или несколькими сетями.

**Тяговая подстанция** – подстанция, питающая электрическую тягу.

**Переключательный пункт** – подстанция, служащая для секционирования линии электропередачи или сети отключением или включением разъединителями линий без нагрузки.

# ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ

Электроснабжение разрезов имеет ряд **особенностей**, обусловленных технологией ведения горных работ и специфическими условиями эксплуатации электрооборудования и электрических сетей. К этим особенностям относятся:

- Работа на открытом воздухе;
- Значительная площадь, большая глубина и уступная форма разработок;
- Рассредоточенность оборудования по всей территории и глубине разработок;
- Систематическое перемещение рабочих машин и электрооборудования;
- Наличие взрывных работ;
- Применение мощных электрифицированных горных машин, комплексов и железнодорожного транспорта;
- Сезонность нагрузки (на предприятиях Крайнего Севера);
- Повышенная опасность поражения электрическим током;
- Возможная работа в условиях выделения горючих газов и пыли.

Электрооборудование и сети на разрезах круглый год работают на открытом воздухе и **повергаются воздействию**:

- Атмосферных осадков;
- Резких колебаний температуры окружающей среды;
- Запыленности;
- Содержащихся в воздухе паров химических реагентов.

Ведение горных работ вызывает **необходимость производить**:

- Передвижку приключательных пунктов, передвижных трансформаторных подстанций, воздушных и кабельных линий с одной площадке на другую, на одном и том же уступе или с одного уступа на другой;
- Пересоединение экскаваторных кабелей с одного приключательного пункта на другой;
- Сматывание и наматывание на барабан или подтягивание экскаваторного кабеля.

При производстве взрывных работ распределительные воздушные и кабельные линии, а также оборудование и механизмы подвержены воздействию взрывной волны и ударов кусками породы.



При взрывах на карьерах имеют место следующие **характерные повреждения** электрического оборудования и сетей:

- Обрыв проводов воздушных линий;
- Падение опор воздушных линий электропередач;
- Повреждение фарфоровых (стеклянных) изоляторов;
- Механическое повреждение шланга гибких экскаваторных кабелей, корпусов и изоляции электродвигателей, пусковой аппаратуры;
- Особенно часто при взрывах нарушается механическая блокировка приводов разъединителей, выключателей и т.п.

# ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К СХЕМАМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ.

Система электроснабжения карьеров, состоящая из сетей высокого и низкого напряжения, трансформаторных, распределительных и преобразовательных подстанций, служит для передачи и распределения электроэнергии от источника питания до электропотребителей.

К электроснабжению карьеров предъявляется требование обеспечить высокое качество электроэнергии у электропотребителей (стабильность напряжения и частоты), необходимое для карьера количество электроэнергии, надежность электроснабжения, экономичность и безопасность всех элементов системы электроснабжения.

При выборе схемы электроснабжения следует учитывать:

- ✓ мощность, потребляемую электроприемниками карьера;
- ✓ размещение электроприемников по карьеру;
- ✓ число и мощность подстанций;
- ✓ напряжение электроприемников;
- ✓ напряжение и удаленность источников;
- ✓ гибкость в эксплуатации и возможность расширения карьера.

## КАТЕГОРИИ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ.

Правилами устройства электроустановок (МУЭ) все электроприемники разделяются по степени ответственности электроснабжения на три категории.

**I категория** — электроприемники, перерыв в электроснабжении которых связан с опасностью для жизни людей, браком продукции, повреждением оборудования и длительным восстановлением сложного технологического процесса.

В горной промышленности к I категории относятся подъемные установки, обслуживающие спуск-подъем людей, водоотливные установки шахт и карьеров, противопожарные насосные установки, вентиляторные установки шахт и рудников, калориферные установки для шахт и т.п.

Эти электроприемники должны обеспечиваться электроэнергией от **двух независимых источников питания**, а перерыв в электроснабжении допускается только на время автоматического ввода резервного питания (АВР).

**II категория** — электроприемники, перерыв в электроснабжении которых связан с **существенным снижением выпуска** продукции, простоем рабочих, механизмов и транспорта. На карьерах к ним относятся экскаваторы, конвейерный и электровозный транспорт, компрессоры, техкомплекс промплощадки.

Для потребителей II категории допускается перерыв электроснабжения на время включения резервного питания дежурным персоналом или выездной оперативной бригадой. Вопрос резервирования питания этих потребителей решается на основе технико-экономических расчетов.

**III категория** — неответственные потребители, к которым относятся машины и механизмы вспомогательных цехов и участков на карьерах, освещение дорог, склады, мехмастерские, автогаражи, некоторые виды коммунальных нагрузок.

Для них допускается перерыв электроснабжения на время, необходимое для ремонта или замены поврежденною элемента системы электроснабжения, но не более одних суток. Резервное питание для этих потребителей обычно не предусматривается.

Из состава электроприемников I категории надежности выделена **особая группа** электроприемников, бесперебойная работа которых необходима для безаварийной остановки производства с целью предотвращения угрозы жизни людей, взрывов, пожаров и повреждения дорогостоящего основного оборудования.

Для электроснабжения особой группы электроприемников I категории надежности должно предусматриваться **дополнительное питание от третьего источника**, которым могут быть электростанции как энергосистемы, так и местные, а также специальные агрегаты бесперебойного питания, аккумуляторные батареи и пр.

Отнесение потребителей к той или иной категории определяет степень резервирования, что влияет на капитальные затраты. Поэтому в каждом конкретном случае необходимо при отнесении потребителей к той или иной категории и определении степени резервирования тщательно проанализировать все возможные последствия нарушений электроснабжения.

## ИСТОЧНИКИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ОГР

**Основные источники** электроснабжения большинства карьеров - мощные районные и объединенные энергетические системы.

В районах, удаленных от энергетических систем, карьеры питаются от местных электростанций.

К внешнему электроснабжению предприятия, присоединяемого непосредственно к районной подстанции энергосистемы, относятся:

- ячейка присоединения на районной подстанции;
- линии электропередачи независимо от напряжения, подающие питание на подстанцию предприятия;
- подстанция предприятия.

Исходные данные для проектирования внешнего электроснабжения карьера – это технические условия на присоединение к энергосистеме.

Основной вопрос, который должен быть решен при проектировании системы внешнего электроснабжения - выбор напряжения, числа и способа выполнения питающих воздушных или кабельных линий, оптимального сечения проводников, а также подстанции карьера.

## ВЫБОР РОДА ТОКА И ВЕЛИЧИНЫ НАПРЯЖЕНИЯ

Род тока определяется, главным образом, типом электроприводов горно-транспортных машин и механизмов. Для большинства карьерных машин и механизмов применяется **переменный трехфазный ток**. **Постоянный ток**, требуемый для экскаваторных приводов, приводов буровых станков, электровозов и т.д., **получают путем преобразования** переменного тока с помощью различных устройств (двигатель-генератор, различные виды выпрямительных агрегатов и пр.).

**Номинальное напряжение** потребителей электроэнергии переменного тока может быть **10000, 6000, 1140, 660, 380, 220 и 127 В**.

Наиболее часто применяется напряжение **6000 и 380 В** – для **двигателей**; **220 и 127 В** – для **освещения** и электрифицированного инструмента.

Применение напряжений **1140 и 660 В** для питания электродвигателей буровых станков, небольших экскаваторов, ленточных конвейеров и других машин и механизмов облегчит карьерные распределительные сети, сократит число передвижных подстанций и повысит качество электроэнергии, даст экономию цветных металлов. При выборе величины переменного тока необходимо руководствоваться ПТЭ для открытых горных работ.

В системе Г-Д используется **постоянный ток напряжением до 700 В.**

Для электровозной тяги применяют постоянный ток напряжением **600, 825 и 1650 В.** При больших расстояниях от карьера (разреза) до отвалов, а также при больших перегонах карьера применяют ток напряжением 1650 В. На карьерах (разрезах), откаточные пути которых примыкают к ж/д путям МПС, целесообразно применять напряжение 3300 В. На электрифицированном ж/д транспорте карьеров (разрезов) используют также переменный ток напряжением 1000 В.

Выбор напряжения питающих линий от районных подстанций и сетей энергосистемы до ГПП или ЦРП карьеров (разрезов) производится на основании технико-экономического расчета. При проектировании электроснабжения карьеров (разрезов) большое внимание должно уделяться **выбору напряжения** во всех звеньях системы.

Величиной напряжения определяются:

- Параметры линий электропередачи (ЛЭП);
- Оборудование подстанций и сетей, а следовательно, размеры капиталовложений в систему энергоснабжения;
- Расход цветных металлов;
- Потери электроэнергии в сетях и электроприводе;
- Эксплуатационные расходы.

Таким образом, **основным критерием при выборе напряжения должен быть экономический эффект.**

По номинальному напряжению электроустановки в странах СНГ подразделяются на электроустановки до 1000 В и выше 1000 В.

ГОСТ 721-62 приняты следующие номинальные напряжения:

1. В сетях до 1000 В – 12, 24, 36, 220/127, 380/220, 660/380 В (в числителе – линейные напряжения, в знаменателе – фазные напряжения);
2. В сетях выше 1000 В – 6, 10, 20, 35, 110, 220, 330, 500, 750 кВ.

Из приведенных величин напряжений в системах электроснабжения карьеров (разрезов) применяются следующие:

- **Внешнее электроснабжение** – подвод электроэнергии от районных подстанций энергосистем или местных электростанций – 220, 110, 35 кВ (реже 10 кВ);
- **Внутреннее электроснабжение** – передача электроэнергии по питающим и распределительным линиям электропередачи от главных стационарных подстанций к потребителям – 6, 10, 35, 110 кВ.

Напряжения **35 и 110 кВ** часто применяются на «глубоких» **вводах** для питания мощных экскаваторов.

Напряжением 6 и 10 кВ питаются либо понизительные трансформаторы, либо непосредственно приводные двигатели горных машин и механизмов, т.к. электропривод горных машин с двигателями на переменном токе осуществляется на напряжении 6, 0,38, 0,22 кВ (редко 0,66 и 10 кВ).

Ручной инструмент, осветительные установки на горных машинах питаются напряжением 220, 127 В.

Для переносного освещения на горных машинах и установках применяют светильники на напряжение 36 В (в отдельных случаях – 12 или 24 В).

**Напряжение для ручного инструмента и переносного освещения определяется по условиям безопасности, а напряжение природных двигателей – целесообразностью для каждой из горных машин.**

**Перспективными принципами** при создании систем электроснабжения карьеров (разрезов) следует считать:

- Устройство «глубоких» вводов высокого напряжения для питания мощных экскаваторов (глубоким вводом называется система электроснабжения с максимально возможным приближением высшего напряжения (35 - 220 кВ) к электроустановкам потребителей с минимальным, количеством ступеней промежуточной трансформации и аппаратов);
- Разукрупнение узлов электроснабжения;
- Широкое применение для отдельных крупных электропотребителей (например, экскаваторов с ковшом емкостью 10 м<sup>3</sup> и более) блоков – «линия электропередачи (ЛЭП) – трансформатор».