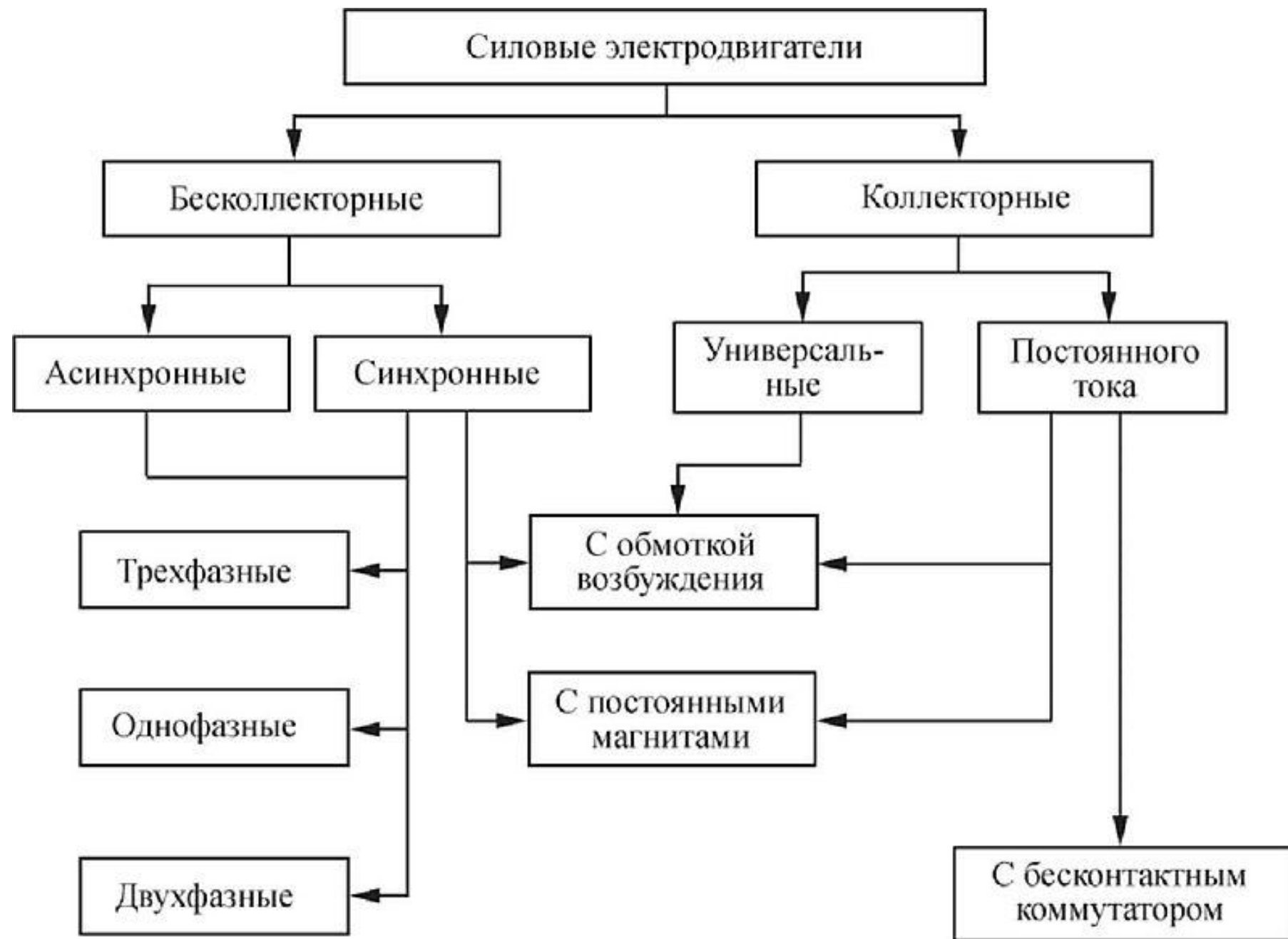


# Электродвигатели для горных предприятий

**Электродвигатель (ЭД)** - электрическая машина преобразующая электрическую энергию в механическую.

Электродвигатели классифицируют: по роду тока – переменный (АС) и постоянный (DC); по напряжению, мощности, частоте вращения и т.д.



Двигатели  
постоянного тока

Коллекторные

Бесконтактные

С электромагнитным  
возбуждением

С возбуждением от  
постоянных магнитов

Вращающиеся

Линейные



Тип якоря (ротора)

Барабанный  
(массивный)  
якорь

Гладкий  
(беспазовый)  
якорь

Полый  
немагнитный  
якорь

Дисковый  
якорь

# Электродвигатели для горных предприятий

- ЭД выпускают на любое напряжение и род тока - по требованию заказчика. ЭД условно делятся:
- **По мощности:** микроэлектродвигатели (до 0,1 кВт); мелкие (до 1 кВт); малые (1 – 10кВт); средние (10 – 100 кВт); крупные (100 – 1000 кВт); мощные (свыше 1000 кВт).
- **По частоте вращения:** тихоходные (до 250 об/мин); средней частоты (250 – 1000 об/мин); быстроходные (свыше 1000 об/мин).
- **По способу охлаждения:** с естественной вентиляцией (микроэлектродвигатели); с самовентиляцией (свой вентилятор на валу ЭД, ребра охлаждения на корпусе) и независимым охлаждением (контуры жидкостного охлаждения или внешний вентилятор).

# Электродвигатели для горных предприятий

- **По степени защиты:** взрывозащищенные, влагостойкие, нагревостойкие и химическистойкие.
- **Обозначение ЭД.** В Российской Федерации ЭД имеют следующую буквенную маркировку: **А** -асинхронный с короткозамкнутым ротором; **АК** – асинхронный с фазным ротором; **П** – постоянного тока; **С** – синхронный; **В** – взрывобезопасный; **Р** – рудничный; **Н** – нормального исполнения; **С(вторая)** –с повышенным скольжением; **М** – многоскоростной; **Р** –повышенный пусковой момент; **А (вторая)** – алюминиевый корпус; **О** – обдуваемый. Нужно учесть, что заводы, производящие ЭД зачастую сами ставят маркировку по своему усмотрению.

# Электродвигатели для горных предприятий

- Примеры обозначения ЭД.

**ЗАН – 500 М2 - 3** – третья серия; **А**- асинхронный с короткозамкнутым ротором; **Н** – нормального исполнения; 500(всегда во всех обозначениях всех двигателей) – высота от основания до центра оси вращения (в мм); **М** – установочный размер по длине ротора (**Л** – длинный; **М** – средний; **С** – короткий); **2** – число полюсов ( 2 – 3000 об/мин; 4 – 1500 об/мин; 6 – 1000 об/мин и т.д.).

**СДВ – 15 – 49 12У2** – **СД** – синхронный двигатель; **В** – вентиляторный (для привода вентиляторов); **15** – габаритный размер; **49** – длина пакета статора; **12** – число полюсов (500 об/мин); **У2** – климатическое исполнение.

# Электродвигатели для горных предприятий



# Электродвигатели для горных предприятий

- В горной промышленности применяются практически все типы ЭД во всех видах исполнения.
- **Высоковольтные ЭД** (на напряжение 6 кВ – подземные условия и поверхность, 10 кВ - только поверхность; 3,3 кВ (постоянный ток) – ж/д перевозки на поверхности).
- Для привода **главных вентиляторов, мощных насосов, компрессоров** (производительностью от 100 м<sup>3</sup> сжатого воздуха/мин), **мельниц**, в основном, используют **синхронные двигатели (СД)** (от 500 кВт и выше). Основными преимуществами СД является большой постоянный крутящий момент в большом



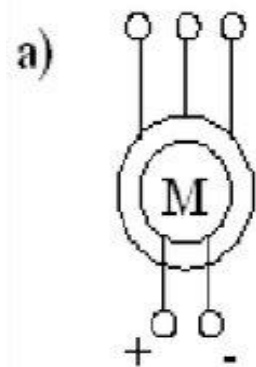
# Электродвигатели для горных предприятий

- диапазоне нагрузок; способность перерабатывать реактивную энергию; простота реверсирования.
- На предприятиях в Мурманской области установлено большое количество СД, поэтому энергосистема области, практически не нуждается в компенсации реактивной мощности, что, в свою очередь, резко улучшает качество электроэнергии и надежность всей системы.
- К недостаткам СД относят сложность питания обмоток возбуждения (в последнее время, в связи с широким применением микропроцессорной и полупроводниковой техники, этот недостаток устранен), громоздкость самого ЭД

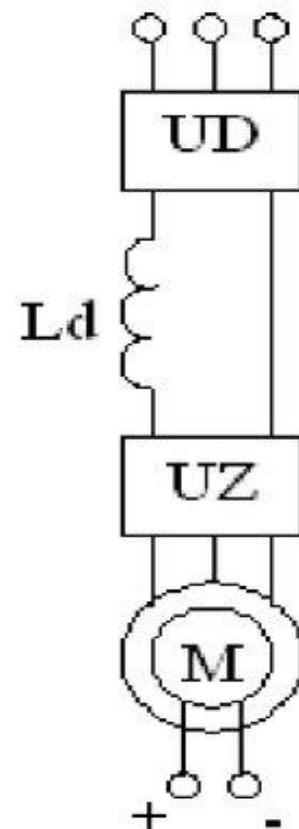
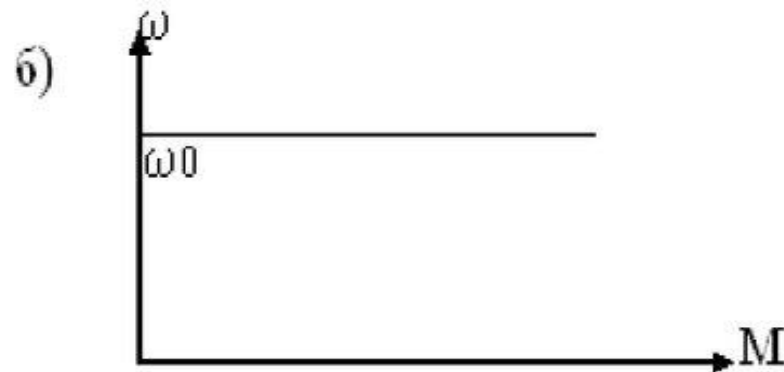
# Электродвигатели для горных предприятий

- и вспомогательного оборудования (кроме самого ЭД требуется согласующий трансформатор, система питания обмоток возбуждения); высокие требования к бесперебойности питания (смотри Лекция 1) и трудность регулирования скорости вращения.
- В последнее время СД стараются заменять на другие типы ЭД с регулированием частоты. После ряда не особо удачных попыток, частотное регулирование самих СД старых типов, стараются не применять, так как высоковольтный частотный регулятор очень дорог, СД сильно перегреваются и требуют дополнительного охлаждения.

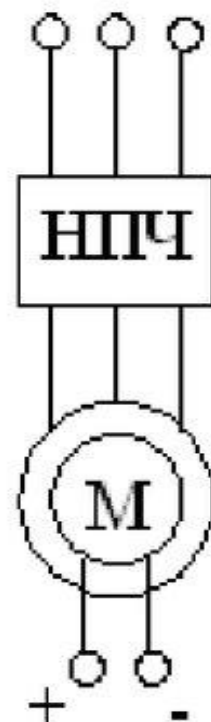
# Синхронный двигатель



Механические характеристики синхронного двигателя



Блок-схема включения синхронного двигателя по схеме «вентильный двигатель»



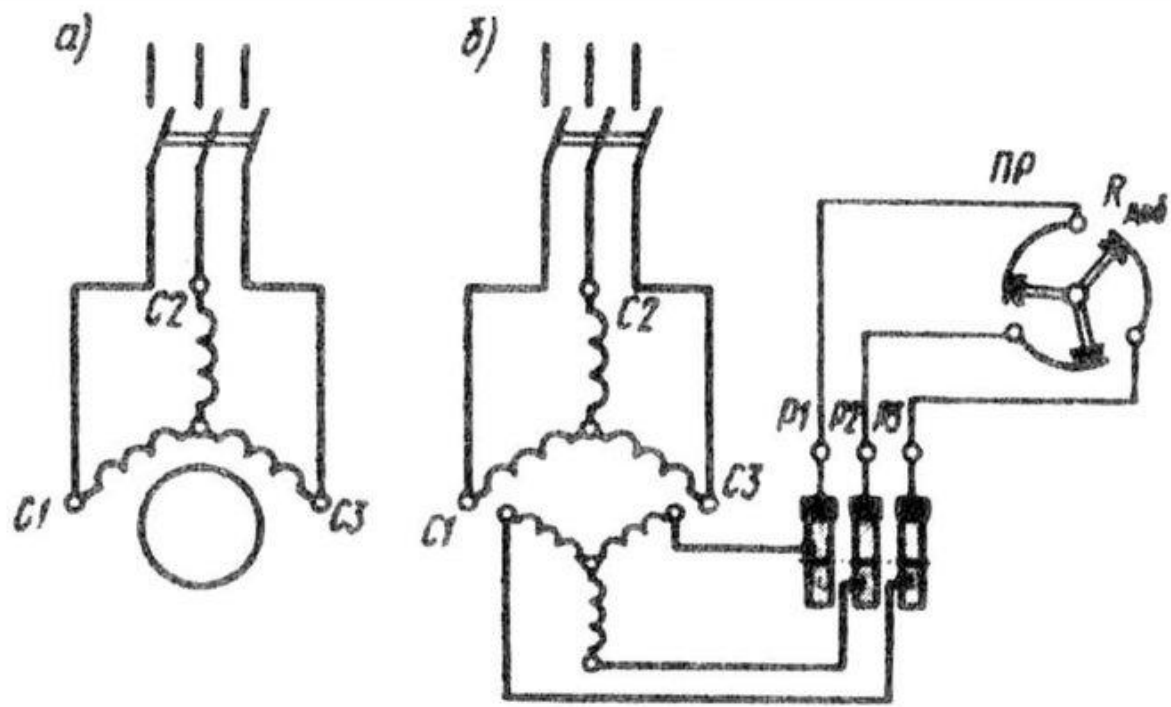
Блок-схема системы НПЧ-СД

# Электродвигатели для горных предприятий

- СД широко применяются в электрических экскаваторах при мощностях более 500 кВт. Их обозначение СДЭ – Э – экскаваторный.
- **Высоковольтные асинхронные двигатели (АД)** применяются для привода насосов, дробилок, режущих конвейеров, главных и вспомогательных вентиляторов и в качестве экскаваторных АД при мощностях от 200 кВт до 1200 кВт (в основном с короткозамкнутым ротором). Отдельно стоит отметить применение АД (в основном с фазным ротором) в качестве привода подъемных машин и грузоподъемных механизмов с различными типами регулирования скорости вращения.

# Электродвигатели для горных предприятий

- Основным достоинством АД является их простота исполнения и дешевизна (дешевле СД примерно 2-4 раза; двигателей постоянного тока (ДП) примерно 5 – 8 раз при равных мощностях); меньшие требования к качеству питания. К недостаткам АД относят – небольшой диапазон регулирования нагрузок, трудность реверсирования при больших мощностях, большая стоимость высоковольтных регуляторов частоты, выдача в сеть реактивной энергии.

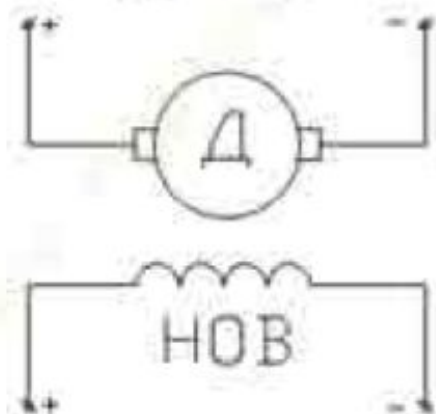


Принципиальные схемы включения трехфазных асинхронных двигателей с короткозамкнутым (а) и фазным (б) ротором

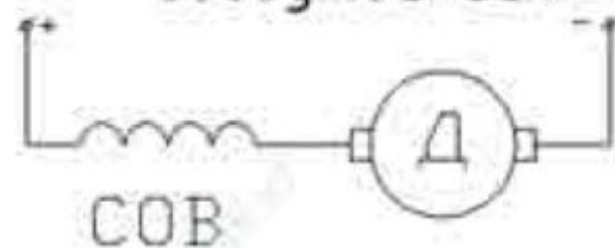
# Электродвигатели для горных предприятий

- **Высоковольтные двигатели постоянного тока (ДПТ).** Применяются для привода подъемных установок (все типы грузоподъемного и скипового подъема); мощных крановых установок и главных ЭД локомотивов (3,3 кВ) и экскаваторов. Основным их преимуществом является точное регулирование скорости от 0 до 100000 об/мин при больших пусковых и рабочих нагрузках при примерно равной стоимости АД с частотным регулированием. Недостатками ДПТ является их сложность, дороговизна, требование к выпрямлению эл. тока, что в свою очередь сильно снижает качество электроэнергии во внешней сети. Та же из-за сложности конструкции их надежность ниже чем у АД и СД.

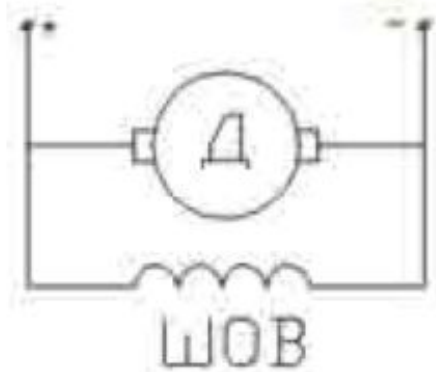
*ДПТ с независимым  
возбуждением*



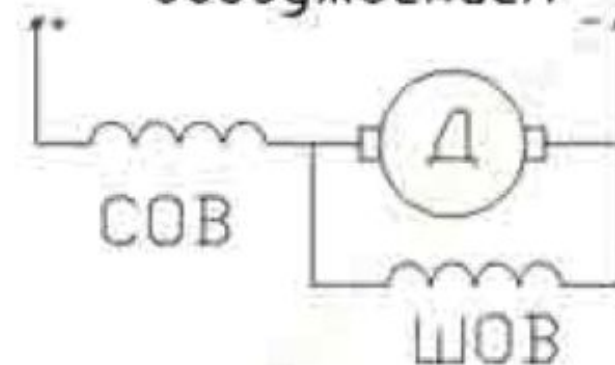
*ДПТ с последовательным  
возбуждением*



*ДПТ с параллельным  
возбуждением*



*ДПТ со смешанным  
возбуждением*





# Электродвигатели для горных предприятий

- Как видно, что высоковольтные ЭД применяются только с мощными электроприемниками. Так же, на главных установках ( шахтный подъем, водоотлив, насосные станции, локомотивы) все ЭД имеют резерв для повышения надежности эксплуатации.
- **Низковольтные ЭД.**
- В последнее время существует мировая тенденция к замене высоковольтных электродвигателей на низковольтные, а так же ДПТ на АК. Это связано с тем, что частотные регуляторы для высоковольтных двигателей до 10 раз дороже, чем низковольтные и их применение позволяет сильно снизить

# Электродвигатели для горных предприятий

- затраты на монтаж и эксплуатацию. Другой причиной служит ужесточающееся законодательство стран к требованиям качества электроэнергии.
- Применение высоковольтных регуляторов частоты и высоковольтных выпрямителей для ДПТ приводит к появлениям в сети 6 – 10 кВ гармоник (импульсов и частот) высоких порядков (выше 50 Гц в стандартной сети). Особенно это опасно для микропроцессорной и бытовой техники, измерительных приборов. Для борьбы с гармониками на предприятиях применяют фильтры – компенсирующие установки (ФКУ) которые «срезают» импульсы.

# Электродвигатели для горных предприятий

- Стоимость ФКУ значительно выше или примерно равна стоимости ЭД с частотным регулятором. Так, фирмой АВМ, на одной из шахт была применен АД мощностью 4000 кВт на напряжение 380В с частотным регулятором. Это вышло примерно в 2,5 раза дешевле, чем аналогичная высоковольтная система.
- Другим мотивом применения низковольтного частотного регулируемого привода служит то, что такие ЭД обычно запитаны с изолированной системы шин. Даже если гармоники и появляются, то они не проникают обратно в высоковольтные сети (трансформаторы гармоники не пропускают и «гасят» их в своем сердечнике).

# Электродвигатели для горных предприятий

- Отказ от ДПТ и замена их на АД мотивируется их дороговизной и низкой надежностью.
- В горной промышленности, в основном, применяются АД на напряжение 380 В, 660 В, 1140 В. Они применяются для приводов вентиляторов местного проветривания ВМ-5, ВМ-6, ВМ-12 (серии ВАО, ВР, ВРА и т.д.), насосных станций (общепромышленные серии), конвейерных установок (ВРК и т.д.), лебедок, вибропитателей, флотомашин, небольших дробилок, классификаторов и т.п.. Для добычных комбайнов и проходческих щитов в основном применяются АК с тяжелым пуском (серии ЭДК, ЭКВ, ВАОПК); для самоходной техники – специализированные АД.

# Электродвигатели для горных предприятий

- Целесообразность выбора низковольтного напряжения можно (примерно) объяснить рабочими токами ЭД. До 150 кВт – 380 В (токи 300 А); 150 – 300 кВт - 660 В (токи 350А), выше 300 кВт – 1140 В (токи 300 А). Забегая вперед, отмечу, что это рабочий ток кабеля с медными жилами сечения 120 мм<sup>2</sup>, который достаточно легко и быстро можно проложить по горным выработкам.
- Для привода вспомогательных механизмов и инструмента широко применяются однофазные ЭД, в том числе и с конденсаторами (пусковыми и рабочими).

# Электродвигатели для горных предприятий

- Для грузоподъемного оборудования (тельферы, тали, кран – балки) применяются двигатели с фазным ротором (серия МТ).
- Для подземной электровозной откатки и троллейвозов применяются двигатели постоянного тока (серия ЭТ, ДПТ, ДТН) на напряжение 250 В и 400 В. Для отказа от ДПТ проводятся работы по установки на электровозы инверторов (преобразователей постоянного тока в переменный необходимой частоты) и АД. Эти работы, пока не привели к нормальным результатам из-за неравномерностей питания в контактных сетях.

# Электродвигатели для горных предприятий

- Для самостоятельного изучения - что такое пульсность выпрямления тока (сеть интернет, учебники «Основы электроснабжения»).
- Контрольные вопросы на следующее занятие. Подготовить и выслать мне.
- 1. Что такое «ноль» в электрической сети. Его физическое понятие.
- 2. Чем «заземление» электроустановки отличается от «зануления»?