

А.С. КИЛЕЕВА, студент гр. УКмт-241 (КузГТУ)

С.К. ТРЕФЕЛОВА, студент гр. УКмт-241 (КузГТУ)

Научный руководитель В.А. АНДРЕЕВ, старший преподаватель (КузГТУ)
г. Кемерово

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ СИНХРОННОГО ПРИВОДА НА ПОСТОЯННЫХ МАГНИТАХ В ПРИМЕНЕНИИ К КОНВЕЙЕРНОМУ ТРАНСПОРТУ

В последнее время все большее распространение получает синхронный привод на постоянных магнитах совместно с применением преобразователей частоты. В отличие от асинхронного привода он обладает следующими преимуществами:

- 1) высокий крутящий момент;
- 2) меньшие габариты;
- 3) высокий КПД и $\cos(\varphi)$;
- 4) высокая перегрузочная способность и зачастую применение такого привода приводит к отсутствию редуктора.

Такие двигатели (рисунок 1) в своей конструкции имеют редкоземельные магниты, которые дороже обычных магнитов и менее доступны. Поэтому такой привод изначально рассматривался для небольших двигателей. В частности, получил широкое распространение в качестве привода для самокатов и велосипедов, двигателей БПЛА, двигателей авто- и мото- транспорта (например, автомобили Tesla Илона Маска).

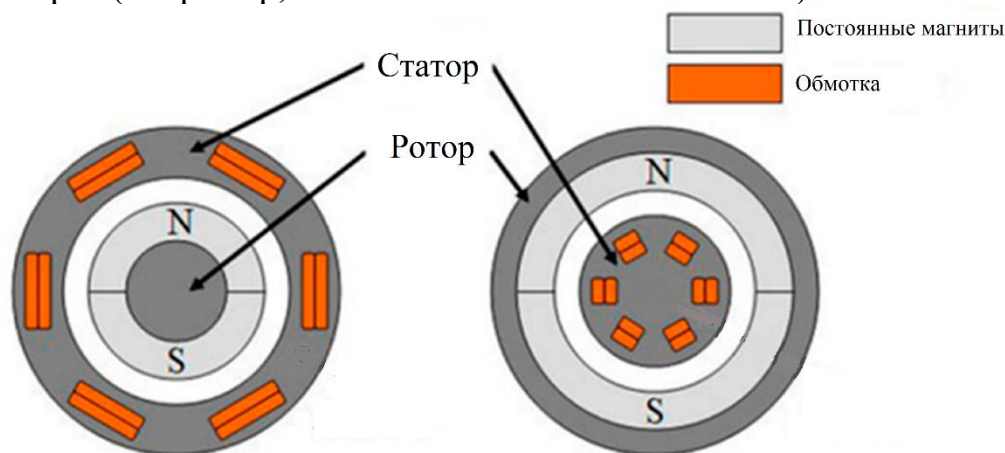


Рис. 1. Упрощённая модель синхронной машины с постоянными магнитами (СДПМ)

Впоследствии китайскую промышленность заинтересовало применение таких машин в качестве прямого привода в тяжелых машинах, таких

как конвейера, мельницы, градирни. Применение таких приводов вызвано снижением затрат на обслуживание т.к. отсутствует редуктор и снижены затраты на потребление электроэнергии.

Основой технологии прямого привода в качестве привода конвейера является применение двигателя специальной конструкции (мотор-барабана, рисунок 2), высокое число полюсов для снижения синхронной скорости и применение преобразователя частоты для запуска и управления таким приводом. Конструкция двигателя мотор-барабана на постоянных магнитах имеет обратную конструкцию. Т.е. для удобства обслуживания ротор такого двигателя поменяли местами со статором. Теперь ротор находится на обечайке приводного барабана по внешней оболочке которого расположены магниты с магнитопроводом. Это отдельное требование для таких машин, предназначенных для работы в тяжелых условиях эксплуатации. Статор мотор-барабана располагается на неподвижном валу. Обмотки статора располагаются на магнитопроводе статора.

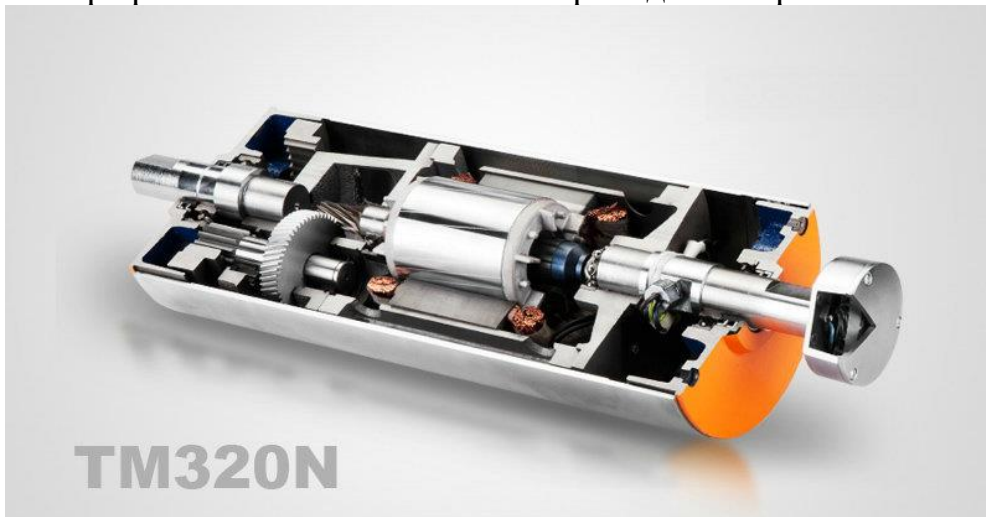


Рис. 2. Мотор-барабан в разрезе. Учебная иллюстрация

В составе прямого привода на синхронных машинах с постоянными магнитами огромную роль принимает на себя преобразователь частоты – ПЧ (рисунок 3). Задача преобразователя частоты плавно, с нулевой скорости, разогнать двигатель до номинальной скорости. Поэтому запуск двигателя в штатном режиме начинается с нулевой частоты до частоты определенной номинальной скоростью вращения барабана. Сила тока определяет крутящий момент этой машины и может достигать в пиковые значения в $2I_n$.

Так же стоит отметить благоприятные условия теплопередачи для обратного двигателя. При движении мотор-барабана, наружная часть ротора эффективно охлаждается за счет плотного облегания конвейерной ленты и частичному уносу тепловых нагрузок на ленту. Конструкция предусматривает отсутствие активных потерь в обмотке ротора затрачиваемых

на создание магнитного потока. Статор же такого двигателя охлаждается либо воздухом, либо жидкостью. Для мотор-барабанов небольшой производительности в большинстве случаев достаточно применения воздушного охлаждения и наоборот, в применениях с большими мощностями используется жидкостное охлаждение.

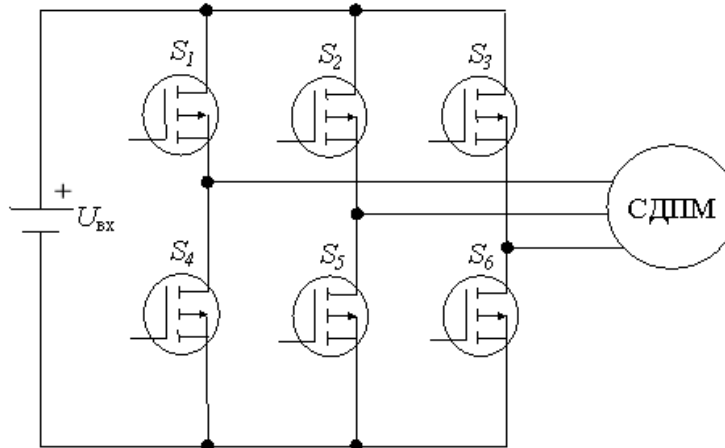


Рис. 3. Схема трехфазного инвертора для синхронного двигателя с постоянными магнитами (СДПМ)

Рассмотрев данную конструкцию и применения в конвейерном приводе (рисунок 4) можно сравнить и выделить преимущества от использования данного привода:

1) самое значимое достоинство – отсутствие редуктора, отсутствие быстроходных элементов вращения, что значительно сокращает затраты на обслуживание и повышает как надежность данного электропривода, так и надежность всего конвейера;

2) сокращение затрат на монтаж и эксплуатацию в сравнении редукторных систем (снижение затрат на монтаж, центровку их просто нет, исключается турбомуфта, снижение числа складских остатков для поддержания резервных позиций, снижение количества осмотров, протяжки болтовых редукторных соединений, проверки систем смазки, уровня, фильтров и т.д.);

3) обязательное применение преобразователя частоты входящего в состав электропривода конвейера в качестве устройства регулирования скорости ленточного полотна. Обычно привод конвейера рассчитывается с коэффициентом нелинейности загрузки и так же с запасом по мощности. Мощность привода должна соответствовать условиям повторного запуска под нагрузкой, что в большинстве случаев дает значительный расчетный запас по мощности и загруженности конвейера. Снижая скорость конвейера, мы обеспечиваем экономию не только электроэнергии, а также всех его составляющих, это ресурс ленты, роликов и приводных барабанов;

4) экономия пространства при расположении приводных барабанов означает, что нет необходимости в дополнительных металлоконструкциях

для размещения редуктора, тормоза, двигателя. В условиях подземных выработок это дает значительную экономию пространства, времени и средств;

5) с применением мотор-барабанов из-за отсутствия быстроходных элементов вращения, отсутствия зубчатого зацепления приводит к сокращению производственного шума.

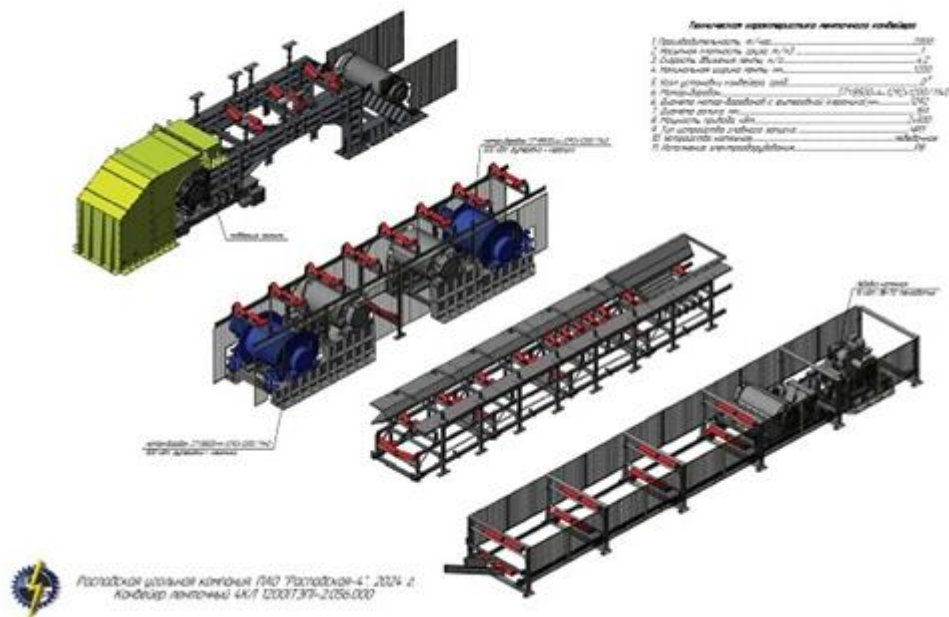


Рис. 4. Графическая модель конвейера магистрального с мотор-барабанами на постоянных магнитах

Рассмотрев преимущества отдельного привода, стоит рассмотреть возможность реализации многодвигательного привода. Для конвейерного транспорта так же справедливо распределение нагрузок между приводами. Цель равномерного распределения нагрузок – равномерно распределить нагрузки от конвейера между электроприводами в составе конвейера. Так, например, если не уравнивать нагрузки между приводами может получиться что один из приводов многодвигательного конвейера перегружен, а кокой то из приводов остался недогружен. Синхронная машина всегда вращается со скоростью определяемой скоростью вращения магнитного поля статора, а вращающий момент пропорционален току. Это значительно облегчает распределение мощностей между приводами конвейера. Как говорилось ранее в данном приводе обязательно применение частотных преобразователей для запуска привода.

Стоит отметить тот факт, что данный вариант привода широко распространен в Китае. Первая реализация данного привода появилась в 2017 году, установлен на обогатительной фабрике Китая, мощность привода составила 45кВт, на 2023 год срок эксплуатации превысил 50000 часов без

аварийных остановок.

На сегодняшний день применение мотор-барабанов в приводе конвейера конвейерного транспорта является эталоном энергоэффективности, надежности и простоты обслуживания. На протяжении 8 лет данная технология бьется за лидерство, доказывая свое превосходство среди конкурентных вариантов.

Список литературы:

1. Конвейер магистральный с мотор-барабанами на постоянных магнитах. Официальный сайт группы компаний ООО «Транспорт-Электропривод». – Текст: электронный. – URL: <https://trans-el.pro/proekt3> (дата обращения: 29.10.2025).
2. Павлов, О. П. Синхронный двигатель с постоянными магнитами, управляемый при помощи прогнозирующей модели / О. П. Павлов. – Текст: непосредственный // Молодой ученый. – 2019. – № 25 (263). – С. 135-138. – URL: <https://moluch.ru/archive/263/61104>.
3. Приводы переменного тока низкого напряжения. Приводы АББ промышленного назначения ACS880 от 0,55 до 6000 кВт. – Текст : непосредственный // Каталог электротехнической продукции фирмы АББ. – 2018.
4. Техническое перевооружение конвейеров №39, 40 ДО АНОФ-3. Официальный сайт группы компаний ООО «Транспорт-Электропривод». – Текст: электронный. – URL: <https://trans-el.pro/proekt7> (дата обращения: 29.10.2025).
5. Чечулин, В. Д. Разработка генератора постоянного тока на неодимовых магнитах на магнитных подвесах / В. Д. Чечулин, Г. А. Ковалев, С. П. Сикорский, Т. В. Бубенчикова. – Текст : электронный // Молодой ученый. – 2016. – № 22.3 (126.3). – С. 56-59. – URL: <https://moluch.ru/archive/126/35100> (дата обращения: 29.10.2025).

Информация об авторах:

Килеева Александра Сергеевна, студент гр. УКМТ-241, КузГТУ, 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, д. 28, sedneva.aleksandra@mail.ru

Трефелова Софья Константиновна, студент гр. УКМТ-241, КузГТУ, 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, д. 28, trefelova09@gmail.com

Андреев Виктор Александрович, старший преподаватель кафедры ЭГПП, КузГТУ, 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, д. 28, andreevva@kuzstu.ru