

**Назипова Лилия Ринатовна**

аспирант

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет»

г. Тюмень, Тюменская область

DOI 10.21661/r-462564

## **НЕДОСТАТКИ ПРИМЕНЕНИЯ ЧАСТОТНОГО УПРАВЛЕНИЯ НА ТИПОВЫХ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯХ**

***Аннотация:** в данной статье раскрыта структура и принцип работы частотно-регулируемого привода. Представлена структурная схема данного привода. Показаны зависимости влияния скорости вращения ротора электродвигателя от пар полюсов. Дана общая характеристика условий, при которых может осуществляться частотное регулирование. Проведено сравнение типового асинхронного двигателя и двигателя, специально проектируемого для частотного управления. Обозначены недостатки частотно-регулируемого привода.*

***Ключевые слова:** частотно-регулируемый привод, скорость вращения, асинхронный двигатель, электропривод, структурная схема.*

Нефтеперекачивающая станция (НПС) представляет собой электромеханический комплекс, в котором осуществляется совместная работа нескольких насосных агрегатов, приводами которых являются асинхронные электродвигатели. Система управления процессами данных агрегатов основывается на использовании современных элементов электроники, автоматики, механики и компьютерного моделирования. В связи с таким многообразием элементов и сложностью совокупной их эксплуатации возникает необходимость создания автоматизированного электропривода.

На сегодняшний день самой востребованной и быстроразвивающейся системой управления является частотно-регулируемый привод (ЧРП).

В зависимости от сложности промышленного объекта, от необходимости поддержания рабочих характеристик и способов функционирования процессов

структура ЧРП проектируется индивидуально. Для НПС структура ЧРП имеет следующий вид [1], представленный на рис. 1.

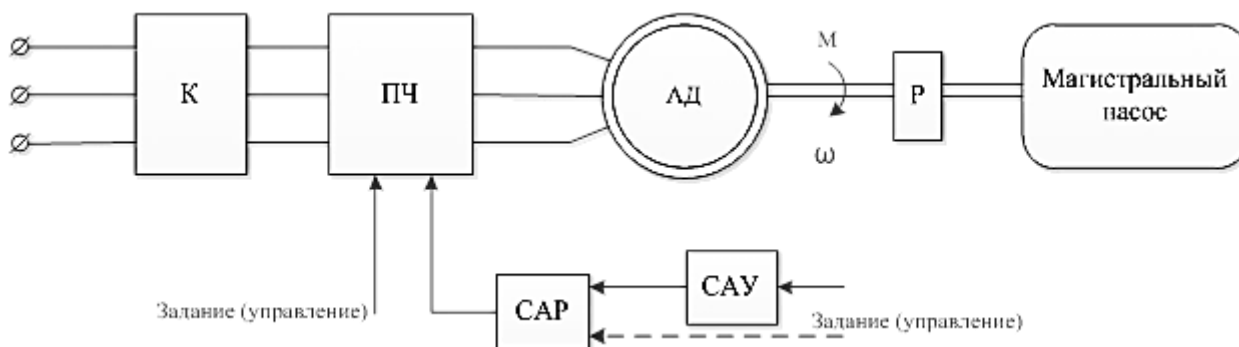


Рис. 1. Структурная схема частотно-управляемого асинхронного электропривода

На рис. 1 показана структурная схема ЧРП, которая состоит из источника питания – напряжение сети 380 В и частота 50 Гц, коммутационного аппарата К, преобразователя частоты ПЧ, редуктора Р, системы автоматического регулирования САР, системы автоматического управления САУ.

На рис. 2 показана обобщенная структурная схема двухзвенного преобразователя частоты, включенного по двухтрансформаторной схеме для управления асинхронным двигателем (АД).



Рис. 2. Обобщенная структурная схема преобразователя частоты

Из теории электродвигателей известно, что скорость вращения АД напрямую зависит от частоты тока питающей сети  $f$ , скольжения  $s$  и числа пар полюсов  $p$ .

$$n = \left(60 \frac{f}{p}\right) (1-s) \quad (1)$$

$$n = 60 \frac{f}{p} \quad (2)$$

Уравнение (2) характеризует работу СД, в котором скольжение отсутствует в связи с тем, что направление и величины частоты вращения ротора и электромагнитного поля статора совпадают.

$$\omega_1 = \frac{2\pi f_1}{p},$$

где скорость магнитного поля  $\omega_1$  прямо пропорционально частоте питающего напряжения  $f_1$  и обратно пропорционально количеству пар полюсов  $p$ .

Для того, чтобы осуществлять частотно-регулируемое управление необходимо создать условия для получения напряжения с переменными и управляемыми частотой и амплитудой его питания [2].

$$\Phi_1 = \frac{E_1}{kf_1} \approx \frac{U_1}{kf_1} \quad (3)$$

Управление АД может осуществляться как изменением частоты тока и питающего напряжения как одновременно, так и раздельно в зависимости от условий работы, например, при низких значениях скорости частоты вращения.

Основным элементом ЧРП является частотный преобразователь (ЧП), который постоянно совершенствовался на протяжении всей истории развития частотного управления на базе появления модернизированных управляемых тиристоров, вентилях и транзисторов различной модификации.

В общем ЧП представляет собой устройство, которое преобразует переменный ток или напряжение одной частоты в аналогичные параметры другой частоты [3]. Основные схемы ЧП могут быть двух типов – на не полностью управляемых (тиристорах) и полностью управляемых (транзисторах) вентилях.

На рис. 3 показан каскадный преобразователь частоты, который содержит основные элементы ЧП: трехфазный выпрямитель, конденсаторный фильтр, однофазный инвертор на IGBT модулях и байпасный тиристорный ключ К [4].

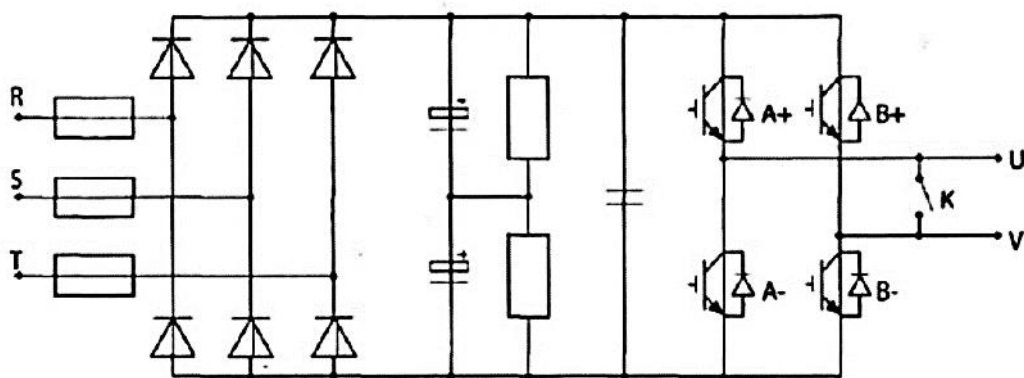


Рис. 3. Каскадный преобразователь частоты

Одной из главных проблем применения частотного управления заключается в том, что его полная реализация возможна только на АД, которые специально для этого спроектированы.

По мнению [3–6], установка на действующие АД систем частотного управления может привести некоторые проблемы в эксплуатации приводов. В таблице 1 раскрыты основные моменты

Таблица 1

Краткое сравнение основных характеристик типового АД и АД, спроектированного для частотного управления.

Параметры управления	Промышленный АД	Спроектированные АД с ЧП
Работа в диапазоне скоростей от 0 до максимума под нагрузкой	Возможность превышения номинальных значений скорости вращения с последующим уменьшением ресурса двигателя в целом	Возможность стабильного плавного регулирования заданных значений скорости вращения
Работа на переменной частоте питающего напряжения	Увеличение потерь в стали на перемагничивание при превышении расчетных номинальных значений.	Поддержание уровня спроектированных значений и надстройка под изменяющиеся режимы.
Работа при пуске	Отсутствие способности регулирования пускового момента.	Высокий пусковой момент при любом режиме вращения.

Несмотря на значительные преимущества внедрения ЧРП в производстве, эксплуатация данного привода вызывает определенные недостатки, которые появляются в связи с тем, что ПЧ на современном этапе представляются собой электронную систему.

В связи с получаемым питающим напряжением несинусоидальной формы, а именно ступенчатой, в двигателе появляются потери, связанные с появлением высших гармоник. Уменьшение данных потерь в системе привода происходит за счет изменения формы кривой напряжения на выходе близкой к синусоидальной в результате проектирования ПЧ широтно-импульсной модуляции или специальных фильтров.

Так же при применении ШИМ-управления появляется большое количество переключений, что приводит к увеличению количества импульсов, которые в свою очередь приводят к перенапряжениям на обмотке статора, а следовательно и ротора. Данные процессы чаще всего становятся причинами их повышенного износа.

Еще одним недостатком ПЧ является выход из строя полупроводниковых IGBT-ключей в связи с их высокой скоростью переключения из закрытого в открытое состояние, что приводит к появлению повышенного напряжения между коммутирующими элементами. А повышенное напряжение в свою очередь приводит к появлению искрения в области подшипников и их дальнейшего износа, дополнительный нагрев обмоток, появление шумов и вибраций.

Таким образом применение ЧРП требует особого проектирования каждого элемента, входящего в его состав, в зависимости от требований объекта и характеристики работы, где будет применяться данный вид электропривода.

### ***Список литературы***

1. Новиков Г.В. Частотное управление асинхронным двигателями / Г.В. Новиков. – М.: Издательство МГТУ им Н.Э. Баумана, 2016. – С. 433–434.
2. Новиков Г.В. Частотное управление асинхронным двигателями / Г.В. Новиков. – С. 165–171.
3. Новиков Г.В. Частотное управление асинхронным двигателями / Г.В. Новиков. – С. 315–320.

4. Крюков О.В. Анализ структур преобразователей частоты для технологически связанных электроприводных газоперекачивающих агрегатов / О.В. Крюков // Теория и практика автоматизированного электропривода. – 2015. – №2 (27). – С. 11–14.

5. Прокофьев М.Е. Оптимальное по точности управление промышленно-выпускаемым частотно-регулируемым асинхронным электроприводом / М.Е. Прокофьев // Известия ТулГУ. Технические науки. – 2010. – Вып. 4. – Ч. 2. – С. 221–230.

6. Муравьева О.О. Энергоэффективные асинхронные двигатели для регулируемого электропривода / О.О. Муравьева // Известия Томского политехнического университета. – 2005. – Т. 308. – №7. – С. 135–139.