

**Koldaev A.I.**,  
candidate of technical Sciences, head of the  
Department of information systems, electric drive and automation of  
Nevinnomyssk technological Institute (branch) of  
Federal STATE Autonomous educational institution "North-Caucasian Federal University»

**Lyubitsky M.V.**,  
candidate of technical Sciences,  
associate Professor of information systems, electric drive and automation,  
Nevinnomysskiy technological Institute (branch) of NORTH Caucasus Federal University»

**Chebanov K.A.**,  
candidate of pedagogical Sciences, associate Professor,  
head of the Department of electric power engineering of "  
Nevinnomyssk state humanitarian and technical Institute""

**Vdovin S.A.**,  
graduate student in the field of training 15.04.04  
"automation of technological processes and productions"  
Nevinnomysskiy technological Institute (branch) of  
Federal STATE Autonomous educational institution "North-Caucasian Federal University»

## THE USE OF CONTROLLED ELECTRIC DRIVES IN OIL AND GAS INDUSTRY

**Колдаев Александр Игоревич**,  
кандидат технических наук,  
заведующий кафедрой информационных систем, электропривода и автоматики,  
Невинномысский технологический институт (филиал)  
ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет»

**Любицкий Михаил Владимирович**,  
кандидат технических наук,  
доцент кафедры информационных систем, электропривода и автоматики,  
Невинномысский технологический институт (филиал)  
ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет»

**Чебанов К.А.**,  
кандидат педагогических наук, доцент,  
заведующий кафедрой электроэнергетики ГАОУ ВО  
"Невинномысский государственный гуманитарно-технический институт"

**Вдовин Семен Андреевич**,  
магистрант по направлению подготовки 15.04.04  
«Автоматизация технологических процессов и производств»  
Невинномысский технологический институт (филиал)  
ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет»

## ПРИМЕНЕНИЕ РЕГУЛИРУЕМЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ В НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ

**Abstract:** In this paper we consider the possibility of replacing AD and SD in controlled drives on synchronous motors with permanent magnets (SDPM) with frequency converters, when it is important technical and economic performance for the oil and gas industry.

**Аннотация:** В настоящей работе рассмотрены вопросы возможности замены АД и СД в регулируемых приводах на синхронные двигатели с постоянными магнитами (СДПМ) с частотными преобразователями, когда имеет важное значение технико-экономические показатели работы для предприятий нефтегазовой отрасли.

**Keyword:** Asynchronous, synchronous motor, synchronous motor with permanent magnets, frequency Converter, efficiency., reliability.

**Ключевые слова:** асинхронный, синхронный двигатель, синхронный двигатель с постоянными магнитами, преобразователь частоты, к.п.д., надежность.

Нефть и газ остаются основными энергоносителями современных мировых цивилизаций в ближайшие десятилетия. Технологическое перевооружение нефтяной и газовой промышленности призвано повысить эффективность использования электрической энергии и существующего оборудо-

вания. Электроприводы используются в составе буровых установок, механизмов для непосредственной добычи нефти, объектах сбора и внутри промысловой перекачки нефти, объектах подготовки нефти, газокomppressorных станциях, компримирующих попутный нефтяной газ, объектах поддержания пластового давления, водораспределительных

блоках, водозаборах, установках по очистке сточных вод, объектах вспомогательного назначения.

В идеале - управляемость всех технологических операций, связанных с добычей, транспортировкой и переработкой нефти, должна быть связана с использованием регулируемого электропривода.

В настоящее время применяют асинхронные и синхронные приводы с управляемыми преобразователями частоты (ПЧ). Неудачные попытки использовать ту или иную систему электропривода объясняются тем, что их выбор делался без учета пяти основных критериев, предъявляемых к системе [1,2,3].

1. Пусковой момент должен быть больше номинального в 1.5 – 2.5 раз.

2. Отсутствовать колебательность электромагнитного момента при пуске [3], которая часто является причиной, в частности, гидравлических ударов.

3. Кратность пускового тока должна ограничиваться величиной до 3- 4 кратного значения по отношению к номинальному.

3. Энергетический КПД привода во время регулирования (в идеале) не должен сильно отличаться по отношению к номинальному значению.

4. Для получения заданных показателей технологического процесса, представленных выше механизмов, электропривод должен быть плавно-регулируемым с диапазоном до 1:20.

5. Надежно работать в сложных геолого-климатических условиях.

6. Система электропривода должна иметь относительно низкую стоимость, а повышение стоимости должно компенсироваться снижением эксплуатационных расходов и повышением надежности.

Асинхронные двигатели в настоящее время являются достаточно массовым электродвигателем переменного тока. Замкнутые системы «ПЧ-АД» достаточно широко распространены со скалярным и векторным управлениями. Учитывая незначительный диапазон регулирования скорости в выше перечисленных электроприводах нефтегазовой отрасли (до двадцати кратного значения) скалярное управление  $U/f = \text{const}$  достаточно широко распространено. Но оно имеет недостаток: колебательность электромагнитного момента при пуске [3]. Применение векторного управления связано с необходимостью повышением квалификации обслуживающего персонала и сложностью обслуживания. Кроме того, АД с КЗ ротором имеет недостаток - небольшой воздушный зазор между статором и ротором. Это влияет на надежность системы.

Синхронные приводы с частотным управлением применяются в установках мощностью больше  $P_n > 300 \text{ кВт}$  и их функции, во многом, связаны с обеспечением заданных значений производительности и давления в трубопроводах.

В настоящее время имеет место тенденция замены асинхронных и синхронных двигателей на двигатели с постоянными магнитами [4,5], где

имеет важное значение энергоэффективность работы, надежность, а также, где требуемое отношение мощности к крутящему моменту на единицу массы не позволяет использовать асинхронные двигатели [4]. На практике современный двигатель с постоянными магнитами достигает классы эффективности от IE3 до IE4. По сравнению с асинхронным двигателем аналогичного класса эффективности, например, IE3, размер двигателя с постоянными магнитами в два раза меньше стандартного.

За некоторым исключением синхронные электродвигатели не могут правильно функционировать при питании от традиционной сети синусоидального напряжения, поэтому реально существует система «ПЧ-СДПМ».

В большинстве случаев асинхронные электроприводы функционируют также в системе «ПЧ-АД». Рассмотрим вопрос увеличения КПД системы «ПЧ-СДПМ» в сравнении с системой «ПЧ-АД».

В общем случае каталожные значения КПД асинхронного двигателя приводятся для синусоидального напряжения питания при номинальной мощности и частоте вращения. Питание от преобразователя частоты приводит к дополнительным потерям в электродвигателе. В соответствии со спецификацией 60034-17 эти потери оцениваются в 20% от полных потерь (3, с. 14). Эти потери, прямо влияют на декларируемое КПД электродвигателя.

В режиме регулируемой скорости этот К.П.Д., таким образом, определяется следующей формулой [5].

$$p_2 = p_1 / (1.2 - 0.2p_1)$$

$p_2$ - К.П.Д. асинхронного электродвигателя при питании от преобразователя частоты;  $p_1$ - К.П.Д. асинхронного электродвигателя при питании от сети

Пример: 75 кВт при работе на 1450 мин<sup>-1</sup>

$p_1 = 0.93$ - К.П.Д. асинхронного электродвигателя 75 кВт от сети 50 Гц;

$p_2$ - примерный К.П.Д. этого электродвигателя при питании от преобразователя частоты при 50 Гц  
 $p_2 = 0.93 / (1.2 - 0.2 \cdot 0.93) = 0.916$  т.е. 91.6%

Для той же мощности и условий питания К.П.Д. электродвигателя LSRPM равен 95,6% [5].

В последнее время синхронные двигатели с постоянными магнитами (СДПМ) привлекают повышенный интерес в связи с их активным использованием в промышленных электроприводах [4,5]. Типовые установки для использования: насосы, системы вентиляции, компрессоры, конвейеры и т.д. Например, СДПМ [6] рекомендуется для использования в составе приводов станков-качалок на нефтедобывающих скважинах, СДПМ используются в промышленных электроприводах (насосы, системы вентиляции, компрессоры, конвейеры и т.д.), СДПМ широко также применяются для привода компрессоров. СДПМ способны конкурировать с асинхронными и синхронными электроприводами мощностью от 0.75 до 650 кВт [5].

**Перечень достоинств:**

**1. Высокий пусковой вращающий момент, большая перегрузочная способность** и пониженная установленная мощность.

**2. Высокая рабочая эффективность** во всем диапазоне скоростей вращения, возможность работы при  $\cos \varphi \approx 1$ .

3. Более длительный срок службы. Увеличение срока службы за счет снижения температуры подшипников и ротора.

4. Снижение суммы оплаты за потребленную электроэнергию [4].

5. Меньшую чувствительность к колебаниям напряжения и отсутствие колебательности электромагнитного момента при пуске.

Повышение надежности во многом определяются пусковыми свойствами:

кратности пусковых токов и моментов, колебательностью электромагнитного момента при скольжениях  $S$  от 1 до  $S_{кр}$  (критического) [3].

В дополнение к [4] произведен сравнительный анализ переходных режимов СДПМ с СД обычного исполнения. На рис.1-6 приведены графики переходных процессов СДПМ и СД при пуске [7].

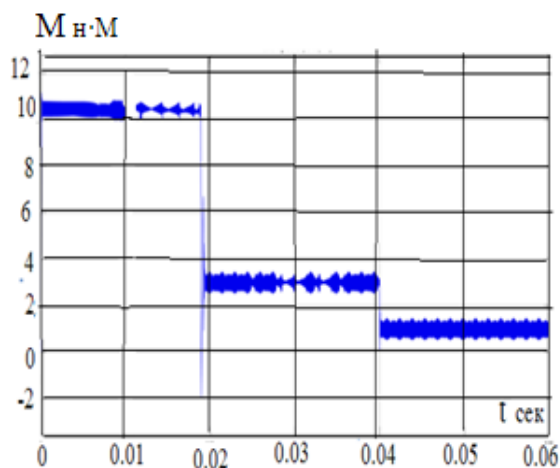


Рисунок 1. График  $M=f(t)$ , СДПМ

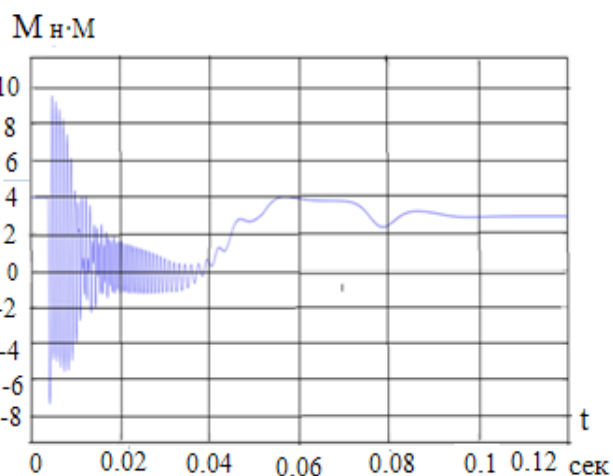


Рисунок 2. График  $M=f(t)$ , СД

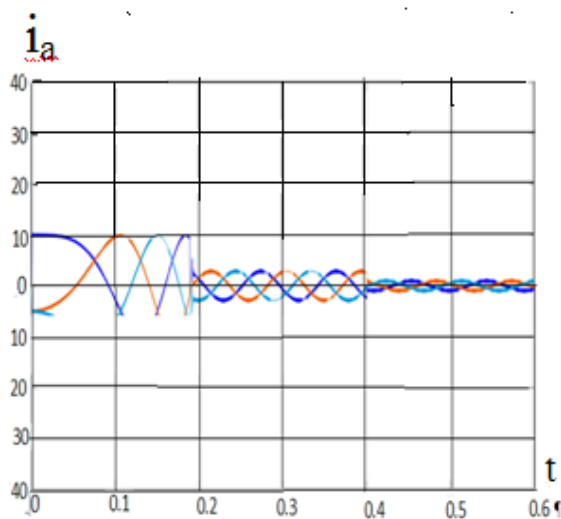


Рисунок 3. График  $i_a(t)$ , СДПМ

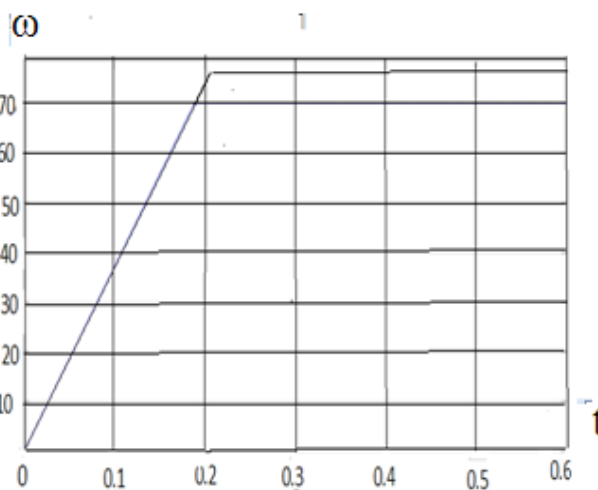
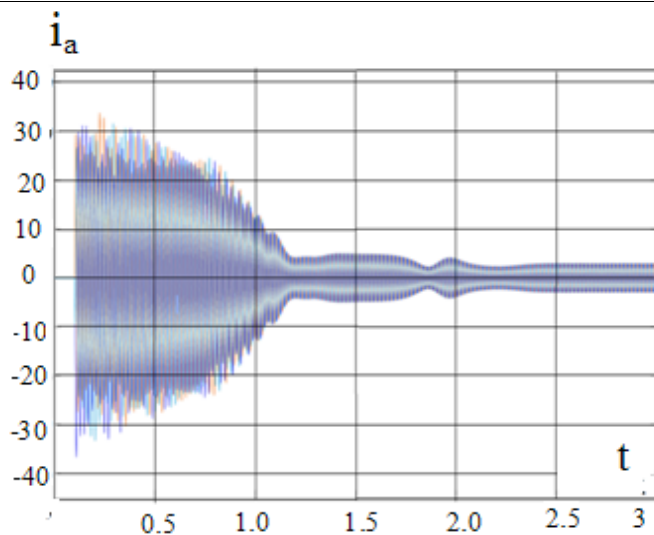
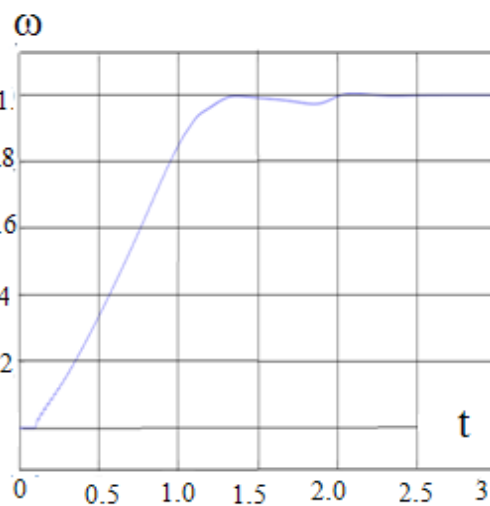


Рисунок 4 - График  $\omega=f(t)$ , СДПМ

Рисунок 5. График  $i_a(t)$ , СДРисунок 6. График  $\omega=f(t)$ , СД

Примечание: поскольку у синхронных двигателей используется асинхронный пуск, то пусковые характеристики при скольжениях  $S$  от 1 до  $S_{кр}$  для АД и СД идентичны.

#### Список литературы

1. Шаньгин Е.С. [shangin@ungm.ru](mailto:shangin@ungm.ru): Перспективы использования регулируемого электропривода в нефтегазовой промышленности.
2. Приводы нефтегазовой отрасли: примеры, применения: [neftegaz-expro.ru](http://neftegaz-expro.ru)
3. Любицкий А.М., Маричев А.А., Мицней И.М., Чебанов К.А. Анализ и исследование способов оптимизации пусковых режимов асинхронных приводов с автономными источниками питания: Sciences of Europe, VOL 1. №21(21). Praha, Czech Republic.
4. Анализ возможности использования синхронных двигателей с постоянными магнитами на

предприятиях энергетики / Любицкий А.М., Любицкий М.В., Чебанов К.А. // EESJ-East European Science Journal (Warsaw, Poland #11(39), 2018 part 2 –Printed in the «Jerolimskie 85/21,02-001-Warsaw, Poland». E-mail: [info@eesa-journal.com](mailto:info@eesa-journal.com); <http://eesa-journal.com/>

5. Каталог моделей Duneo–UnidriveM - LSRPM – PLSRPM [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.leroy-somer.com/\\_popup/en/downloads/catalogues/?id=3909](http://www.leroy-somer.com/_popup/en/downloads/catalogues/?id=3909)

6. Описание продукции электродвигателей типа ФЭДС [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://izhdrill.ru/assets/files/production/tehopisanie\\_elektrodvigateli.pdf](http://izhdrill.ru/assets/files/production/tehopisanie_elektrodvigateli.pdf)

7. Matlab/Examples/Simscape Power Systems/Permanent Magnet Synchronous Machine