

Выводы

1. По результатам исследований комбинированный обогрев при помощи ИК-облучателей и напольных нагревателей наиболее эффективен.
2. Вопросы оценки энергоэффективности СЛЮ недостаточно изучены и требуют проведения масштабных экспериментальных исследований с разработкой соответствующей нормативной документации.
3. Математическое моделирование СКО – перспективное направление повышения её энергетической эффективности, а также других эксплуатационных характеристик.

Литература

1. Понд У. Дж., Хаупт К.А. Биология свиньи / пер. с англ. – Москва: Колос, 1983. – 334 с.
2. Эдди С. Температурный режим при содержании свиней // Свиноводство: Р.Ж. / ВНИИТЭИСХ, 1977. – № 9. – С. 26.
3. Заболотная, А.А. Тепловой стресс – реальные потери в продуктивности свиней/ А. А. Заболотная // Свиноводство, 2024, № 3. – С. 35–38.
4. Рубина, М.В. Локальный обогрев поросят с помощью нагревательных полов и инфракрасных ламп/ М. В. Рубина// Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства. – 2021, № 24-2. С. 212–218.
5. Медведева, Ж.В. Источники обогрева поросят в подсосный период/ Ж.В. Медведева// Животноводство России, 2021, № 3. С. 23–25.
6. Прищепов, М.А. Математическое моделирование теплообмена поросят-сосунков при комбинированном обогреве/ М.А. Прищепов, Ю.Н. Селюк, Е.М. Прищепова, И.Г. Рутковский// Агропанорама. – 2025, № 2. С. 14–22.

УДК 62-83:628.12

СОВРЕМЕННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД ПОГРУЖНЫХ ВОДОСНАБЖАЮЩИХ НАСОСНЫХ УСТАНОВОК

С.А. Лихтар, магистрант АЭФ

Научный руководитель: М.А. Прищепов, д-р техн. наук, профессор
*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
г. Минск, Республика Беларусь*

Характер изменения водопотребления в системах водоснабжения определяется случайно-вероятностными законами. В итоге эти изменения требуют непрерывного регулирования режима работы насосной установки.

Процесс регулирования осложняется несоответствием рабочих характеристик центробежных насосов и трубопроводов. Для того, чтобы увеличить расход воды по трубопроводу, необходимо увеличить и напор на насосной станции, а рабочие характеристики центробежных насосов таковы, что при увеличении подачи воды напор, развиваемый насосом, падает. В то же время при уменьшении подачи воды напор насоса следовало бы тоже уменьшить, а он, наоборот, увеличивается. Поэтому в периоды уменьшенного водопотребления системы водоснабжения работают с избыточным напором, который увеличивает утечки и непроизводительные расходы воды, а также при этом нерационально расходуется потребляемая насосным агрегатом электроэнергия, затрачиваемая на создание избыточного напора. Регулированием скорости вращения насоса его рабочие параметры приводятся в соответствие с режимом работы системы водоснабжения.

В основу высокой эффективности актуальным решением является применение синхронных электродвигателей (СД) с постоянными магнитами (СДПМ).

В СДПМ отсутствуют потери как в меди, так и в стали ротора, которые составляют порядка 5–8 % от общих потерь, т.е. СД обладают более высоким КПД в сравнении с асинхронными двигателями (АД).

С 2018 года на заводе ОАО «Завод Промбурвод» разработаны и изготавливаются для погружных скважных насосов СПДМ трех типоразмеров мощностью от 4 до 37 кВт, которые позволяют обеспечивать подачу воды в широком диапазоне от 6 до 120 м³ и напор от 60 до 275 м при КПД η СД от 85 до 93 % (рисунок 1).

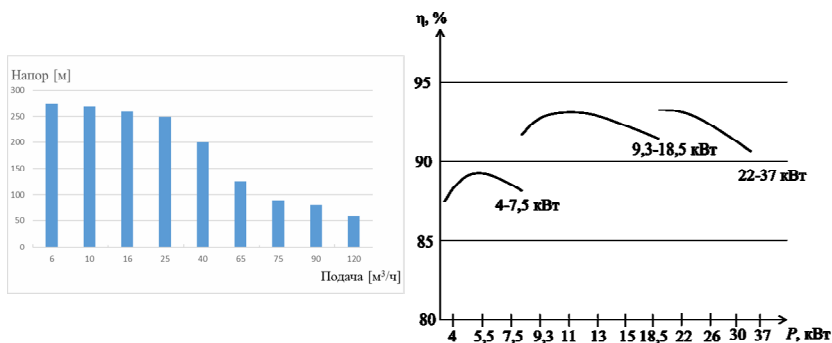


Рисунок 1 – Рабочие характеристики насосных агрегатов СПА и их СДПМ

Общий вид, конструкция статора и ротора СД герметичного исполнения, в ротор которого встроены (инкорпорированы) постоянные магниты представлены на рисунке 2.

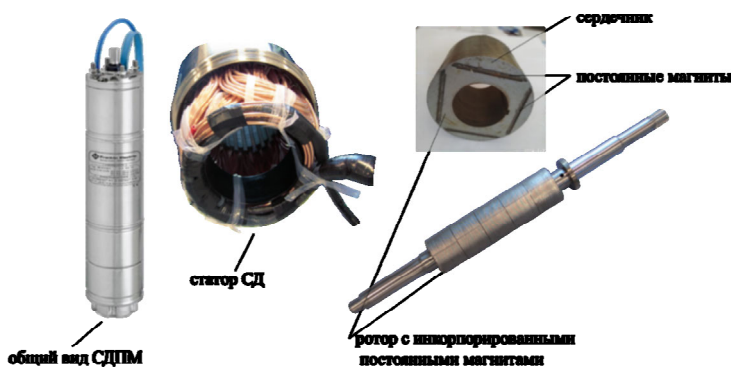


Рисунок 2 – Погружной СДПМ герметичного исполнения

Ротор – вращающаяся часть электродвигателя, состоящая из сердечника, набранного из той же электротехнической стали, что и статор, в который во внутренние пазы инкорпорированы постоянные магниты. В качестве постоянных магнитов используются неодимовые магниты с высокой коэрцитивной силой по индукции, покрытые сплавом никель-медь-никель.

При этом магнитное поле ротора, созданное постоянными магнитами, взаимодействуя с синхронным вращающимся магнитным полем статора, создает вращающий момент, заставляя ротор вращаться с такой же скоростью, что и вращающееся магнитное поле статора. В связи с этим не может запуститься при прямом пуске, т.е. при прямом подключении обмотки статора к трехфазной сети 50 Гц.

Для работы такого СД обязательно требуется система управления с частотным преобразователем, обеспечивающая плавный подъем частоты и амплитуды напряжения питания обмоток статора от нуля до максимально допустимой.

На рисунке 3 представлена принципиальная электрическая схема частотно-регулируемого электропривода насосного агрегата с АД или СДПМ. В схеме используется микропроцессорное устройство МК3 (А1), GPRS-модем (А2), обеспечивающий взаимодействие между программным обеспечением и внешним устройством по интерфейсу RS485 и/или RS232, устройство А3 для подключе-

ния датчика сухого хода и преобразователь частоты INVT35D (A4). Схема обеспечивает также подключение счетчика воды, электро-счетчика, датчика температуры и датчика давления.

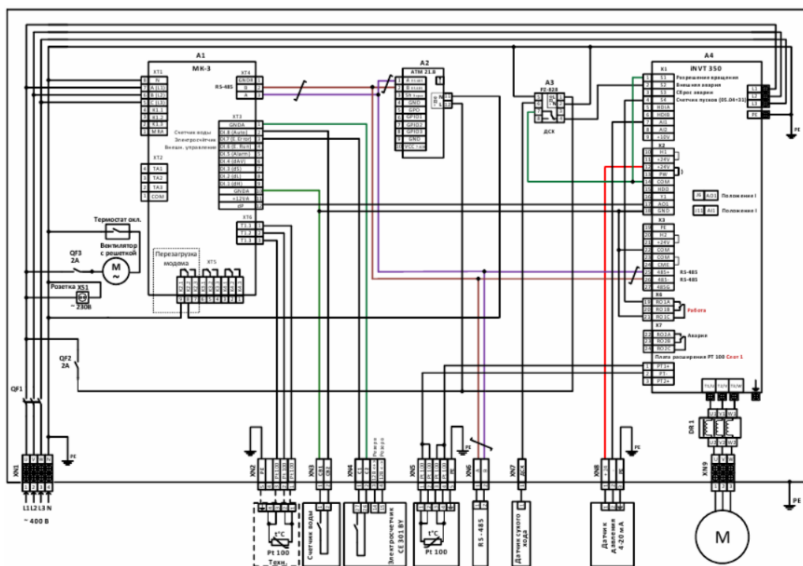


Рисунок 3 – Принципиальная электрическая схема частотно-регулируемого ЭП насосного агрегата с АД или СДПМ.

Частотно-регулируемый ЭП с СДПМ обладает наилучшей энергоэффективностью, так как в нем в сравнении с АД отсутствуют переменные потери и потери в стали ротора, кроме этого, он позволяет уменьшить количество включений насосного агрегата в процессе обеспечения водоснабжения при малых объемах промежуточных емкостей.

Совместное использование контроллера МКЗ и преобразователя частоты INVT350 в приведенной принципиальной схеме частотно-регулируемого ЭП насосного агрегата с АД и СДПМ обеспечивает плавный пуск и плавное регулирование угловой скорости насосного агрегата в зависимости от давления в системе водоснабжения, его защиту от сухого хода, перегрузок, учет расхода воды и электрической энергии, а также возможность обмена информацией по протоколу Modbus.

Литература

1. Лезнов, Б. С. Частотно-регулируемый электропривод насосных установок. – М.: Машиностроение, 2013. – 176 с.

2. Прищепов, М. А. К вопросу о диапазоне регулирования скорости и потерях асинхронного двигателя при вентиляторной нагрузке и параметрическом регулировании скорости. / М. А. Прищепов // Агропанорама. – 2022. – № 3 (151). – С. 29–38.
3. Прищепов, М. А. К вопросу о диапазоне регулирования скорости и потерях асинхронного двигателя при вентиляторной нагрузке и частотном регулировании скорости / М. А. Прищепов, Е. М. Прищепова, А. И. Зеленкевич // Агропанорама. – 2022. – № 4 (152). – С. 19–23.
4. Дементьев, Ю. Н. Автоматизированный электропривод: учебное пособие / Ю. Н. Дементьев, А. Ю. Чернышев, И. А. Чернышев. – Томск: ТПУ, 2009. – 224 с.
5. Сыромятников, И. А. Режимы работы асинхронных и синхронных двигателей / И.А. Сыромятников; под ред. Л. Г. Мамиконяна. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 240 с.
6. Гридин, В. М. Расчет параметров схемы замещения асинхронных двигателей по каталожным данным / В. М. Гридин // Электричество, 2012. – № 5. – С. 40–44.
7. Вольдек, А.И. Электрические машины: учеб. для вузов / А. И. Вольдек. – 2-е изд.; перераб. и доп. – Л.: Энергия, 1974. – 840 с.

УДК 539.21

ОПТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТОЛЩИНЫ ТОНКИХ ПЛЕНОК В МИКРОЭЛЕКТРОНИКЕ

А.М. Донденко, студент 1 курса АЭФ

Научный руководитель: А.А. Шевченко, канд. техн. наук, доцент
*УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет»,
г. Минск, Республика Беларусь*

Современная микроэлектроника требует высокой точности при производстве электронных компонентов. Важной частью этого процесса является нанесение тонких пленок, которые используются в качестве изоляционных, проводящих или защитных слоев. Их толщина может варьироваться от нескольких нанометров до нескольких микрометров, и даже малейшие отклонения от требуемых параметров могут привести к ухудшению работы устройств. В связи с этим, определение толщины тонких пленок является одним из важнейших этапов технологии. Существует ряд практических способов определения толщины тонких пленок: эллипсометрия, интерферометрия, электронная и атомно-силовая микроскопия и другие [1-4]. Но одними из наиболее точных методов контроля толщины тонких пленок являются оптические методы. Они основаны на