

интеграции современных технологий в области медицинской инженерии и машинного обучения. Однако, разработка и внедрение таких систем имеет потенциал значительно улучшить качество жизни людей с ампутацией конечностей, предоставляя им возможность вернуть утраченные функции и улучшить свою мобильность и независимость.

### *Литература*

- 1) RAZNOVES.RU Весы и весовое оборудование [Электронный ресурс] / Официальный ресурс РАЗНОВЕС.РУ – Россия, 2024. – Режим доступа: <https://www.raznoves.ru/podderzhka/stati/provedenie-izmerenij-pri-pomoschi-medicinskih-dinamometrov-kistevogo-i-stanovogo/>. – Дата доступа 18.04.2024
- 2) Бионические протезы рук [Электронный ресурс] / Репозиторий Белорусского национального технического университета – 2023. – Режим доступа: <https://rep.bntu.by/handle/data/127942>
- 3) Моделирование протеза кисти человека [Электронный ресурс] / Репозиторий Белорусского национального технического университета – 2017. – Режим доступа: <https://rep.bntu.by/handle/data/30918>

УДК 621.311

## **ПРОГРАММНО-УПРАВЛЯЕМЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД НАСОСА ПОДАЧИ ХИМОЧИЩЕННОЙ ВОДЫ В ДЕАЭРАТОРЫ ПОДПИТКИ ТЕПЛОСЕТИ ФИЛИАЛА ТЭЦ-4 РУП «МИНСКЭНЕРГО»**

Батура Д.С.

Научный руководитель – Горюнова В.А., старший преподаватель

Деаэратор – техническое устройство для очистки жидкости от присутствующих в ней нежелательных газовых примесей. Как правило, это кислород и углекислый газ. Они относятся к агрессивным веществам и обладают коррозионным эффектом, поэтому при попадании в отопительную систему способны существенно ускорить ее износ. Установка деаэраторов позволяет задержать и вывести газообразные примеси и в результате значительно продлить срок службы всех узлов отопительной системы. Такое оборудование применяется на тепловых электрических станциях и в котельных для обработки питательной воды, подаваемой в парогенераторы, и подпиточной воды, транспортируемой в тепловую сеть.

Насос подачи воды в деаэраторы подпитки теплосети является ключевым элементом системы, обеспечивающим стабильную и надежную подачу воды в деаэрационную установку. Этот насос предназначен для перекачки

воды из источника (например, водопровода или водохранилища) в деаэратор, где вода подвергается процессу деаэрации для удаления растворенных газов. Насосы, обеспечивают необходимый расход и давление воды, чтобы поддерживать стабильное функционирование системы теплоснабжения [1].

Чаще всего, в промышленности, для перекачки жидкости из одного резервуара в другой используют центробежные насосы. Центробежный насос – насос, в котором движение жидкости и необходимый напор создаются за счет центробежной силы, возникающей при воздействии лопаток рабочего колеса на жидкость.

Центробежные насосы – наиболее распространенные насосы, предназначенные для подачи холодной или горячей воды, вязких или агрессивных жидкостей, сточных вод, смесей воды с грунтом, золой и шлаком, торфом, раздробленным каменным углем. Принцип действия центробежных насосов заключается в преобразовании механической энергии привода в гидравлическую энергию жидкости за счет гидродинамического воздействия лопастной системы рабочего колеса, подвода и отвода.

Электропривод (ЭП) центробежного насоса является важным компонентом, обеспечивающим вращение рабочего колеса насоса и, как следствие, перекачку жидкости. ЭП может быть оснащен различными типами электродвигателей (ЭД).

Основные типы электроприводов центробежных насосов:

а) ЭП на основе асинхронного ЭД с короткозамкнутым ротором. Это наиболее распространенный тип электропривода для центробежных насосов. Он прост в эксплуатации, надежен и имеет низкую стоимость. Однако, частота вращения таких ЭД не регулируется, что является недостатком при необходимости регулирования расхода или напора насоса;

б) ЭП на основе асинхронного ЭД с фазным ротором. Такие двигатели позволяют регулировать частоту вращения с помощью реостатов, установленных в цепь ротора. Это дает возможность более точно контролировать работу насоса, однако такие двигатели сложнее в обслуживании и дороже;

в) частотно-регулируемый электропривод (ЧРЭП). Этот тип привода на основе асинхронного ЭД с короткозамкнутым ротором, управление осуществляется с помощью преобразователя частоты (ПЧ), который изменяет частоту и амплитуду напряжения, подаваемого на двигатель. ЧРЭП позволяет плавно регулировать скорость вращения двигателя и, соответственно, производительность насоса, что делает его энергоэффективным и удобным в управлении;

г) ЭП на основе синхронного ЭД. Такие двигатели вращаются с постоянной скоростью, и могут обеспечивать высокий момент на низких

скоростях. Синхронные двигатели часто используются в крупных насосных установках, где требуется высокая надежность и стабильность работы;

д) ЭП на основе электродвигателя постоянного тока. Хотя такие ЭП менее распространены в промышленности из-за необходимости использования силовых выпрямителей, они позволяют плавно регулировать скорость вращения, и обеспечивают хорошие динамические характеристики.

Наиболее рациональной для насоса подачи воды в деаэраторы подпитки теплосети ТЭЦ-4 является система ЧРЭП. Применение ПЧ обеспечивает следующие преимущества:

а) эффективное использование асинхронных электродвигателей, дешевых в эксплуатации и ремонте;

б) коэффициент полезного действия (КПД) ЭД во всем диапазоне регулирования максимально соответствует КПД ЭД в номинальном режиме;

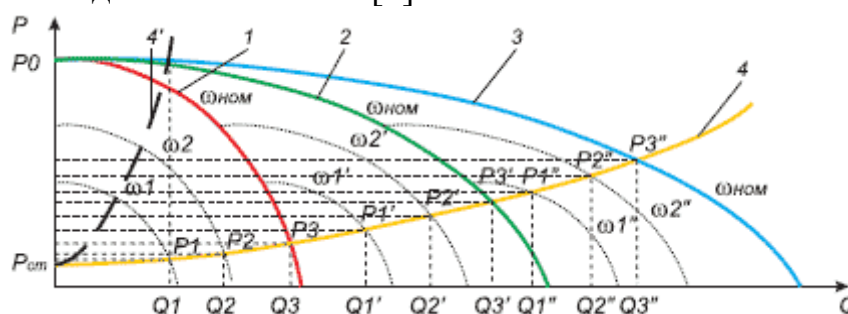
в) КПД преобразователя 95 – 98 %, коэффициент мощности около 1,0;

г) плавный пуск, отсутствие гидравлических ударов;

д) автономная безопасная работа, интеграция в автоматизированную систему управления технологическим процессом.

Универсальным методом изменения характеристики насоса является изменение числа оборотов привода. При этом надо учитывать, что подача находится в прямой зависимости от оборотов, а напор (в центробежных насосах) – в квадратичной зависимости.

На рисунке 1 показан качественный характер изменения параметров системы из трех насосов, в которой регулируется частота вращения рабочего колеса одного из насосов [2].



1, 2, 3 – характеристика изменения параметров насоса;

4, 4' – характеристика изменения параметров магистрали

Рис. 1. Комбинированное регулирование режима работы насосной станции

Увеличение подачи и давления производится в следующем порядке. На начальном этапе в работу включается один насос с ЧРЭП. Для обеспечения подачи  $Q_1$  его частота вращения увеличивается до значения  $\omega_1$ . Дальнейший рост подачи и давления возможен до величин  $Q_3$  и  $P_3$  соответственно. Если необходимо обеспечить дальнейшее увеличение

подачи, то происходит переключение питания ЭП первого насоса с выхода ПЧ на сеть, а к выходу преобразователя частоты коммутируется ЭП второго насоса и частота вращения увеличивается до требуемого значения.

Например, для обеспечения подачи и давления  $Q2'$  и  $P2'$  соответственно частота вращения второго насоса должна быть увеличена до значения  $\omega2'$ . Таким образом, обеспечивается регулирование параметров насосной станции в области, заключенной между характеристиками 1 и 2. При необходимости дальнейшего увеличения подачи и давления до значений выше  $Q3'$  и  $P3'$  питание ЭП второго насоса переключается с выхода ПЧ на сеть и в работу вводится третий насос, управляемый ЧРЭП. В этом случае регулирование происходит в области, заключенной между характеристиками 2 и 3.

### *Литература*

1 Что такое деаэратор, и зачем он нужен [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.skds.ru/articles/chto-takoe-deaerator/>

2 Автоматизация насосной станции с применением частотно-регулируемого электропривода [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://power-e.ru/electrodrives/avtomatizacziya-nasosnoj-stanczii/>

УДК 62-523

## **ПРОГРАММНО-УПРАВЛЯЕМЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД СТАНКА ПОДГИБКИ РАМКИ ТЕПЛОВОЙ ТРУБКИ**

Головач А. А.

Научный руководитель – Нитиевский С. А.

Трубогибочный станок представляет собой устройство, применяемое для гибки труб, состоящих из различных материалов и разных диаметров. В данном проекте рассматривается программно-управляемый электропривод для станка гибки тепловых трубок.

### **Область применения станка гибки тепловых трубок:**

1) Электроника. Тепловые трубки часто используются для охлаждения компонентов электроники, таких как процессоры, чипы памяти, источники питания и другие. Они помогают отводить излишнее тепло от электронных устройств, улучшая их производительность и надежность.

2) Теплообменное оборудование. В промышленности тепловые трубки применяются в системах теплообмена для эффективной передачи тепла между средами различных температур. Они могут использоваться в обогревателях, кондиционерах, холодильных установках и других устройствах.