

муки, хлебобулочных изделий [4], интенсификации приготовления теста и выпечки хлеба пониженной кислотности для диетического питания. Нами экспериментально установлено, что при неизменном времени брожения опары 220 мин. и теста 70 мин. с увеличением рН католита в пределах 9,5...11,5 о.е. кислотность опары, теста и мякиша снижается в 1,2...1,5 раза, практически не ухудшая свойств теста и органолептических показателей готовой продукции.

#### **Список использованной литературы**

1. Корко, В.С. Исследование воздействий электрических полей на изменение свойств жидких сред / В.С. Корко. Агропанорама, № 2, 2024. – С. 21–25.
2. Корко, В.С. Электрохимические технологии приготовления растворов для поения животных / В.С. Корко и [др.]. // Агропанорама, №5, 2010. – С. 16–19.
3. Иванова, Т.Н. Электрохимическая активация для регулирования кислотности молока / Т.Н. Иванова, М.А. Тарасова, О.В. Мартынова. Пищевая промышленность, № 11, 2008. – С. 46–48.
4. Люшнинская, И.И. Влияние электроактивированной воды на микробиологическое состояние муки и хлебобулочных изделий / И.И. Люшнинская, С.М. Козырева, А.В. Горшкова // Хлебопечение России, 2006, №6. – С. 20–21.

**УДК 62-83:628.12**

**Прищепов М.А., д.т.н., профессор,**

**Прищепова Е.М., к.т.н., доцент, Лихтар С.А., аспирант**

*Белорусский государственный аграрный технический университет,  
г. Минск*

## **РЕГУЛИРУЕМЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД ПЕРЕМЕННОГО ТОКА ПОГРУЖНЫХ ВОДОСНАБЖАЮЩИХ НАСОСНЫХ УСТАНОВОК**

Водопотребление в промышленном, сельскохозяйственном и коммунально-бытовом секторе непрерывно изменяется во времени и в широком диапазоне. Характер изменения водопотребления 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.

Несоответствие в режимах работы насосов и трубопроводов в настоящее время, как правило, устраняют регулированием скорости вращения насосных агрегатов параметрическими или частотными методами [1].

При уменьшении скорости вращения насоса уменьшается его подача воды и развиваемый напор, при увеличении скорости вращения подача и напор воды увеличиваются одновременно, что позволяет исключить вышеуказанный недостаток.

Чтобы изменить скорость вращения насоса, необходимо использование регулируемого электропривода (ЭП). Значение скорости вращения насоса, с которой он должен работать в конкретный момент времени, определяется системой автоматического управления насосной установки.

Требуемое значение скорости вращения определяется многими факторами, к которым относятся: расход жидкости и потери напора в системе водоснабжения, ее уровень в резервуарах, значения статического и динамического противодавления, количество параллельно и/или последовательно работающих насосов и насосных установок, подающих жидкость в систему водоснабжения и т.д. Все это в конечном итоге снижает энергозатраты, но усложняет систему водоснабжения.

Сравнение ЭП при вентиляторной нагрузке, к которой относятся насосы, по возможному диапазону регулирования и потерям в асинхронных электродвигателях (АД) проводилось в работах [2,3]. Анализ выражений, полученных в работе [2] при параметрическом

регулировании скорости, показывает, что диапазон регулирования скорости будет зависеть от вида механической характеристики насоса. Чем более выражена зависимость момента нагрузки от скорости, тем возможен более широкий диапазон регулирования. Однако необходимо учитывать, что при росте нагрузки и при приближении указанной зависимости к линейному закону, что происходит при росте напора (противодавления) в системе водоснабжения, этот диапазон значительно уменьшается, так коэффициент жесткости механической характеристики насоса  $\beta_c$  растет медленнее чем коэффициент жесткости механической характеристики электродвигателя  $\beta_d$ , следовательно, критерий статической устойчивости работы агрегата  $\beta_d - \beta_c < 0$  перестанет выполняться при большей скорости, что говорит об уменьшении диапазона регулирования скорости. При этом необходимо учитывать, что работа ЭП в широком диапазоне скоростей.

При частотном регулировании скорости АД для насосного агрегата обеспечивается широкий диапазон скорости, при этом с уменьшением частоты  $f_1$  напряжения питания обмоток статора АД  $U_1$  уменьшается, соответственно, и относительная частота  $\alpha$ , а также потери в обмотке ротора.

Для вентиляторной нагрузки при частотном регулировании скорости АД, скольжение его ротора практически не изменяется, следовательно, для упрощения анализа потерь в расчетах можно использовать номинальное скольжение ротора.

При использовании в насосном агрегате частотно-регулируемого ЭП с синхронным двигателем, ротор которого имеет постоянные магниты (СДПМ), из выше приведенных потерь исключаются еще и потери в стали ротора, которые пропорциональны аналогичным потерям в статоре и умноженным на скольжение ротора АД, равное нулю.

Применение в водоснабжении частотно-регулируемых синхронных ЭП с СДПМ позволяют значительно повысить энергоэффективность насосных агрегатов, уменьшить объемы водонапорных башен и воздушно-водяных емкостей, но требуют применения сложных преобразователей частоты.

Проведенный анализ возможных вариантов ЭП погружных насосных агрегатов систем водоснабжения показывает, что 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.

### **Список использованных источников**

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. Зеленькович // Агропанорама. – 2022. – № 4 (152). – С. 19–23.

**УДК 621.365.683.9**

**Прищепов М.А., д.т.н., профессор, Рутковский И.Г., к.т.н.**  
*Белорусский государственный аграрный технический университет,*  
*г. Минск*

## **АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ЭЛЕКТРОНАГРЕВАТЕЛЬНАЯ УСТАНОВКА С НЕПРОТОЧНЫМ ЭЛЕКТРОДНЫМ ЭЛЕКТРОНАГРЕВАТЕЛЕМ-ДАТЧИКОМ**

Тепловая энергия в современном сельскохозяйственном производстве находит широкое применение [1, 2]. Применительно к фермам КРС в электронагревательных установках (ЭНУ) для нагрева корма для телят (молока, обрата, ЗЦМ) целесообразно использование электродных электронагревателей датчиков (ЭЭН-Д), которые позволяют обеспечить заданное распределение плотности тока в обрабатываемой среде межэлектродного пространства и получение информационного сигнала (ИС) о температуре обрабатываемой среды [3, 4].

Для расширения применения, ЭНУ предусматривает нагрев корма для телят и воды в автоматическом режиме (рис. 1). ЭНУ работает в режиме нагрева корма для телят при первом положении контактов переключателя режимов работы SA1. Включением автомо-