

# МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ ПРИ ЧАСТОТНОМ РЕГУЛИРОВАНИИ СКОРОСТИ НА НАСОСНЫХ СТАНЦИЯХ

*В.В. Гузенко, инженер, М.Л. Лисиченко, д.т.н., профессор  
Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства  
им. Петра Василенко (г. Харьков, Украина)*

В современном сельском хозяйстве основными потребителями являются электродвигатели (свыше 60 %). За счет этого к ним выдвигают все более жесткие требования, относительно эффективности работы: уровень потерь энергии, соответствие нагрузки, др. При этом, в последнее время наиболее приоритетное значение, наряду с оптимальным конструированием асинхронных двигателей (АД), приобретают задачи оптимального моделирования электроприводов переменного тока и определения эффективных режимов работы.

Существует много способов регулирования скорости, например: изменением напряжения питания, введения дополнительных сопротивлений в цепь статора или ротора, изменением магнитного потока, импульсно-фазный способ и регулирования с помощью преобразователя частоты. Анализ способов регулирования скорости вращения приводов показывает, что перспективным является частотное регулирование частотой вращения электроприводов за счет плавности регулирования скорости и значительного снижения энергопотребления на основе использования асинхронно-вентильный каскад.

Именно использование компьютерного математического моделирования с разработкой моделей разных устройств позволяет провести расчеты процессов с высокой точностью, а также исследовать электромеханические свойства перед внедрением в действие такого способа регулирования.

Возможность управления частотой вращения АД была доказана сразу после появления электродвигателя. Как правило, управление электроприводом переменного тока осуществляется за счет изменения исходных параметров силового преобразователя ( $f_m$ ,  $U_m$ ). Реализовать эту возможность удалось лишь с появлением силовых полупроводниковых устройств (тиристоров). В зависимости от характера нагрузки преобразователь частоты обеспечивает разные режимы управления электродвигателем, реализовывая ту или другую зависимость между скоростью вращения электродвигателем и исходным напряжением. Поэтому необходимо использовать имитационное моделирование с использованием ЭВМ. Такой подход позволит спрогнозировать результаты с высокой точностью.

Частотный способ управления основан на законе М.П. Костенко, который установил, что относительное действующее значение напряжения необходимо изменять пропорционально произведению частоты на корень квадратный из относительного момента двигателя. А.А. Булгаковым были установленные закономерности разных соотношений между частотой и действующим значением напряжения: напряжение изменялось пропорционально частоте;  $U_m \sim f_m$ ; напряжение изменялось так, чтобы обеспечить постоянство полного или рабочего потока при изменении частоты; управление частотой при номинальном напряжении др. Использование регулируемого электропривода позволяет сократить энергопотребления: помп — на 25–30 %, компрессоров — на 40 %, вентиляторов — на 30 %, центрифуг — на 50 %. Ввиду того, что эти типы механизмов составляют больше 50 % используемых в сельском хозяйстве приводов, данное направление есть приоритетным для экономии электроэнергии.

Наиболее перспективными направлениями внедрения регулируемых электроприводов в сельскохозяйственном производстве являются системы водоснабжения, теплоснабжение, канализации, вентиляции зданий. Оптимальный микроклимат — комплекс факторов внешней среды, которые способствуют наилучшему проявлению физиологических функций организма животных и птицы, получению максимальной продукции при наименьших расходах кормов.

Система водоснабжения — это достаточно сложный комплекс взаимозависимых по параметрам и режимам работы специальных сооружений, которая обеспечивает забор воды из источников водоснабжения, ее обработку, аккумулирование и сохранение, подачу, к месту потребления, а также распределение между ее потребителями. В каждой точке сети напор воды должен поддерживаться на заданном уровне, который обеспечивает качественное обслуживание потребителей воды. Напор в сети зависит от работы водо источников, а также от потребления воды, которая носит случайный характер.

В работе проведено моделирование системы автоматического регулирования скорости АД в программы MATLAB Simulink. Исследования базировались на теории дифференциальных уравнений, на компьютерных методах моделирования. Созданная модель содержит в своем составе готовый блок электропривода с источником питания, частотным преобразователем и асинхронным двигателем и технологическую часть – модель насосного агрегата и модель водовода. Исследования проводились на насосных станциях с приводом мощностью 11,5 кВт и 22,5 кВт. Для регулирования частоты вращения электропривода насосных установок в зависимости от давления воды в разборном трубопроводе применяли преобразователь частоты типа ПЧРТ-03-22. Исследование проводилось на реальной установке на базе водоподъема «Карловка» Полтавской области. Частотный способ к тому же отличается и еще одним достаточно важным свойством: при регулировании скорости АД не происходит увеличение его скольжения, как это имеет место, например, при реостатном регулировании. Поэтому при этом способе регулирования потери скольжения, оказываются небольшими, в связи, с чем частотный способ наиболее экономический.

После окончания переходного процесса получаем такие установившиеся значения:  $\omega = 104,7$  рад/с;  $I_1 = 7,266$  А;  $M_b = 0,517$  Н·м. При частоте питающей сети  $f = 37,5$  Гц и линейном напряжении  $U_n = 329$  В получаем следующие графики переходных процессов  $\omega = f(t)$  (рад/с) и  $M_b = f(t)$  (Н·м). После окончания переходного процесса получаем такие установившиеся значения:  $\omega = 78,53$  рад/с;  $I_1 = 7,608$  А;  $M_b = 0,3883$  Н·м. При частоте питающей сети  $f = 25$  Гц и линейном напряжении  $U_n = 269$  В получаем следующие графики переходных процессов  $\omega = f(t)$  (рад/с) и  $M_b = f(t)$  (Н·м). После окончания переходного процесса получаем такие установившиеся значения:  $\omega = 52,36$  рад/с;  $I_1 = 10,29$  А;  $M_b = 0,036$  Н·м. При частоте питающей сети  $f = 50$  Гц и линейном напряжении  $U_n = 380$  В смоделируем переход системы из одного установившегося состояния ( $M_b = M_n = 73$  Н·м,  $\omega = \omega_n = 101,7$  рад/с,  $I_1 = I_{1n} = 15,65$  А) в другое после наброса нагрузки на вал двигателя ( $M_{с.доп.} = 0,3M_n = 22$  Н·м).

Регулирование в этой системе, может осуществляться плавно, в широком диапазоне, в обе стороны от природной характеристики, то есть АД, может иметь скорость как больше, так и меньше номинальной. При этом регулировочные характеристики имеют высокую жесткость, а АД сохраняет большую перегрузочную способность.

Исследование свидетельствует о том, что регулировании скорости асинхронного двигателя, с использованием частотного преобразователя, позволяет не только отредактировать технологический процесс, но и уменьшить потери и сэкономить электроэнергию от 20 % до 40 %, а также плавно регулировать скорость вращения электродвигателя от нуля к номинальному значению при сохранении максимального момента на валу, что дало возможность увеличить срок службы и повысить надежность электроприводов и оборудования и повысить качество предоставления услуг в водоснабжении за счет стабильного давления в сети.

По результатам исследования следует отметить, что целесообразно использовать преобразователей частоты не в качестве элементов системы управления конкретного агрегата, а как комплекс системных решений с подключением широкого набора средств автоматизации технологического процесса. Созданная компьютерная модель позволяет моделировать работу системы управления электропривода насосной станции системы водоснабжения. Плавное регулирование скорости в широких пределах с хранением достаточной жесткости характеристик возможно только при частотном управлении, которое дало существенные снижения аварийности сети и насосной установки.

## СПОСОБ ПАСТЕРИЗАЦИИ МОЛОКА ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИМ ПОЛЕМ

**С.В. Демидков, к.т.н., В.А. Занкевич, к.ф.-м. н., В.А. Коротинский, к.т.н.**  
*Белорусский государственный аграрный технический университет (г. Минск)*

С целью увеличения сроков хранения молока, а также его очистки от болезнетворных микроорганизмов используются традиционные методы обработки: пастеризация и стерилизация молока. Однако данные методы обладают отрицательным побочным эффектом: разрушают белки, ферменты и витамины, содержащиеся в молоке. Существует ряд дополнительных методов обработки молока: