

**ОЦЕНКА ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ  
ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ В  
АГРАРНЫХ РАЙОНАХ****Оганезов И.А., к.т.н., доцент, Гургенидзе И.И., к.э.н., с.н.с.***УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»  
г. Минск, Республика Беларусь*

Проблемы энергосбережения и ресурсосбережения приобретают в настоящее время все большую актуальность для аграрных районов Республики Беларусь в связи с истощением невозобновляемых энергетических ресурсов и увеличением их стоимости. Злободневность этой проблемы также обусловлена ростом отрицательных последствий «парникового эффекта» для экологии, связанного с выбросами в атмосферу остатков органического топлива.

Как показывает практический опыт многих стран СНГ и дальнего зарубежья, применение систем автоматизированных электроприводов переменного тока вместо нерегулируемых позволяет получить существенную экономию электрической энергии, снижение эксплуатационных расходов, увеличить срок службы электродвигателей, значительно сократить численность обслуживающего персонала и уровень шума.

Наиболее значительной экономия электрической энергии и других материальных ресурсов получается для электроприводов насосов, вентиляторов, компрессоров и других турбомеханизмов, где ранее применялся нерегулируемый электропривод и регулирующие заслонки или вентили.

Во многих случаях экономия электроэнергии и других материальных ресурсов достигает 50 % и выше.

Применяемые в настоящее время в АПК Республики Беларусь электроприводы с нерегулируемыми асинхронными двигателями не удовлетворяют современным требованиям эксплуатации оборудования по энергосбережению.

В частности, для электроприводов систем водоснабжения, которые регулируются дросселированием, и водоотведения (канализационных насосных станций), регулирование производительности которых осуществляются по методу пуск-остановка, непроизводительные расходы электрической энергии составляют от 10 до 80 %, частые прямые пуски снижают надежность и долговечность двигателей и гидросистем, возникают частые гидравлические удары. Дополнительные отрицательные последствия традиционных технологий водоснабжения и водоотведения - перебои в водоснабжении населения, а также значительные затраты на техническое обслуживание и ремонт инженерных сооружений и коммуникаций.

Системы автоматизированных электроприводов переменного тока на базе асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором, лишённые отмеченных выше недостатков, позволяют получить достаточно высокие технико-экономические показатели работы и обеспечить при этом существенное сокращение численности эксплуатационного персонала.

Внедрение современных систем автоматизации водоснабжения и водоотведения в производство целесообразно в связи с необходимостью снижения импорта энергоносителей из России в Беларусь (природного газа, нефти, каменного угля), энергосбережения в сельском хозяйстве, повышения надежности водоснабжения и водоотведения в сельском ЖКХ и значительного снижения ремонтно-эксплуатационных расходов на данных объектах.

Кроме того, их использование позволит сэкономить до 10–15 % воды в артескважинах дополнительно. На данных объектах планируется установка новых систем сигнализации и GSM-связи, которые позволят предотвратить несанкционированный доступ к дорогостоящим системам автоматизации путем быстрого оповещения и вызова службы вневедомственной охраны.

Однако всегда ли правильно осуществляется выбор способа регулирования производительности насосного и другого оборудования? Нужен ли преобразователь частоты для решения конкретно рассматриваемой задачи, или достаточно ограничиться применением устройства плавного пуска?

Например, на заре применения преобразователей частоты (ПЧ), когда потребители не знали всех возможностей ПЧ, на ряде объектов их использовали только для плавного пуска электропривода или регулирования частоты вращения агрегата, которая задавалась при помощи ручного потенциометра.

В некоторых случаях в процессе эксплуатации выяснялось, что мощность преобразователя частоты выбрана избыточная, и, следовательно, на его приобретение затрачены лишние материально-технические средства.

К более неприятным последствиям приводило непродуманное применение преобразователей частоты для насосных и вентиляционных установок, в которых при увеличении расхода перекачиваемой среды производительности частотно-регулируемого агрегата становилось недостаточно.

В рекламных проспектах фирм — производителей электротехнического оборудования сообщается, что ПЧ при увеличении расхода может выдать сигнал на включение дополнительного агрегата (напрямую от сегн), а при снижении расхода — на его отключение. И действительно, как правило, это так. Однако при этом не рассматривается вопрос о возможности работы нерегулируемого агрегата при открытых задвижке и регуляторе выходного давления. Последствием такого решения могут быть отключение электродвигателя нерегулируемого насосного агрегата защитной автоматикой или выход его из строя.

Следует отметить, что применение преобразователей частоты для снижения энергопотребления целесообразно далеко не для всех насосных или вентиляционных установок. Не секрет, что существуют такие виды установок, где напор, развиваемый агрегатами, превышает необходимый потребителям в 1,5–2,5 раза. В этих установках менее затратным средством может стать замена насосного или вентиляционного агрегата на другой, имеющий меньший номинальный напор и потребляемую мощность.

В 2007 г. специалистами РУП «Белинвестэнергосбережение» было проведено комплексное обследование объектов КУМПП ЖКХ г. Дрогичина. В результате проделанной работы выявлен резерв экономии не только за счет установки преобразователей частоты, но и за счет замены парка установленного «с запасом» насосного оборудования (КНС, котельные, артескважины) на современные энергоэффективные насосы, которые в состоянии обеспечить требуемые рабочие характеристики при меньшей потребляемой мощности.

Таким образом, преобразователи частоты приобретались уже на меньшие мощности для «новых» насосов, что также позволило сэкономить значительные средства на самой начальной стадии реализации проекта, если учесть, что 1 кВт мощности ПЧ стоит примерно 120 долл. США.

Серьезные неприятности доставляет неуважительное отношение к проблемам электромагнитной совместимости преобразователей частоты и установленного на объекте электротехнического оборудования. Как известно, преобразователи частоты при всех их положительных качествах могут при непродуманном их применении привести к:

- искажению синусоидальности входного тока преобразователя частоты, что может отрицательно сказаться на работе потребителей, питающихся от тех же шин, что и ПЧ;
- перегреву или даже выходу из строя электродвигателей или трансформаторов, получающих питание от ПЧ;

- излучению недопустимо высоких радиопомех, способных вызвать нарушение работы радиоэлектронного оборудования, расположенного вблизи от преобразователей частоты или их силовых кабелей.

На начальном этапе эксплуатации частотно-регулируемых приводов недостаточные навыки персонала могут привести к нарушению нормальной работы агрегатов и систем. Если в технических решениях электрической части не предусмотреть возможность отключения ПЧ и работы электродвигателя агрегата напрямую от сети, то такие случаи могут быть источниками аварийных ситуаций.

Первые проекты применения ПЧ, осуществленные на канализационных насосных станциях, не дали ожидаемой экономии электроэнергии. Более того, был зафиксирован ее перерасход. Причина оказалась в законе регулирования, (реализованном на внешнем пропорциональном регуляторе). Недостатки применения пропорционального регулятора проявлялись в том, что в часы максимальных притоков происходило включение дополнительного насосного агрегата, хотя при правильно выбранном законе регулирования вполне достаточно работы одного насоса. В часы малых притоков (в ночное время) частотно-регулируемый насосный агрегат работал в зоне очень низких значений КПД, поддерживая необходимый уровень (т.е. столб воды над собой) и откачивая «ведро в час».

Известно, что в комплект подавляющего большинства преобразователей частоты входят встроенные пропорционально-интегрально-дифференциальные регуляторы, с помощью которых обеспечивается автоматическое регулирование технологических параметров (давления, уровня и т.п.). Однако некоторые модификации преобразователей выпускаются без этих регуляторов. При установке такого преобразователя, например, на насосном агрегате, работающем в открытой системе теплоснабжения, поддерживать давление горячей воды придется ручным потенциометром, увеличивая задание частоты по мере открывания кранов в домах.

Приведенные примеры из практики применения преобразователей частоты для энергетических и других объектов показывают, что только в случае выбора правильного технического решения применение ПЧ действительно обеспечивает заказчику не только экономию энергетических ресурсов, но и надежность, и качество функционирования насосной, вентиляционной или компрессорной установки, удобство для эксплуатационного персонала и другие положительные эффекты.

Применение ПЧ представляет для заказчиков интерес в различных аспектах. Одних в наибольшей степени интересует уменьшение затрат на ремонт электродвигателей (чаще всего для канализационных насосных станций), других — уменьшение гидроударов при пуске и остановке насосных агрегатов. Некоторым более привлекательным эффектом от внедрения регулируемого электропривода представляется автоматическое выполнение ряда операций, таких как включение резервного агрегата или автоматическое повторное включение работавшего агрегата при исчезновении и последующем восстановлении питающего напряжения насосной станции и т.д.

Однако, без сомнения, всех в большей или меньшей степени интересует, насколько может быть снижено потребление электроэнергии за счет применения ПЧ, какой экономический эффект может быть достигнут.

Для принятия объективной оценки целесообразности реконструкции инженерных систем с применением частотного регулирования прежде всего необходимо выполнение технико-экономического обоснования (ТЭО), которое должно предусматривать следующие стадии:

1. Обследование объекта применения системы частотного регулирования (СЧР):

- изучение технологической схемы объекта;
- уточнение параметров агрегатов;
- замеры энергетических параметров работающих агрегатов;
- определение возможности подключения оборудования СЧР к существующей системе электроснабжения и его размещения в местах, обеспечивающих необходимые условия эксплуатации;

- определение функций существующей системы автоматики и возможности ее совместной работы с СЧР.

2. Определение параметров, характеристик и энергетических показателей агрегатов при дроссельном и частотном регулировании, в том числе:

- характеристик и энергетических показателей агрегатов при существующем способе регулирования производительности:

- для одиночно работающего агрегата;
- для групп параллельно работающих агрегатов;
- предельные его параметры, обеспечиваемые агрегатами;

- характеристик и энергетических показателей агрегатов при частотном регулировании производительности:

- для одиночно работающего агрегата;
- для групп параллельно работающих агрегатов;
- для групп параллельно работающих агрегатов, одни из которых работают при частотном регулировании, а другие — при прямом включении в сеть;

- оценка влияния на показатели групп агрегатов изменения параметров режимов работы объекта.

3. Определение нагрузок электроприводов агрегатов при частотном регулировании и обоснование выбора силового электрооборудования:

- нагрузка при работе одиночного частотно-регулируемого агрегата;
- нагрузки электроприводов при работе двух частотно-регулируемых агрегатов;
- нагрузки электроприводов при работе одного частотно-регулируемого и одного нерегулируемого агрегата;

- оценка влияния на нагрузки электроприводов и показатели групп агрегатов изменения параметров режимов работы объекта.

4. Разработка вариантов технических решений по применению систем частотного регулирования агрегатов:

- выбор параметров силового электротехнического оборудования;
- разработка требуемых вариантов решений по электроснабжению;
- выбор необходимых входных и выходных фильтров для обеспечения электромагнитной совместимости СЧР;

- разработка требуемых вариантов решений по автоматизации оборудования;
- разработка компоновочных решений.

5. Технико-экономическая оценка применения систем частотного регулирования агрегатов:

- расчет энергопотребления агрегатов при различных способах регулирования их производительности;

- определение суточных графиков нагрузки агрегатов;
- расчет годового энергопотребления агрегатов;

- определение затрат на реконструкцию объектов и сроков окупаемости капиталовложений (инвестиций).

Простое перечисление содержания ТЭО показывает, что в результате его выполнения заказчик должен получить не только ответ о целесообразности применения технологии частотного регулирования и экономический эффект в т.ч. от ее внедрения, но и предварительные варианты решений электроснабжения, автоматизации и компоновки оборудования для его реализации.

Практически внедрить данные технологии можно тоже по-разному. Например, можно приобрести «просто преобразователь частоты», регулирующий скорость вращения дымососа или вентилятора, либо систему частотного регулирования, позволяющую полностью автоматизировать управление процессом горения котла.

На сегодняшний день ставится задача не просто обеспечить потребителей водой и теплом или поддерживать какой-либо технологический параметр. Вследствие изменения

условий функционирования объектов и уровня требований к инженерным системам изменились и требования к качеству регулирования. Таким образом, для управления параметрами существующих и вновь создаваемых инженерных систем необходимы средства автоматизации, позволяющие получить комплексный эффект от реализации систем частотного регулирования, включающий в себя следующие аспекты:

1. Технические и экономические:

- увеличение надежности функционирования системы за счет повышения оперативности управления и снижения нагрузок на ее элементы;
- облегчение труда обслуживающего персонала за счет первичной обработки информации;
- снижение затрат на потребляемую электроэнергию;
- уменьшение других расходов, связанных с эксплуатацией оборудования.

2. Технологические:

- уменьшение требуемой мощности электропривода;
- снижение утечек технологической среды;
- увеличение сроков службы технологических аппаратов и сетей;
- увеличение ресурса исполнительных механизмов запорно-регулирующей аппаратуры;

— снижение нагрузок на инженерные системы, связанные с технологическим циклом.

3. Электротехнические:

- снижение требуемой мощности источников электроснабжения;
- увеличение сроков службы электротехнических аппаратов и электрических сетей;
- увеличение сроков службы коммутационной аппаратуры;
- снижение нагрузки и влияния на системы электроснабжения, связанного пуском электродвигателей.

4. Автоматизации:

- увеличение надежности функционирования технических систем за счет повышения качества управления;
- повышение надежности защиты приводных электродвигателей за счет функций, реализуемых ПЧ;
- снижение затрат ресурсов за счет реализации сберегающих алгоритмов;
- снижение трудоемкости и периодичности технического обслуживания технологического оборудования.

На первый взгляд главная и чуть ли не единственная задача — это стабилизация и поддержание требуемого технологического параметра (давления, температуры, уровня, расхода и т.д.). При ближайшем рассмотрении общая задача оказывается состоящей из нескольких взаимосвязанных между собой задач. Это и задание уставки поддерживаемого параметра, и управление запорной арматурой во всасывающих и напорных линиях, регулирующей арматурой рассматриваемой и смежной системы, управление приводными электродвигателями, визуализация параметров функционирования системы и связь с верхним уровнем АСУ ТП.

Простая технологическая задача может оказаться не под силу «просто преобразователю частоты», если требуемый параметр обеспечивается, например, одновременной работой нескольких агрегатов, инженерных систем или объектов. Или же в работе одновременно находится автоматизированное и неавтоматизированное оборудование, либо требуется изменение уставок по сложным функциям.

Примером сложности задачи поддержания даже одного технологического параметра является совместная работа оснащенных системами частотного регулирования водопроводных насосных станций второго подъема водозаборов центров аграрных районов, которые обеспечивают гидравлический режим системы водоснабжения всего района. Особенности системы водоснабжения аграрного района, построенной по типовому проекту, являются сложность трубопроводной системы, наличие участков, расположенных

на существенно различных геодезических отметках, изношенность трубопроводов и, как следствие, наличие большого количества ремонтируемых участков. На опытных участках предприятий ЖКХ Витебской области внедрены системы мониторинга давления и учета повреждений, а также вывода участков трубопроводов в ремонт. Запуск систем частотного регулирования на ВНС-2 в 2003–2005 г. данных объектов позволил получить положительные эффекты от применения преобразователей частоты. В то же время в процессе эксплуатации были выявлены неожиданные эффекты. Так, в отдельные периоды при практически одинаковых параметрах режимов, обеспечиваемых отдельными ВНС, их энергопотребление оказывалось существенно различным, были замечены ранее не наблюдаемые случаи «раскачивания» давления на выходе станций. Оказалось, что эти изменения вызваны взаимным влиянием частотно-регулируемых ВНС. Устранение этого влияния и получение системных составляющих эффекта от применения технологии частотного регулирования требует включения СЧР водозаборов в АСУ ТП предприятия ЖКХ и управления их параметрами по специальному алгоритму, оптимизирующему их работу. Внедрение такой АСУ позволит вести мониторинг давления в реальном времени в контролируемых точках трубопроводной системы, параметров работы отдельных водозаборов, вычислять показатели работы станций, оценивать их влияние на изменение параметров в контролируемых точках и др. Анализ такой информации позволит оперативно принимать решения об изменении режимов работы отдельных водонасосных станций с целью устранения их негативного влияния друг на друга и улучшения показателей функционирования водоснабжения аграрного района в целом.

Предлагаемый подход может также позволить получить дополнительный экономический эффект от внедрения преобразователей частоты. Таким образом, системы частотного регулирования создаются как инструмент, позволяющий специалистам эксплуатирующих организаций эффективно решать технологические задачи. Польза от работы с этим «инструментом» зависит как от качества самой системы, начиная с совершенствования ее разработки, так и от знаний и навыков специалистов, применяющих его в повседневной работе.

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ДЛЯ СТИМУЛЯЦИИ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ**

**Павлюченко Е. В., Ерошов А. И.**

*Международный государственный экологический университет им. А.Д. Сахарова.  
г. Минск, Республика Беларусь*

Увеличение энергии роста семян, посредством физических факторов, рассматривается как одно из приоритетных направлений получения сельскохозяйственной продукции через наименьшие экономические затраты. Немаловажным, в развитии, этого направления, является тот факт, что предпосевная стимуляция биологических объектов, в частности семян, экологически более оправдана, чем химическая стимуляция энергии роста семян.

Эффективность действия магнитных и электрических полей на рост семян зависит от типа физического источника стимуляции (постоянное или переменное поле), продолжительности экспозиции, а также напряжения поля.

На энергию роста семян оказывает влияние и продолжительность периода выдержки (от окончания стимуляции до высадки в почву).

В проведенных нами исследованиях, отмечался положительный эффект влияния магнитных и электрических полей на всхожесть семян полевых и тепличных культур. В частности небольшая предпосевная стимуляция переменным электрическим полем увеличивает всхожесть семян томатов, огурцов, ячменя, овса, пшеницы на 1 сутки раньше.