

## Результаты опытно-промышленной эксплуатации высоковольтного преобразователя частоты на аммиакопроводе "Тольятти-Одесса"

*В результате опытно-промышленной эксплуатации на одной из насосных станций аммиакопровода "Тольятти-Одесса" высоковольтного преобразователя частоты для асинхронного электропривода, разработанного и изготовленного ОАО НИИ "Преобразователь", достигнута экономия электроэнергии на 20–50%. Показана возможность увеличения производительности трубопровода на 30–40% и срока службы основного оборудования трубопровода.*

*У результаті дослідно-промислової експлуатації на одній з насосних станцій аміакопроводу "Тольятті—Одеса" високовольтного перетворювача частоти для асинхронного електропривода, який розроблено і виготовлено в НДІ "Перетворювач", досягнуто економію електроенергії на 20–50%. Показано можливість збільшення продуктивності трубопроводу на 30–40% і термін служби основного обладнання трубопроводу.*

Как правило, в большинстве технологических систем энергетики, промышленности, коммунальной сферы установлены электродвигатели из расчета максимальной производительности оборудования, в то время как максимальная производительность достигается всего в 10–35% общего времени его работы. В результате электродвигатели, которые работают с постоянной скоростью вращения (перегулируемый электропривод), потребляют значительно, до 50%, больше электроэнергии, чем это нужно для обеспечения оптимального технологического процесса. При этом ежегодно теряются миллиарды киловатт-часов электроэнергии. До недавнего времени эти потери или не замечали, или мирились с ними. Сегодня стало возможным их значительно уменьшить.

Наиболее эффективным в этом плане является применение регулируемого электропривода на переменном токе с использованием высоковольтных преобразователей частоты.

В ОАО НИИ "Преобразователь" разработан и проверен в эксплуатации преобразователь частоты для высоковольтного асинхронного электропривода переменного тока. Преобразователь создан на основе современных силовых полупроводниковых приборов — тиристоров, диодов, запираемых тиристоров (GTO, IGCT), IGBT — транзисторов.

В 2007 г. высоковольтный преобразователь частоты (ВПЧ) на ток 200 А напряжением 6 кВ с бестрансформаторным подключением к сети и электродвигателю введен в опытно-промышленную эксплуатацию на одной из насосных станций (НС-11) Магистрального аммиакопровода "Тольятти-Одесса". Структурная схема электропривода насоса показана на рис. 1, где: ВПЧ — высоковольтный преобразователь частоты; ТР — токоограничивающий реактор; В — управляемый выпрямитель на

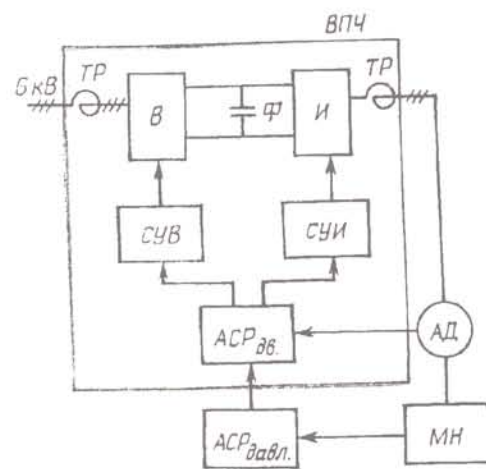


Рис. 1

тиристорах; Ф — фильтр звена постоянного тока; И — инвертор с широтно-импульсным регулированием на IGCT-тиристорах; АД — асинхронный электродвигатель 6 кВ, 143 А; СУВ — система управления выпрямителем; СУИ — система управления инвертором; АСП<sub>ДВ</sub> — автоматическая система регулирования электродвигателя; АСП<sub>ДАВЛ</sub> — автоматическая система регулирования технологического параметра (давление в аммиакопроводе); МН — магистральный насос.

В результате контролируемого периода опытно-промышленной эксплуатации — непрерывной работы в течение 675-ти часов в различных режимах перекачки аммиака (от минимальной производительности — 160 т/ч до максимальной — 355 т/ч) получено снижение потребления электроэнергии соответственно от 50% до 20% по сравнению с обычно эксплуатируемым нерегулируемым электроприводом.

Кроме прямой экономии электроэнергии получен ряд других положительных эффектов, характерных для всех видов трубопроводов и насосов.

На рис. 2 показана регистрограмма работы магистрального насоса при производительности аммиакопровода  $Q = 280$  т/час., полученная на самопишущем приборе насосной станции. Это один из наиболее характерных режимов. Как видно из регистрограммы, в течение времени около суток зафиксировано два пуска насоса с питанием приводного электродвигателя через ВПЧ (включение в 14 час.) и напрямую от сети (включение в 9 час. следующего дня). При этом регулирование технологических параметров (расход, давление на входе и выходе насосной станции) осуществлялось соответственно путем изменения скорости вращения электродвигателя и дросселированием.

Анализ процессов, зафиксированных на регистрограмме, позволяет сделать следующие выводы.

Пуск насоса при питании от ВПЧ осуществляется плавно, давление на выходе и на входе насосной станции и объем прокачки изменяются постепенно, в отличие от прямого пуска, при котором имеет место динамическое воздействие на трубопровод (см. кривые давления и объема прокачки).

Дополнительные динамические нагрузки на трубопровод и насос при регулировании дросселированием возникают не только при пуске, но и в процессе регулирования (кривые расхода и давления неровные, в отличие от достаточно плавных кривых при регулировании от ВПЧ) и вызывают дополнительные потери и неблагоприятно сказывается на работе всего оборудования. При работе от ВПЧ за счет плавности и точности поддержания заданного давления путем изменения частоты вращения электродвигателя это явление исключено.

Потребляемый ток при работе от ВПЧ в два раза меньше, чем при работе напрямую от сети, что свидетельствует о почти 50% экономии электроэнергии.

Кроме этого, отмечено существенное увеличение срока службы торцевых уплотнений насоса, которые после 18—20-ти прямых пусков требуют замены. Количество пусков через ВПЧ превысило 100 и замены торцевых уплотнений не потребовалось.

Еще один отмеченный положительный эффект заключается в снижении температуры перекачиваемого аммиака на 2—3 °С, которое объясняется отсутствием дросселирования, т.е. уменьшением потерь на дроссельной заслонке и меньшей скоростью вращения магистрального насоса. Снижение температуры аммиака приводит к увеличению его плотности, т.е. веса, что при одном и том же объеме прокачки равнозначно увеличению производительности насосной станции, а в случае оснащения регулируемым электроприводом всех насосных станций — и аммиакопровода в целом.

Исключение дросселирования за счет применения регулируемого электропривода позволило жестко заставить регулируемыми технологические параметры (входное или выходное давление) и тем самым расширить диапазон безопасной работы аммиакопровода на данном участке на 3—4 кг/см<sup>2</sup>, что также можно рассматривать как некое увеличение максимальной производительности.

Также отметим следующее. При регулировании технологических параметров трубопровода или насосной установки с помощью дросселирования для обеспечения нужного диапазона регулирования средний процент открытия дроссельной заслонки составляет примерно 60—70, что равнозначно уменьшению сечения трубопровода соответственно на 40—30%, и соответствующему снижению производительности системы. Применение регулируемого электропривода позволяет не использовать для целей регулирования дроссельные заслонки, установив их в полностью открытое состояние, тем самым как бы увеличить сечение трубопровода и соответственно увеличить его производительность на 30—40%. При этом перепад да-

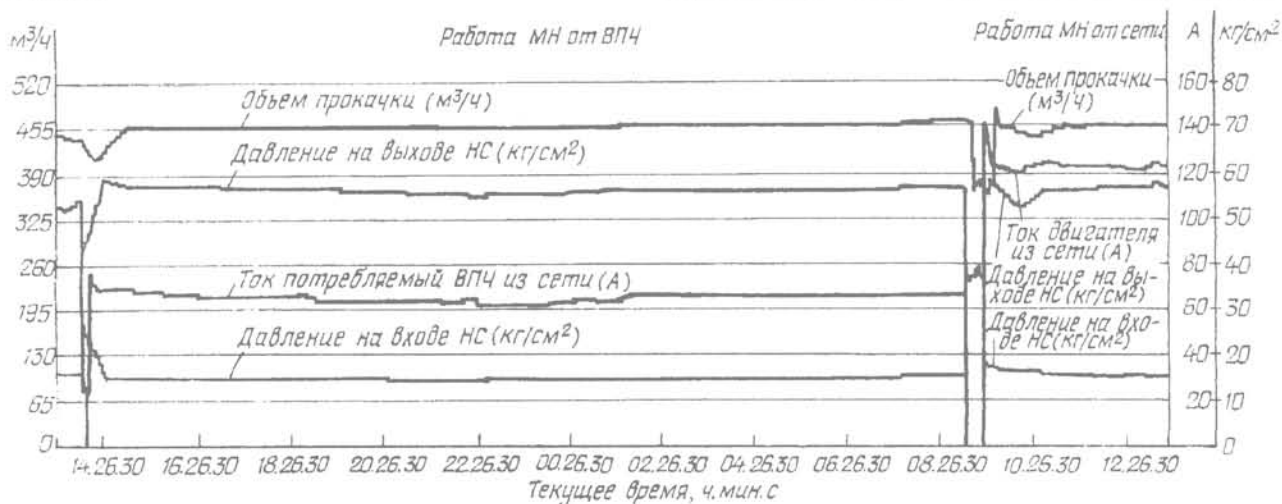


Рис. 2

лений вдоль трубопровода также должен уменьшиться. Однако, такого эффекта можно достичь только в случае оснащения всех насосных станций регулируемым электроприводом.

В процессе опытно-промышленной эксплуатации отработаны алгоритмы управления, схемотехнические и конструктивные решения высоковольтного преобразователя частоты. Этому способствовала предварительно выполненная ОАО НИИ "Преобразователь" по заданию Министерства промышленной политики Украины научно-исследовательская и опытно-конструкторская работа (Отчет по НИОКР "Разработка микропроцессорной системы и алгоритмов управления энергосберегающим высоковольтным преобразователем частоты и регулируемым электроприводом общепромышленного назначения". Исполнители: Андриенко П.Д., Чепкунов А.И., Кражан В.С., Землянский В. В., Чепкунов Р.А., Мельников А.П. и др., Запорожье, 2007г. № госрегистрации 0106008347. Инв. № 33П2252). Выполненная работа позволяет в кратчайшие сроки разработать и поставить ВПЧ практически любой мощности от 0,4 до 2,5 МВт для конкретных применений и, в частности, для регулируемого асинхронного высоковольтного электропривода насосов, компрессоров, вентиляторов и т.п.

На рис. 3 показана расчетная зависимость годовой экономии электроэнергии  $\mathcal{E}$  в МВт часах от потока аммиака  $Q$  в м<sup>3</sup>/час при использовании регулируемого электропривода магистрального насоса.

Упрощенная оценка эффективности капитальных вложений на внедрение регулируемого электропривода с использованием ВПЧ показала, что

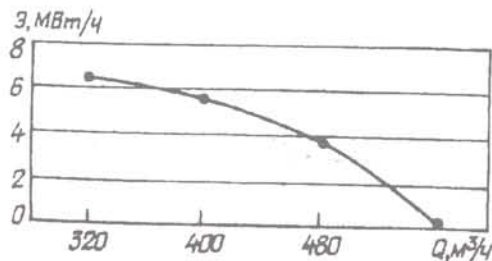


Рис. 3

срок окупаемости внедрения ВПЧ на одной станции перекачки находится в пределах 0,5—2,5 года. При использовании ВПЧ на нескольких станциях эффект будет интегральным.

Таким образом, внедрение высоковольтного преобразователя частоты на аммиакопроводе позволяет получить существенный экономический эффект: уменьшается расход электроэнергии; увеличивается производительность трубопровода за счет полного открытия дроссельных заслонок, снижения температуры аммиака, возможности увеличения рабочего давления в трубопроводе при уменьшении скачков давления; увеличивается срок службы оборудования за счет снижения динамических нагрузок при пуске и работе насоса. Сравнимый экономический эффект можно получить при внедрении высоковольтных преобразователей частоты для регулирования скорости высоковольтных электродвигателей и других насосных установок, в частности, в системах водоснабжения.

Надійшла 11.11.2008