

**ЭКОНОМИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ОТ ВНЕДРЕНИЯ
ЧАСТОТНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ НА ВОЗДУШНЫХ
ХОЛОДИЛЬНИКАХ БГПЗ**

Боровиков Е. А.

*Гомельский государственный технический университет
им. П. О. Сухого*

Научный руководитель: к.т.н. **Токочакова Н. В.**

В ходе проведения предварительного энергетического аудита Белорусского газоперерабатывающего завода выявлена остроящая проблема внедрения частотно-регулируемого электропривода лопастных машин в холодильном отделе, на установках переработки и компримирования газа.

Необходимость регулирования скорости или момента электроприводов производственных механизмов диктуется требованиями технологического процесса.

Центробежные механизмы для подачи жидкостей и газов (вентиляторы, насосы, нагнетатели, компрессоры) являются основными общепромышленными механизмами, обладающими в масштабах республики наибольшими потенциальными возможностями для значительного сокращения удельного расхода электроэнергии. Особое положение центробежных механизмов объясняется их массой, большой мощностью, как правило, длительным режимом работы.

Эксплуатационные свойства центробежных механизмов представляются в виде зависимостей напора H от расхода Q (так называемая $Q-H$ -характеристика) и мощности P от расхода Q . Вид этих характеристик весьма разнообразен и в большинстве случаев имеет сложное аналитическое описание.

Регулирование подачи Q насоса, работающего с постоянной скоростью, обычно осуществляется задвижкой на его выходе (на вентиляторе – положением лопастей), и приводит к изменению характеристики сети, в результате чего точка ее пересечения с характеристикой насоса (вентилятора) соответствует подача $Q_A < 1$. По аналогии с электрическими цепями регулирование расхода задвижкой подобно регулированию тока путем увеличения электрического сопротивления цепи. Очевидно, что такой способ регулирования с энергетической точки зрения не эффективен, так как сопровождается непроизводительными потерями энергии в регулирующих элементах (резисторе, задвижке). Более экономично регулирование параметров источника энергии, а не ее потребителя. В электрических цепях при этом ток нагрузки снижается за счет уменьшения напряжения источника. В гидравлических и аэродинамических сетях аналогичный эффект получается при уменьшении напора, создаваемого механизмом, что регулируется снижением скорости его рабочего колеса.

При изменении скорости рабочие характеристики центробежных механизмов видоизменяются в соответствии с законами подобия, которые имеют следующий вид:

$$Q. = \omega.; H. = \omega^2.; P. = \omega^3.,$$

где Q – подача; H – напор; ω – угловая скорость.

В ходе проведения предварительного энергетического аудита Белорусского газоперерабатывающего завода исследовалась возможность применения час-

тотного регулирования вентиляторов воздушных холодильников и сухих гради-
рен.

На установке компримирования газа насчитывается 16 воздушных холо-
дильников, которые можно разделить на две группы. Первая группа холоди-
льников VX-205/1, VX-205/2, VX-205/3, VX-205/4, VX-205/5, VX-205/6, VX-
205/7 и VX-204. Ко второй группе относятся воздушные холодильники VX-
201/1, VX-201/2, VX-202/1, VX-202/2, VX-203/1, VX-203/2, VX-203/3, VX-
203/4. Данные группы отличаются как технологическими характеристиками, так
и аэродинамическими характеристиками вентиляторов и мощностью двигателей.
Суммарно установленная мощность двух групп составляет 1384 кВт. Для первой
группы характерен следующий режим работы: зимой – в зависимости от темпе-
ратуры наружного воздуха работает один-два (максимум три) холодильника с
углом установки лопастей – 10° , в летний период работают все холодильники с
максимальным углом установки лопастей – 25° . Таким образом, регулирование
подачи Q воздушных холодильников является сезонным за счет изменения угла
поворота лопастей два раза в год (осень-весна), а также за счет регулирования
численности работающих холодильников. При внедрении частотного регулиро-
вания воздушных холодильников эффект может быть достигнут не только за
счет сезонного регулирования, но и за счет суточного регулирования (перепад
температуры в ночное и дневное время), за счет регулирования в межсезонный
период (осень-весна).

Зимний период продолжается 182, а летний – 183 дня. Аэродинамические
характеристики воздушных холодильников VX-205/(1-7) для $\omega = \text{const} = 250$
об/мин приведены в табл. 1.

Табл. 1. Аэродинамические характеристики воздушных холодильников
VX-205/(1-7) для $\omega = \text{const} = 250$ об/мин

Q, о.е.	1	0,92	0,791	0,638
H, о.е.	1	0,825	0,65	0,425
ω_{var}	1	0,91	0,81	0,652
P, о.е. (Q-var, $\omega = \text{const}$)	1	0,92	0,791	0,638
P, о.е. (Q-var, $\dot{\omega}_{\text{var}}$)	1	0,754	0,531	0,277
ΔP , о.е.	0	0,166	0,26	0,361
Угол установки лопастей, градус	25	20	15	10

Для зимнего периода время работы вентиляторов $t_{\text{раб}} = 182 \cdot 24 = 4392$ ч.
При частотном регулировании одного воздушного холодильника мощностью
 $P_{\text{дв}} = 100$ кВт экономия потребления электроэнергии установкой составит:

$$\Delta \text{Аз.п.} = 1 \cdot 100 \cdot 0,361 \cdot 0,7 \cdot 4392 = 110,1 \text{ тыс.кВт.ч.}$$

Для межсезонного регулирования (апрель, май, сентябрь) продолжитель-
ность работы составляет 90 дней, $t_{\text{раб}} = 90 \cdot 24 = 2160$ ч.

В летний период семь холодильников работают постоянно с углом установки лопастей 25°. Рассчитаем, экономический эффект от установки регулятора на одном холодильнике из семи.

Эффект от частотного регулирования по мощности в максимуме может составить 0,361 о.е. Экономия в межсезонье до момента переустановки лопастей приблизительно может составить

$$\Delta A_{\text{м.п.}} = 1 \cdot 1000,361 \cdot 0,72160 = 54,6 \text{ тыс. кВт.ч.}$$

Таким образом годовая экономия составит:

$$\Delta A_{\text{г}} = \Delta A_{\text{з.п.}} + \Delta A_{\text{м.п.}} = 110,1 + 54,6 = 164,7 \text{ тыс. кВт.ч.}$$

Как уже отмечалось, приведенные расчеты являются приблизительными, т.к. не позволяют учитывать эффект от регулирования частоты в течение суток. В табл. 2. приведены сводные данные оценки экономического эффекта от применения частотного регулирования всех установок БГПЗ (вентиляторов, воздушных холодильников и сухих градирен).

Таким образом, экономия электрической энергии от внедрения частотного регулирования на ряде лопастных машин позволит предприятию экономить около 3,2% от суммарного годового расхода электрической энергии.

Табл. 2. Расчет годовой экономии электроэнергии от внедрения частотного регулирования лопастных машин

Наименование установки	Отделение	Р _{сум} , кВт	ΔА, сезонное	ΔА ^{1,2} , ожидаемое	% от Агод.
Воздушные холодильники ВХ-205/(1-7)	Установка компримирования газа	1384	164,7	197,6	0,5
Воздушные холодильники ВХ-201,202,203/(1-2)	Установка компримирования газа	307	406,2	487,4	1,1
Сухие градирни СГ-1... СГ-5	Установка компримирования газа	425	54,6	65,5	0,2
Воздушные холодильники	Холодильное отделение	111	151,1	181,3	0,4
Воздушные холодильники ВХ-601/1... ВХ-603/2	Установка переработки газа	630	367,6	441,1	1
Всего:		2857	1144,2	1372,9	3,2