



## Энергетическая эффективность...

... благодаря приводам с регулируемой скоростью вращения, оснащенным преобразователями частоты

Томи Ристимяки  
Менеджер по продукции

08 | 2008

В связи постоянным повышением цен на энергию, предприятиям все чаще приходится иметь дело с экономией энергии и энергозатрат. Вызывает удивление то, что дискуссии, ведущиеся в этой области, в основном касаются альтернативных источников энергии и новых энергосберегающих технологий, в то время как сравнительно мало внимания уделяется уже существующим техническим решениям, кстати, обеспечивающим колоссальную экономию. Проверенным и недорогим решением является применение преобразователей частоты (ПЧ) для регулирования скорости вращения приводов в системах отопления, вентиляции и кондиционирования (ОВК). Лишь немногие технологии имеют такую же самоокупаемость, которая составляет менее одного года. В то же время благодаря усовершенствованному регулированию системы ОВК эта альтернатива обеспечивает множество дальнейших преимуществ.

**Энергосбережение  
благодаря ПЧ-  
регулированию скорости  
вращения**

Создающие объемный расход устройства, такие как вентиляторы, насосы и компрессоры, по-прежнему часто применяются без регулирования скорости вращения. При этом расход контролируется традиционным образом с помощью дросселей, клапанов или заслонок. Однако в том случае, если объемный расход регулируется без изменения скорости вращения двигателя, последний все время работает на полной скорости. Поскольку же в системах ОВК необходимость в максимальных объемных расходах возникает достаточно редко, то при отсутствии регулирования скорости

## Энергетическая эффективность...

... благодаря приводам с регулируемой скоростью вращения, оснащенным преобразователями частоты

вращения расточительно расходуется большое количество энергии. В свою очередь ПЧ-регулирование скорости вращения двигателя может обеспечить энергосбережение вплоть до 70%. Основопологающий принцип ПЧ-регулирования поясняется на рис. 1.

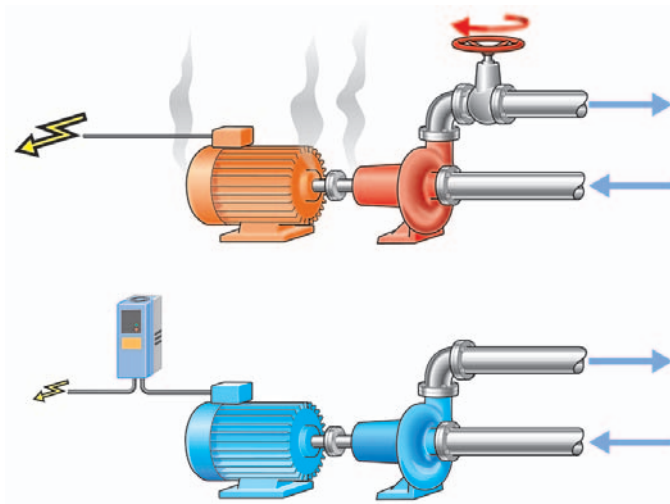


Рис. 1. Принцип энергосбережения при ПЧ-регулировании скорости вращения

### Что представляет собой привод переменной частоты?

Для большинства электродвигателей, которой применяются в системах ОВК и водопроводных системах, речь идет о двигателях с короткозамкнутым ротором типа беличьей клетки, известных также как индукционные или асинхронные электродвигатели. Их популярность связана с относительно низкой стоимостью, низкими затратами на обслуживание и высокой надежностью. Единственная возможность управления скоростью вращения двигателя в этих моделях состоит в том, чтобы изменять частоту входного напряжения (переменного тока), и здесь в игру вступает Принцип ПЧ.

Преобразователи частоты фигурируют под различными названиями, как то: инверторы, приводы переменной скорости (ППС), приводы переменной частоты (ППЧ), конверторы частоты или, наконец, преобразователи частоты. За всеми этими обозначениями стоит один и тот же принцип: бесступенчатое электронное регулирование скорости вращения электродвигателя. Однако современные системы ППЧ имеют и другие полезные особенности, такие как функции регулирования и защиты других внутрисистемных компонентов.

## Энергетическая эффективность...

... благодаря приводам с регулируемой скоростью вращения, оснащенным преобразователями частоты

### Законы сходства

Связь между переменными типа давления, объемного расхода, числа оборотов вала и потребления электроэнергии может быть выражена законами сходства. Эти законы действительны, как для радиальных, так и для осевых вентиляторов и насосов (см. рис. 2).

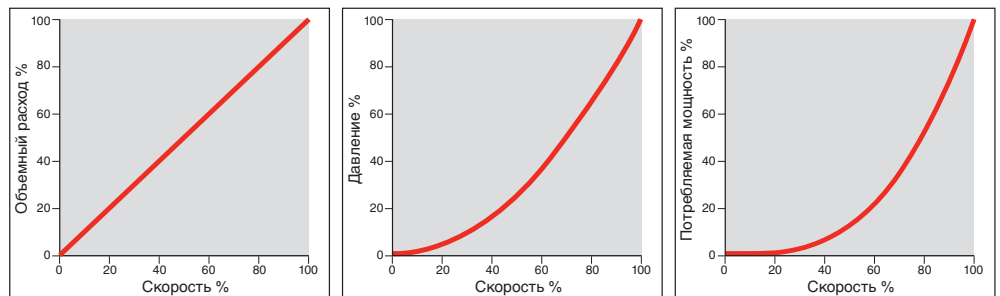


Рис. 2. Законы сходства описывают связь между скоростью вращения привода и другими величинами.

Из этих законов можно вывести, что объемный расход возрастает пропорционально скорости вращения, в то время как давление изменяется пропорционально квадрату скорости вращения. Для энергосбережения наиболее существенно то, что потребление электроэнергии пропорционально третьей степени скорости вращения. Это означает, что даже минимальное уменьшение скорости вращения уже может вести к большой экономии потребления электроэнергии. Так, например, из рис. 2 можно видеть, что при 75% скорости вращения достигается 75% объемного расхода, что требует, однако, лишь 42% потребления энергии по сравнению с тем, которое потребовалось бы при полном объемном расходе. Если расход ограничен 50%, то потребление энергии тем самым уменьшается на 12,5%.

## Энергетическая эффективность...

... благодаря приводам с регулируемой скоростью вращения, оснащенным преобразователями частоты

### Сравнение регулирования скорости вращения с другими методами регулирования объемного расхода

Другими типичными подходами к регулированию объемного расхода являются:

- дросселирование с помощью заслонок или клапанов,
- применение впускных золотников в радиальных вентиляторах для ограничения воздушного потока,
- применение вязкозных муфт или муфт вихревого потока для регулирования крутящего момента между вентилятором и двигателем,
- регулирование включением/выключением,
- регулирования угла атаки лопастей в осевых вентиляторах: для регулирования объемного расхода.

Недостатком этих традиционных подходов к управлению расходом является то, что ни один из них напрямую не влияет на потребление электроэнергии. В некоторых из этих подходов существуют возможности для уменьшения потребления энергии, но ни один из них не является столь же эффективным в смысле энергосбережения, как применение ЧП-регулирования скорости вращения, поскольку несмотря ни на что двигатель продолжает работать с полной нагрузкой. К тому же регулирование включением/выключением приводит к высоким механическим нагрузкам и пикам давления, связанными с многократными пусками и остановами, и пиками потребления электроэнергии при пусках двигателя без ПЧ.

На рис. 3 представлено сравнение потребления электроэнергии при применении клапанов и заслонок регулирования с потреблением электроэнергии при регулировании скорости вращения

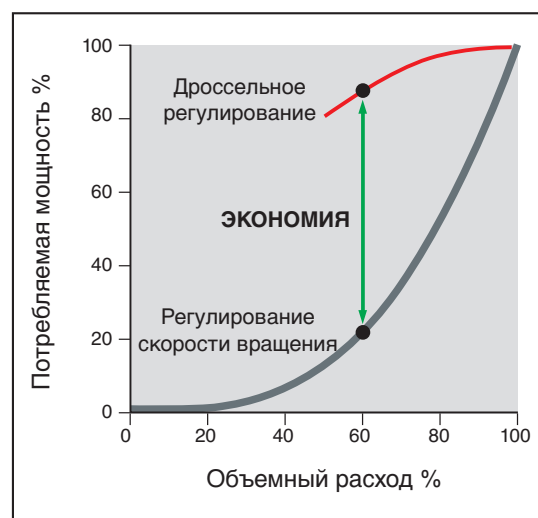


Рис. 3. Сравнение между дроссельным управлением и регулированием скорости вращения с 60% объемным расходом

## Энергетическая эффективность...

... благодаря приводам с регулируемой скоростью вращения, оснащенным преобразователями частоты

### Нагрузочный профиль типичной системы ОВК

Типичная система рассчитана на пиковую нагрузку, необходимость в которой при эксплуатации возникает достаточно редко. Это означает также, что для большей части времени эксплуатации вентиляторы и насосы рассчитаны с большим «запасом». На рис. 4 показано, что нормальная рабочая точка системы ОВК лежит в основном ниже 100%-нагрузки. В свете законов сходства значительную экономию можно было бы обеспечить путем регулирования скорости вращения приводного двигателя насоса или вентилятора. На нижнем рисунке также показано, что более в течение 90% рабочего времени объемный расход составляет менее 70%.

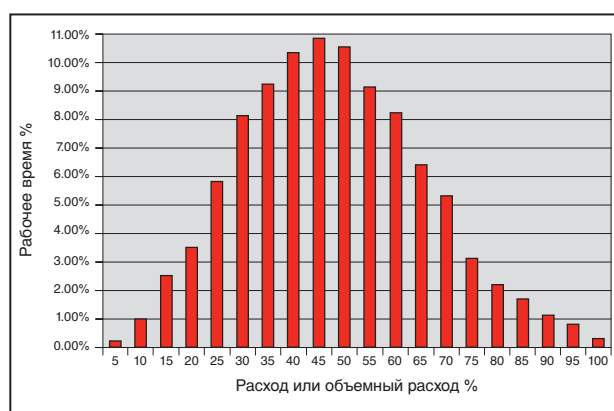


Рис. 4. Типичный нагрузочный профиль системы ОВК. Источник: Министерство торговли и промышленности Великобритании.

### Затраты на жизненный цикл для вентиляторов или насосов

Покупная цена является лишь незначительной частью совокупных затрат на жизненный цикл для вентиляторов и насосов. Хотя значительная часть затрат падает на обслуживание, однако основная часть эксплуатационных затрат связана с потреблением энергии. На рис. 5 наглядно представлены типичные затраты на жизненный цикл для насоса. При этом становится очевидным, что энергосбережение в размере до 70% существенно влияет на затраты на жизненный цикл. Типичные затраты на жизненный цикл для вентиляторов очень похожи на показанные затраты для насосов.

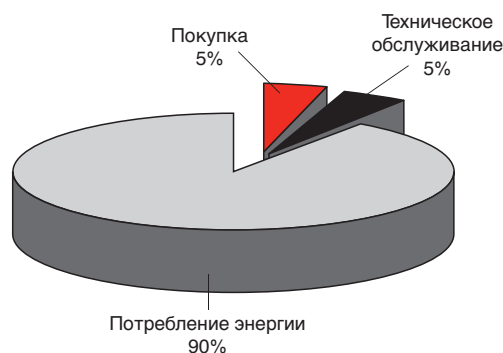


Рис. 5. Типичные затраты на жизненный цикл для насосов. Источник: Институт гидравлики: [www.pumps.org](http://www.pumps.org)

## Энергетическая эффективность...

... благодаря приводам с регулируемой скоростью вращения, оснащенным преобразователями частоты

### Специальные функции для дальнейшего энергосбережения

Серия NX Honeywell предлагает функции, оптимизирующие энергопотребление насосов и вентиляторов. Обычно системы ПЧ работают на основе прямой пропорциональной зависимости между частотой и напряжением. Это означает, что при увеличении частоты / скорости вращения двигателя на 10% напряжение также возрастает на 10%. В преобразователях частоты серии NX Honeywell имеется функция автоматизации (так называемая «Оптимизация потока»), с помощью которой путем согласования этого соотношения достигается оптимизация уровня напряжения. Эта функция может привести к дополнительной экономии энергии до 5%.

Кроме того, вся серия продуктов предусматривает возможность отключения собственного вентилятора охлаждения, если в нем нет необходимости. Это ведет к некоторому дополнительному энергосбережению и продлевает срок службы единственной подвижной детали ПЧ.



Рис. 6. Серия NX Honeywell (слева направо): NXL Compact, NXL HVAC и NXS.

### Энергосбережение на практике

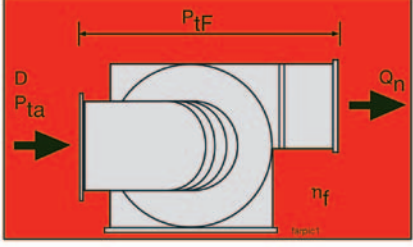
Как уже говорилось выше, при оценке затрат и времени амортизации следовало бы учитывать экономию энергии в результате применения ПЧ. Ценную помощь при оценке эффективности капиталовложений в ПЧ могут оказать программы Honeywell для расчета потенциала экономии в вентиляторах и насосах. Эти программы опираются на сравнительный анализ наиболее употребительных традиционных методов регулирования, таких как регулирование объемного расхода с помощью дроссельных заслонок для вентиляторов или клапанов, и регулирование включением/выключением в насосах. На рис. 7 показан исходный экран калькулятора Honeywell расчета экономии для случая вентиляторов.

## Энергетическая эффективность...

... благодаря приводам с регулируемой скоростью вращения, оснащенным преобразователями частоты

**Fan Drive Savings Calculator v. 2.0**

Use the calculators on the left to determine (and print) savings for variable speed drive vs. other type of regulation methods.



Calculators:

**Initial data needed**

D	Gas density (kg/m <sup>3</sup> )
Qn	Nominal volume flow (m <sup>3</sup> /s) of the fan
ptF	Rated total pressure increase (Pa)
pta	Abs. static pressure at suction inlet (Pa)
np	Nominal efficiency of the fan
nm	Nominal efficiency of the motor
nt	Nominal efficiency of the transmission
nVSD	Nominal efficiency of the frequency converter
Tk	Total operating time (h) per year
	Currency and price of electricity
Tl	Run times (%) of Tk at different flow rates

Рис. 7. Калькулятор Honeywell расчета экономии для приводов вентиляторов

### Энергосбережение в применениях вентиляторов

В этом примере показан расчет энергосбережения для типичного радиального вентилятора 5,5 кВт нагнетания воздуха; приведено сравнение метода регулирования расхода посредством дроссельных заслонок и регулирование скорости вращения с помощью ПЧ Honeywell.

Для расчета, прежде всего, требуются следующие данные:

- **Характеристики поступающего газа:** для применений ОВК здесь можно указать стандартные значения, так как речь идет об обеспечении циркуляции воздуха.
- **Характеристики вентилятора:** значения номинального объемного расхода и номинального повышения давления, указанные в техническом паспорте вентилятора.
- **Эффективность:**
  - По возможности следует использовать реальные значения; при их отсутствии хорошую оценку можно получить, используя стандартные значения.
  - Предлагаемый вентилятор оснащен непосредственным приводом, КПД передачи которого приближается к 1.
  - КПД преобразователей частоты Honeywell обычно равен 0,98.

## Энергетическая эффективность...

... благодаря приводам с регулируемой скоростью вращения, оснащенным преобразователями частоты

- В качестве стоимости энергии следует указать фактическую цену с тем, чтобы получить как можно более точную калькуляцию.
- При этом всегда дается оценка количества рабочих часов в году. Этот расчет проводится в предположении 80% использования с типичными эксплуатационными циклами для оборудования подготовки воздуха.
- Под разностью затрат при этом понимается разность между оценками затрат для системы с ПЧ и системы с дроссельными заслонками данного размера.

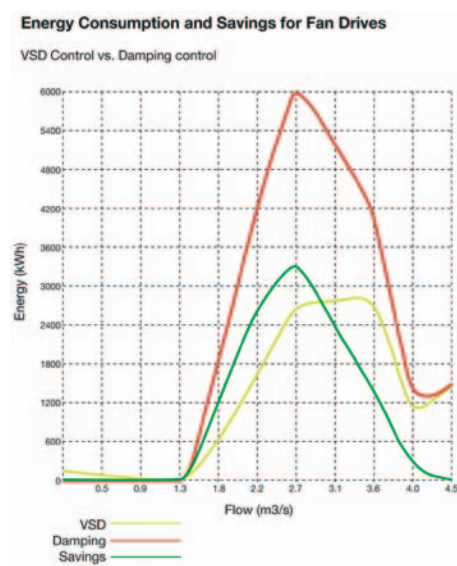


Рис. 8. Расчет экономии энергии для вентилятора 5,5 кВт с помощью калькулятора энергосбережения Honeywell

**Расчет дает годовой потенциал энергосбережения при затратах на энергию в размере 992 евро и времени амортизации 0,65 года при инвестировании в систему ПЧ.**

**Экономия затрат при применении маломощных ПЧ в насосном оборудовании**

Ниже представлен оценочный расчет для сравнения капиталовложений для насосной системы, подключаемой непосредственно, и насосной системы с ПЧ-регулированием.

**Альтернатива 1**, насос с непосредственным подключением DOL (Direct Online):

Насос и двигатель (~3 кВт)	1000 евро
Инсталляция	1000 евро
Общие затраты DOL:	2000 евро
Энергопотребление за 15 лет	
Потребление с DOL	394 200 кВтч
<b>Затраты на энергию с DOL (0,09 евро/кВтч)</b>	<b>35 478 евро</b>



## Энергетическая эффективность...

... благодаря приводам с регулируемой скоростью вращения, оснащенным преобразователями частоты

### Альтернатива 2, решение с ППЧ:

Насос и двигатель (~3 кВт)	1000 евро
ППЧ	800 евро
Инсталляция	1200 евро
Общие затраты с ППЧ	3000 евро
Потребление энергии за 15 лет (при оценке энергосбережения 30%)	
Потребление с ППЧ	275 940 кВтч
<b>Затраты на энергию с ППЧ (0,09 евро/кВтч)</b>	<b>24 834 евро</b>

<b>Энергосбережение за 15 лет</b>	<b>118 260 кВтч</b>
<b>Экономия затрат на энергию за 15 лет:</b>	<b>10 643 евро</b>
<b>Годовая экономия затрат на энергию:</b>	<b>709 евро</b>

### Резюме

Идея применения преобразователя частоты для регулирования скорости вращения лопастных механизмов, таких как насосы, вентиляторы и компрессоры, не нова. Однако новые технологии в этой области сделали эту альтернативу еще более привлекательной в связи с незначительными сопутствующими затратами. Применение электродвигателей с переменной скоростью вращения в системах ОВК обеспечивает большой потенциал энергосбережения. Поэтому данная технология может внести существенный вклад в части выполнения международных соглашений и стандартов в области политики энергосбережения и снижения выбросов CO<sub>2</sub>.

Автор: Томи Ристимяки  
Менеджер по продукции

### Automation and Control Solutions

Honeywell GmbH  
Böblinger Straße 17  
D-71101 Schönaich/Germany  
Tel. 07031 637 01  
Fax 07031 637 493  
<http://ecc.emea.honeywell.com>

**Honeywell**