



ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА

Теория и практика



Группа Компаний «ЭПК»

Швалёв Леонид Вячеславович

Руководитель направления «Частотные преобразователи»



ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ

Энергосбережение –
снижение потерь в
потребителях

Основной
потребитель –
электродвигатели

**ОСНОВНАЯ ЭКОНОМИЯ –
НА ЭЛЕКТРОПРИВОДЕ**





ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ЧАСТОТЫ



НЕДОСТАТОК –
НЕУПРАВЛЯЕМ

Асинхронный двигатель –
90% всего парка
электропривода

Самые частые применения:

- ✗ Насос
- ✗ Вентилятор
- ✗ Подъёмник

РЕШЕНИЕ – ЧАСТОТНЫЙ
ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ





ПРОБЛЕМА РЕГУЛИРОВАНИЯ

Электропривод центробежного насоса.

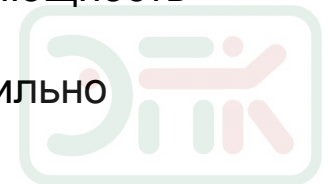
Причина потерь - необходимость регулировать производительность

Дросселирование - изменением гидравлического сопротивления сети задвижками. Снижается производительность, уменьшается мощность на выходе насоса, т. е. полезная мощность.

Увеличение гидравлического сопротивления сети приводит к увеличению момента на валу двигателя - увеличению потребляемой мощности.

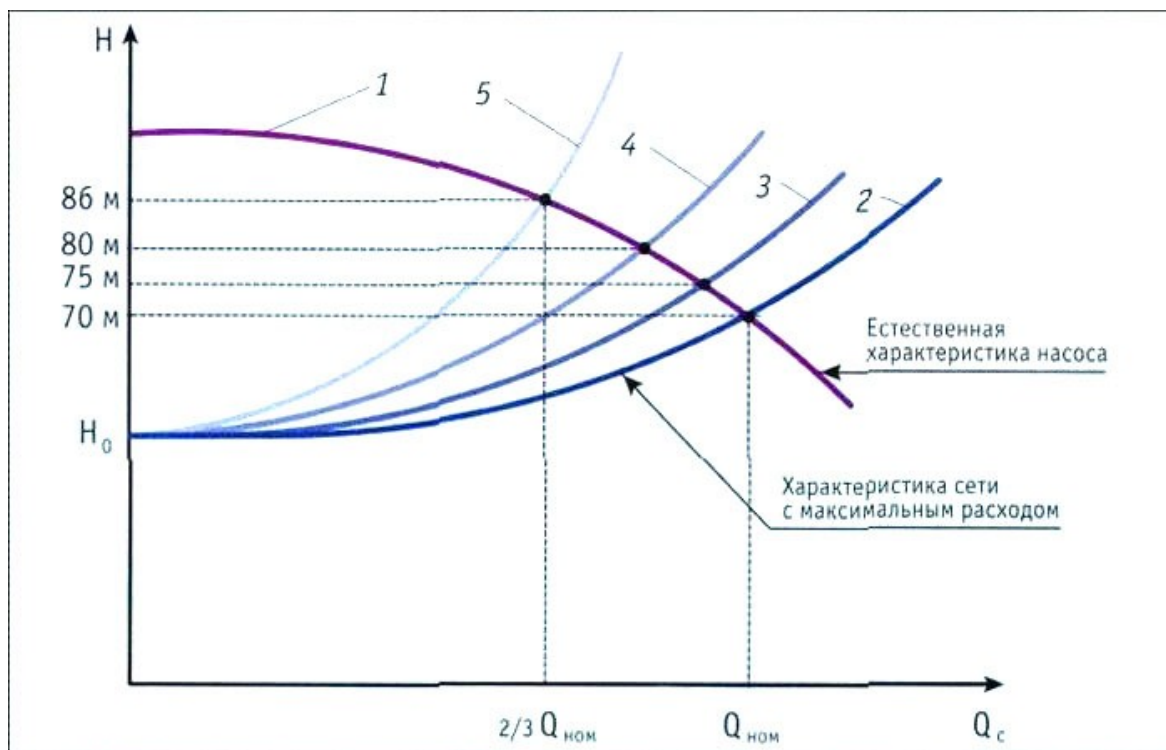
Таким образом, регулирование дросселированием приводит к значительному снижению КПД насосного агрегата.

Особенности выбора электродвигателя привода насоса. При закрытии задвижки потребляемая мощность увеличивается, следовательно, требуемая мощность двигателя определяется из расчета при работе с минимальной производительностью. При работе на открытую задвижку двигатель сильно недогружен, что приводит к снижению КПД двигателя.



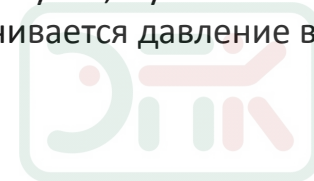


ХАРАКТЕРИСТИКИ НАСОСНОГО АГРЕГАТА И СЕТИ БЕЗ РЕГУЛИРОВАНИЯ ДАВЛЕНИЯ



Кривая 1 соответствует напорной характеристике насосного агрегата, а кривая 2 — гидравлической характеристике сети, где H_0 — требуемый статический напор сети. Точка пересечения этих характеристик является идеальной расчетной точкой совместной работы насосного агрегата и сети — $Q_{ном}$

При изменении расхода в сети меняется и её гидравлическая характеристика — линии 3-5. Соответственно будут сдвигаться точки пересечения характеристик. Как видно из рисунка, с уменьшением расхода увеличивается давление в сети.



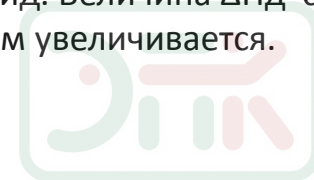


ХАРАКТЕРИСТИКИ НАСОСНОГО АГРЕГАТА И СЕТИ С ДРОССЕЛЬНЫМ РЕГУЛИРОВАНИЕМ



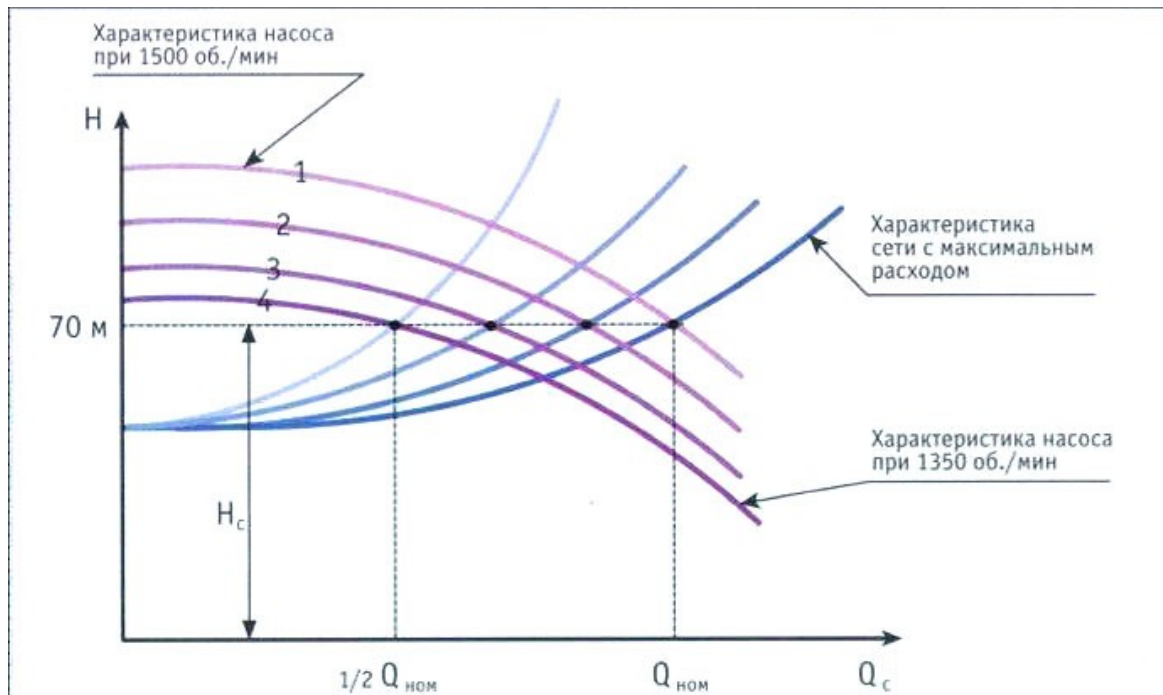
Такой характер взаимосвязи параметров требует установки в системе дроссельных регулирующих. Эти элементы создают дополнительное сопротивление и позволяют обеспечить стабильное давление в сетевом трубопроводе. Изменение напора показано на рис. где — падение напора на дроссельном элементе ΔH_d

Для поддержания заданного давления при изменении расхода жидкости приходится изменять гидравлическое сопротивление регулирующего элемента. При этом общая гидравлическая характеристика будет иметь более крутой вид. Величина ΔH_d с таким регулированием увеличивается.

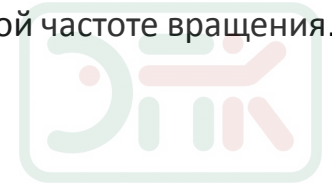




ХАРАКТЕРИСТИКИ НАСОСНОГО АГРЕГАТА И СЕТИ С ЧАСТОТНЫМ РЕГУЛИРОВАНИЕМ

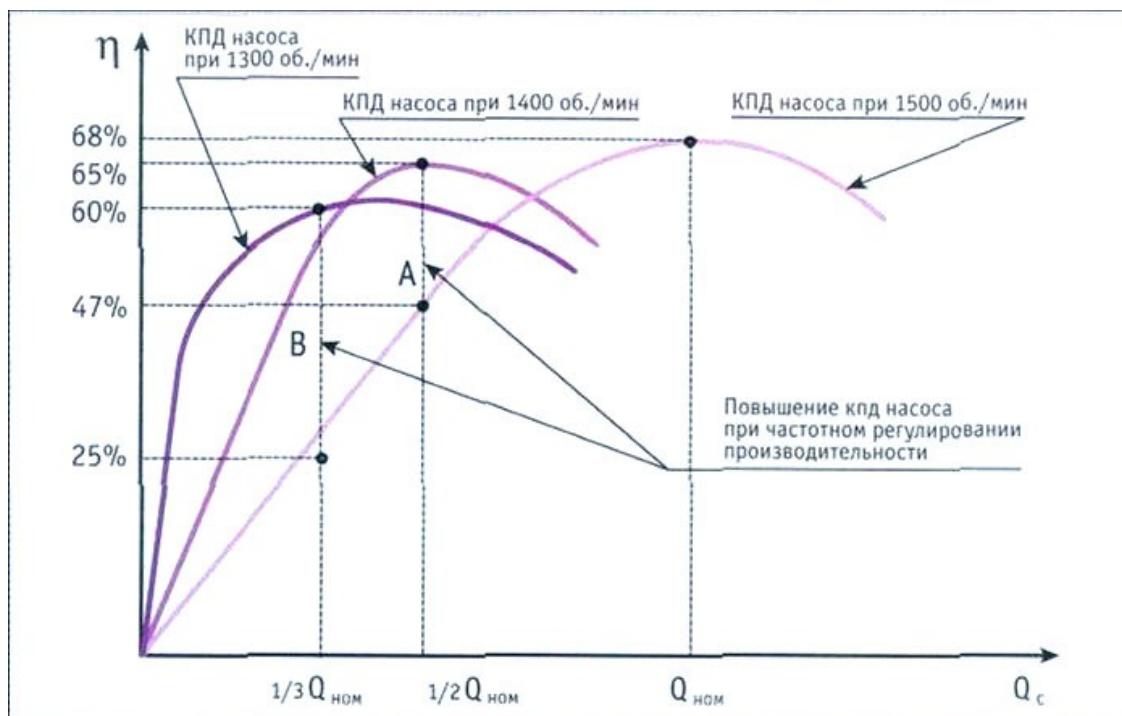


Для решения задачи минимизации потерь необходимо полностью открыть всю запорно-регулирующую арматуру. Это можно сделать, если процесс регулирования давления передать насосному агрегату. Теория работы насосов и вентиляторов доказывает, напор, создаваемый нагнетателем, пропорционален квадрату частоты вращения агрегата. Изменение напорных характеристик насосного агрегата иллюстрирует рис. , на котором кривая 1 соответствует номинальной напорной характеристике, а кривые 2-4 — напорным характеристикам при пониженной частоте вращения.





ИЗМЕНЕНИЕ КПД НАСОСНОГО АГРЕГАТА С ЧАСТОТНЫМ РЕГУЛИРОВАНИЕМ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ



Характер изменения коэффициента полезного действия насоса $H\eta$ в зависимости от расхода жидкости при различных частотах вращения представлен на рис. 5.





ОСНОВНЫЕ ЗАВИСИМОСТИ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИЕ ЭНЕРГЕТИКУ НАСОСОВ

- ✗ Мощность, потребляемая насосом:
- ✗ $P = (Q * H * 9.81) / \text{КПД}$, кВт, (1)
- ✗ Q - производительность, м³/с;
- ✗ H - высота напора
- ✗ Изменение основных параметров работы насосного агрегата при изменении скорости вращения рабочего колеса насоса ("формулы подобия"):
- ✗ $P_1 / P_2 = n_1^3 / n_2^3$ (2)
- ✗ $H_1 / H_2 = n_1^2 / n_2^2$ (3)
- ✗ $Q_1 / Q_2 = n_1 / n_2$ (4)
- ✗ n - число оборотов вала рабочего колеса в мин;
- ✗ P - мощность, потребляемая насосом, кВт;
- ✗ H - напор, создаваемый насосом, м вод. столба;
- ✗ Q - производительность насоса, м³/с.
- ✗ Мощность, потребляемая приводным двигателем, Вт при известном его токе:
- ✗ $P_d = 1,73 * I_d * U * \cos \Phi$ (5)
- ✗ I_d - ток фазы двигателя, А;
- ✗ U - напряжение двигателя, В;
- ✗ Cos Φ - коэффициент мощности двигателя.





ПОЛУЧЕНИЕ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ РАСЧЕТА

Параметр	Значение
Мощность насоса, кВт	
КПД насоса, %	
Напор насоса, м	
Подача насоса, м³/ч	
Мощность двигателя, кВт	
Ток двигателя, А	
КПД двигателя, %	
$\cos \varphi$ двигателя, о.е.	

Таблица 1. Паспортные (номинальные) данные насоса и его приводного двигателя

Измеряемый параметр	Мощность P_{min} , кВт, или ток I_{min} , А
Средство измерения	Ваттметр, амперметр или счетчик электроэнергии

Таблица 2. Результаты замеров при полностью закрытой напорной задвижке

Измеряемый параметр	Мощность P_{max} , кВт, или ток I_{max} , А	Расход воды Q_{max} , м³/ч
Средство измерения	Ваттметр, амперметр или счетчик электроэнергии	Расходомер

Таблица 3. Результаты замеров при полностью открытой напорной задвижке





ПОТРЕБЛЯЕМАЯ МОЩНОСТЬ ПРИ ЧАСТОТНОМ РЕГУЛИРОВАНИИ И ДРОССЕЛИРОВАНИИ

- ✗ Для потребляемой мощности при дросселировании :
- ✗ $P_{\text{дрос}} = P_{\text{min}} + (P_{\text{max}} - P_{\text{min}}) * (Q/Q_{\text{max}})$ (6)
- ✗ Для потребляемой мощности при частотном регулировании :
- ✗ $P_{\text{чрп}} = P_{\text{max}} * (Q/Q_{\text{max}})$ (7)

Зависимость потребляемой мощности при дросселировании $P_{\text{дрос}}$ от относительного расхода Q/Q_{max} (Q - текущий расход, Q_{max} - максимальный расход, указанный в таблице 3) получается на графике соединением точек P_{max} и P_{min} прямой линией, зависимость потребляемой мощности при использовании ЧРП $P_{\text{чрп}}$ от относительного расхода Q/Q_{max} получается при вычислении выражения (7) с подстановкой в него измеренной ранее величины P_{max} и нескольких значений Q/Q_{max} (например, от 0 до 1 с шагом 0,25).

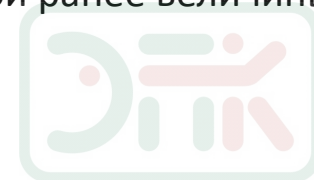




ГРАФИК ПОТРЕБЛЯЕМОЙ МОЩНОСТИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РАСХОДА

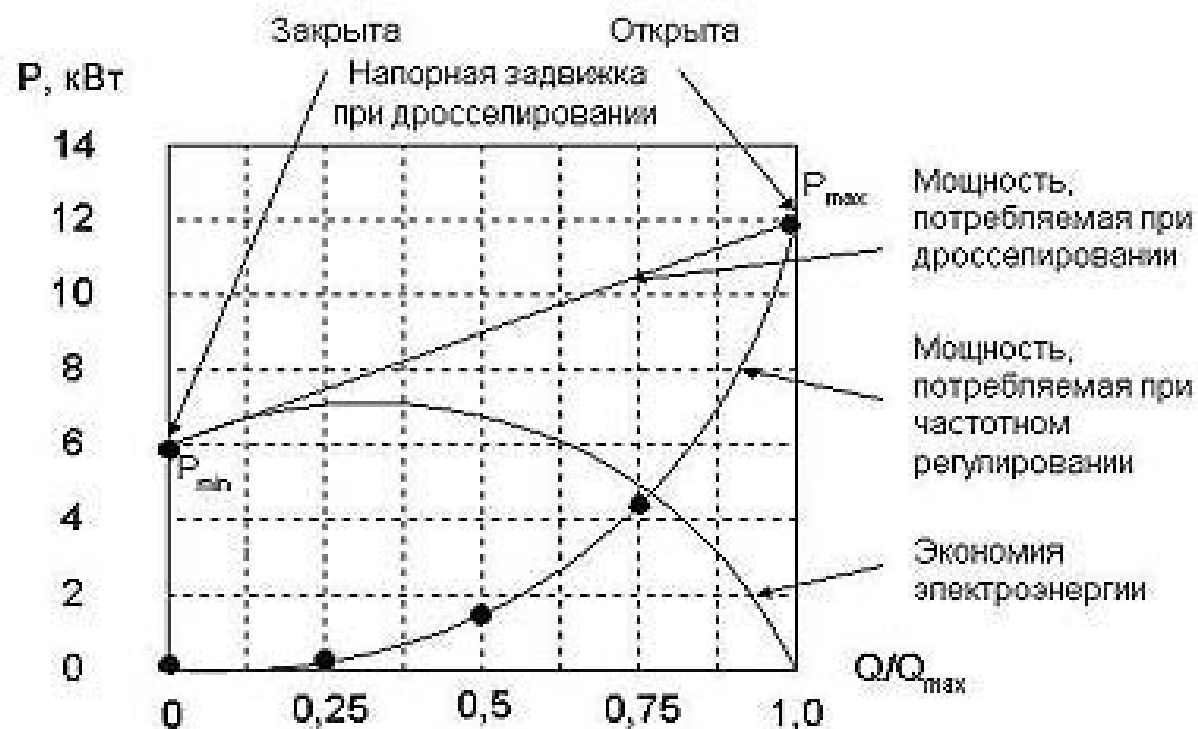


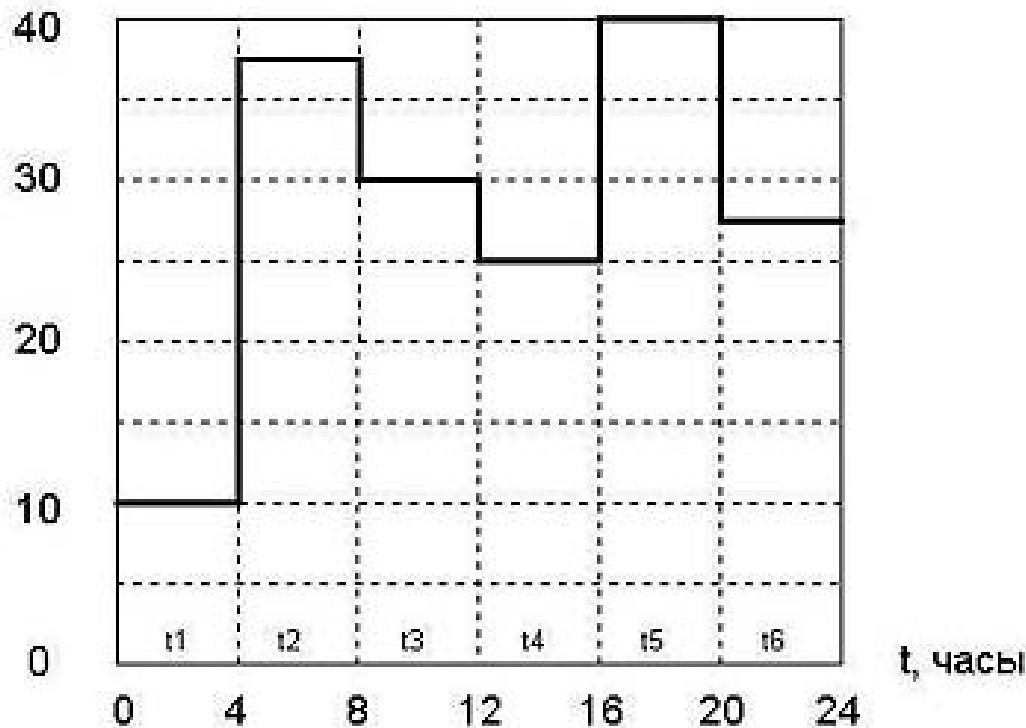
Рис. 1. Потребление мощности при различных способах регулирования скорости вращения насосов





ГРАФИК РАСХОДА ВОДЫ

$Q, \text{ м}^3/\text{час}$



Для получения информации о загрузке насоса определяется график его работы по периодам времени с приблизительно одинаковой нагрузкой (расходом воды).

Рис. 2. Суточный график расхода воды по результатам замеров (6 временных отрезков)





Служебная записка

16 октября 2009 года в котельной №3 п.Старая Вичуга на водогрейном котле установлены частотные регуляторы на пылесосе и вытяжном вентиляторе.

Стоимость оборудования и частотных регуляторов составляет 70т.руб

Расчет экономического эффекта:

Потребление электроэнергии в октябре 2008г – 17,4 т.квт.ч

Потребление электроэнергии в октябре 2009г – 14,7 т.квт.ч

Экономия 2,7 т.квт.ч *4,5руб = 12,2 т.руб в месяц..

Потребление электроэнергии в ноябре 2008г -16,7т.квт.ч

Потребление электроэнергии в ноябре 2009г -14,7т.квт.ч

Экономия 2,0 т.квт.ч *4,5руб = 9,0 т.руб в месяц.

Потребление электроэнергии в декабре 2008г -17,4т.квт.ч

Потребление электроэнергии в декабре 2009г -14,7т.квт.ч

Экономия 2,7 т.квт.ч *4,5руб = 12,2 т.руб в месяц.

Потребление электроэнергии в январе 2009г -18,0т.квт.ч

Потребление электроэнергии в январе 2010г -14,3т.квт.ч

Экономия 3,7 т.квт.ч *4,5руб = 16,6 т.руб в месяц

Потребление электроэнергии в феврале 2009г -18,0т.квт.ч

Потребление электроэнергии в январе 2010г -13,4т.квт.ч

Экономия 2,5 т.квт.ч *4,5руб = 11,3 т.руб в месяц

Потребление электроэнергии в марте 2009г -18,0т.квт.ч

Потребление электроэнергии в марте 2010г -15,4т.квт.ч

Экономия 2,6 т.квт.ч *4,5руб = 11,7 т.руб в месяц

Экономия электроэнергии от внедрения частотных регуляторов за шесть месяцев составила - 73,0тыс.рублей.

За 6 месяцев затраты на установку частотных регуляторов окупились полностью.

Инженер энергетик

Седов А.А.





г. Зеленоград
ПУ "Зеленоградводоканал"
14.11.2002

ОТЗЫВ

о результатах работы преобразователя частоты
фирмы "Электроника Сантерно", Италия.

14 октября 2002 года на регулирующем водопроводном узле № 6 был установлен и запущен в опытную эксплуатацию преобразователь частоты Sinus IPDV 400 T 200 модели мощностью 200 кВт. Регулируемый электропривод на базе насосного агрегата № 2, насос Д-800-57, электродвигатель АОЗ-315-М4 УЗ мощность 200 кВт, 1500 об/мин. Опыт работы преобразователя показал, что все предварительные исследования по применению энергосберегающих технологий в части применения преобразовательной техники в системах водоснабжения города полностью подтвердились и дали положительные результаты.

Оснащение системы водоснабжения преобразователем частоты позволяет:

- отказаться от дроссельного регулирования давления воды в системе водоснабжения и перейти к автоматическому поддержанию давления за счет регулирования числа оборотов двигателя насосного агрегата;

- снизить энергозатраты для поддержания необходимого давления в системе;
- уменьшить нагрузку на электросеть, а также увеличить срок службы механических узлов двигателей и насосов. Плавное нарастание давления исключило гидравлические удары на водопроводных сетях, что привело к значительному уменьшению аварийности;
- исключить из технологического процесса применение дублирующих двигателей малой мощности, а также отказаться от работы с задвижкой;
- в номинальном режиме повысить частоту вращения электродвигателя с уменьшением тока, вследствие чего уменьшился износ подшипников.

Изменение потребления электроэнергии при внедрения преобразователя частоты, определенное путем замеров:

- среднесуточный расход электроэнергии при работе без преобразователя частоты: 4346,0 кВт.ч;
- среднесуточный расход электроэнергии при работе с преобразователем частоты: 3784,0 кВт.ч;

т.е. среднесуточная экономия электроэнергии составила 562,0 кВт.ч, или 13%.

Годовая расчетная экономия электроэнергии за год при внедрении преобразователя частоты составит 205130 кВт.ч, или в денежном выражении 1,02 руб./кВт.ч x 205130 кВт.ч = 209232 руб.

Кроме того, снизились затраты, связанные с эксплуатацией водопроводных сетей и насосной станции.

Достиженная экономия только по электроэнергии позволяет определить срок окупаемости преобразователя частоты при существующих тарифах на электроэнергию на уровне двух лет.

За время эксплуатации преобразователя частоты сбоев в его работе и работе подконтрольного насосного агрегата замечено не было. Графики работы регулируемого эл. привода прилагаются.

Приложение на 2 листах.

Учитывая показатели работы регулируемого электропривода на базе преобразователя частоты комиссия считает целесообразным рассмотреть вопрос о его закупке согласно коммерческого предложения.

Заместитель начальника –
главный инженер

Главный специалист

Начальник отдела автоматизации

Главный энергетик

Начальник ЦВНС

В.А. Курьянов

И.И. Глуховский

А.С. Чекумарев

В.И. Дерябин

А.В. Перов





Российская Федерация
Администрация
Муниципального образования
«Выборгский район
Ленинградской области»

МУНИЦИПАЛЬНОЕ
УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ
«ТЕПЛОВЫЕ СЕТИ»

188900, г. Выборг, ул. Сухова, 2.
Телефоны: 214-83, 265-87, 207-07.
Телефакс: 241-11, 259-27.
E-mail: teplo@vbg.ru

ОТЗЫВ

о результатах работы преобразователя частоты.

В период с 12 августа по 10 ноября 2004 года на котельной теплосети г. Выборг было установлено 12 преобразователей частоты серии Sinus K и два устройства плавного пуска серии ASA

Преобразователи частоты были установлены на тягодутьевых механизмах котлов ДКВР и ПТВМ, а также на насосном оборудовании.

Опыт работы преобразователей показал, что все предварительные исследования по применению энергосберегающих технологий в части применения преобразовательной техники полностью подтвердились и дали положительные результаты.

За три месяца эксплуатации получены следующие данные:

удельный расход электроэнергии на выработку 1 Гкал снизился на 38 %.

Кроме того, применение преобразователей частоты позволило:

- отказаться от дроссельного регулирования давления воды в системе водоснабжения, а также давления и разрежения в котлах и перейти к автоматическому поддержанию параметров за счет регулирования числа оборотов двигателей агрегатов;

- уменьшить нагрузку на электросеть, а также увеличить срок службы механических узлов двигателей и агрегатов. Плавное нарастание давления исключает гидравлические удары в трубопроводе, что привело к снижению аварийности;

- снизить частоту вращения электродвигателей, вследствие чего уменьшился износ двигателей и механизмов.

Кроме того, снизились затраты, связанные с эксплуатацией оборудования, за счет увеличения межремонтного периода.

В дальнейшем планируется оснащение аналогичным оборудованием других объектов МУП «Тепловые сети».



Директор

Мануйлов А.Ф.



ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ПРЕИМУЩЕСТВА

При принятии решения о целесообразности внедрения ЧРП следует учитывать, что кроме экономического эффекта от экономии электроэнергии применение ЧРП дополнительно обеспечивает следующее:

- ✗ снижается износ запорной арматуры, т.к. большую часть времени задвижки полностью открыты;
- ✗ большую часть времени насосы работают при пониженных давлениях, что снижает утечки в системе водоснабжения;
- ✗ снижается износ коммутационной аппаратуры, т.к. ее переключения происходят при отсутствии тока;
- ✗ снижается износ подшипников двигателя и насоса, а также крыльчатки за счет плавного изменения числа оборотов, отсутствия больших пусковых токов;
- ✗ уменьшается опасность аварий за счет исключения гидравлических ударов;
- ✗ обеспечивается одновременная защита двигателя от токов короткого замыкания, замыкания на землю, токов перегрузки, неполнофазного режима, недопустимых перенапряжений;
- ✗ снижается уровень шума, что особенно важно при расположении насосов вблизи жилых или служебных помещений;
- ✗ упрощается дальнейшая комплексная автоматизация объектов системы водоснабжения.



Группа Компаний «ЭПК»

г. Санкт-Петербург

Лифляндская д.6, лит. М

+7 (812) 7473080 (81, 82, 83)

+7 (812) 7473503 fax

leonid@elpk.ru

www.elpk.ru

