

**Технико-экономическое обоснование
применения Тиристорного преобразователя частоты
типа ТПЧ-6/1600-3 УХЛ4.2
для привода насосов типа ЦНС-240х1900 2ТМ на КНС
ОАО «ГАЗПРОМНЕФТЬ-ННГ»**

*Применение системы ТПЧ позволяет сократить потребление
электроэнергии*

Принцип экономии электроэнергии

В обычном варианте (без применения частотных преобразователей ТПЧ) насос получает питание непосредственно от электросети. Уменьшение расхода перекачиваемой жидкости, осуществляется методом дросселирования (изменением угла положения заслонок). При этом насос постоянно работает в режиме потребления номинальной мощности. При дросселировании энергия потока вещества, сдерживаемого заслонкой, просто теряется, не совершая никакой полезной работы. Такая система экономически неэффективна, так как приводит к чрезмерному расходу электроэнергии. В случае применения частотного преобразователя, появляется возможность плавного управления скоростью вращения электропривода насоса, а, значит, и обеспечения расхода перекачиваемой жидкости, не превышающего заданного значения. Используя датчик расхода и давления, ТПЧ будет обеспечивать необходимый расход перекачиваемой жидкости. Снижение расхода приведет к уменьшению мощности, потребляемой насосным агрегатом. При применении частотного привода в насосных установках реально снижение среднего расхода воды на 12-14%, а расход электроэнергии - на 30-40%.

Ниже по тексту приведено техническое предложение и расчет экономической эффективности внедрения ТПЧ производства АО «Ансальдо-ВЭИ» для частотного регулирования привода насосов типа ЦНС-240/1900 2ТМ, установленных на КНС ОАО «ГАЗПРОМНЕФТЬ-ННГ».

Описание насосов ЦНС-240/1900 2ТМ



Рис.1

Насосы типа ЦНС-240/1900 2ТМ (см. рис.1) применяются для перекачки технологической жидкости плотностью 1013 кг/м^3 в общий коллектор на КНС ОАО «ГАЗПРОМНЕФТЬ-ННГ». В настоящее время на всех КНС применяется нерегулируемый синхронный электропривод типа СТД-1600 ($P_{ном}=1600 \text{ кВт}$, $U_{ном}=6\text{кВ}$, $I_{ном}=178\text{А}$, $\text{КПД}=0.97$, $\cos\phi=0.9$, $n=3000 \text{ об./мин.}$). Прямой пуск приводит к значительным перегрузкам на электродвигателях из-за больших и продолжительных пусковых токов.

Графики зависимости напора (H , м. вод. столб.), потребляемой мощности (P , кВт) и КПД (η) насоса от производительности (Q , $\text{м}^3/\text{час}$), полученные при испытаниях насоса типа ЦНС-240/1900 2ТМ приведены на рис.2-4.

Зависимости были сняты при следующих условиях:

- скорость вращения статора электродвигателя $n=3000 \text{ об./сек}$,
- плотность перекачиваемой жидкости $\rho=998,2 \text{ кг/м}^3$,
- температура окружающей среды $T=20 \text{ }^\circ\text{C}$.

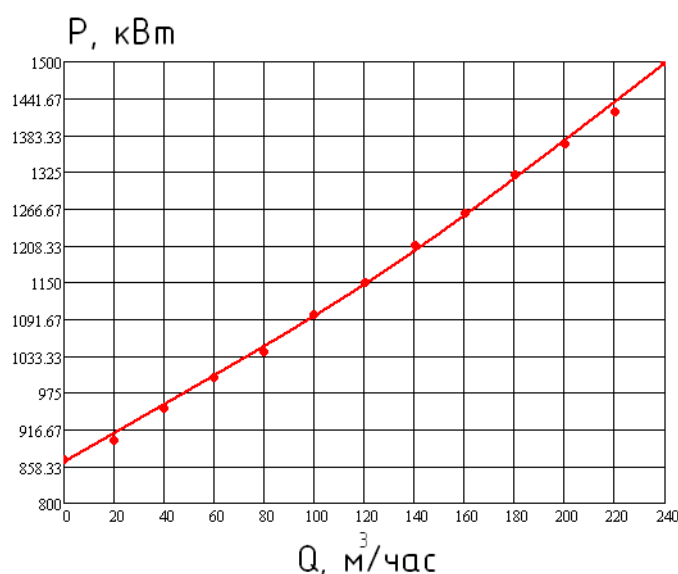


Рис.2 График зависимости мощности, потребляемой насосом от его производительности

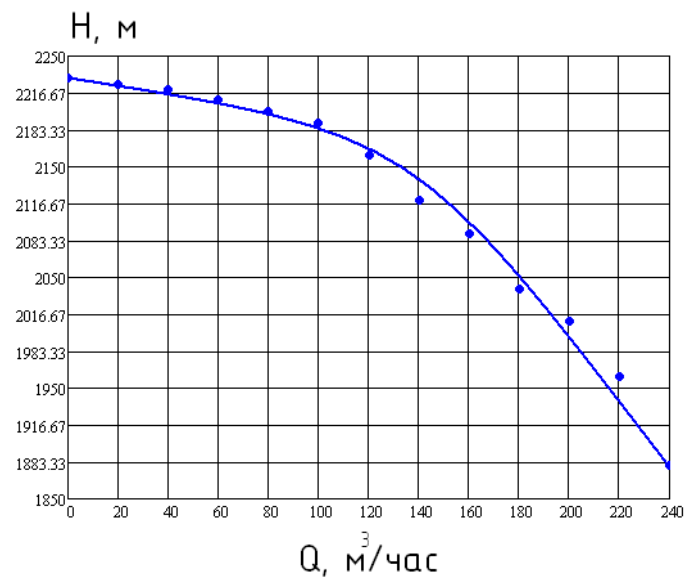


Рис.3 Напорная характеристика насоса

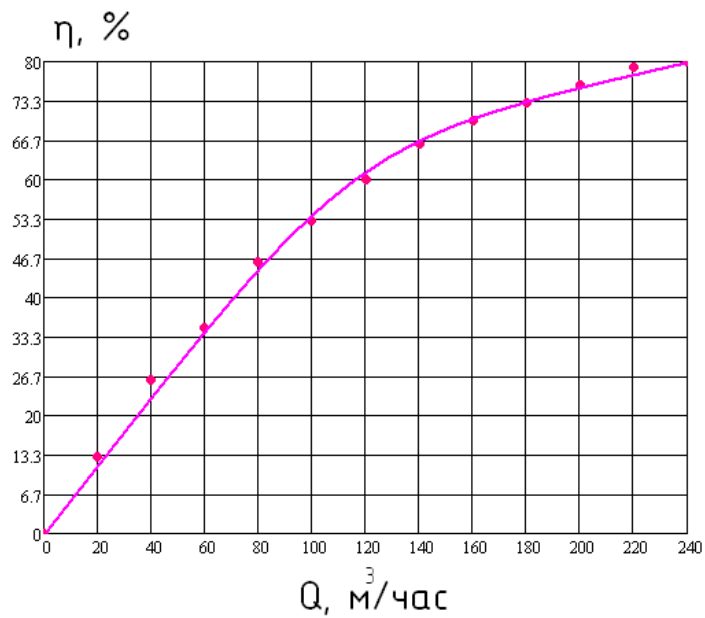


Рис.4 Зависимость КПД насоса от производительности

ТЕХНИЧЕСКОЕ ПРЕДЛОЖЕНИЕ

НАЗНАЧЕНИЕ И СХЕМА ТПЧ

Тиристорный преобразователь частоты типа ТПЧ-6/1600-3 УХЛ4.2 (далее - ТПЧ) предназначен для управления электроприводом типа СТД-1600 ($P_{ном}=1600$ кВт, $U_{ном}=6$ кВ, $I_{ном}=178$ А, $\text{КПД}=0.97$, $\cos\varphi=0.9$, $n=3000$ об./мин.) насосов типа ЦНС 240/1900 2ТМ, установленных на КНС ОАО «ГАЗПРОМНЕФТЬ-ННГ», и обеспечивает:

- плавный пуск электродвигателей 3-х насосных агрегатов типа ЦНС 240/1900 2ТМ;
- непрерывное регулирование частоты вращения одного двигателя для поддержания контролируемого параметра (производительности насоса) в соответствии с сигналами от ЦПУ.

В зависимости от технологического цикла и графика нагрузки может требоваться разный диапазон изменения скорости вращения регулируемого двигателя, поэтому конструктивно ТПЧ могут быть выполнены по 6-ти или 12-ти пульсной схеме преобразователя выпрямитель-инвертор со звеном постоянного тока.

Использование 6-пульсной схемы ТПЧ (рис.5):

При работе ТПЧ наличие высших гармоник в токе статора вызывает дополнительный нагрев обмоток двигателя, что требует ограничения его мощности. Поэтому применение данной схемы возможно в следующих случаях:

1. Максимальная мощность на валу двигателя в длительном режиме не превышает 80% от номинала.
2. При необходимости использовать двигатель на 100% мощности возможно построение 2-х ступенчатой схемы регулирования:
 - I-ступень: плавное регулирование частоты вращения двигателя в диапазоне 10...80% от номинала.
 - II-ступень: переключение на питающую сеть – 100% номинальной мощности, с возможностью последующего обратного перехода в режим плавного регулирования.

Использование 12-пульсной схемы ТПЧ (рис.6):

При необходимости обеспечения длительной работы и плавного регулирования частоты вращения обычного двигателя с номинальной мощностью в диапазоне близкой к 100% от номинального значения, ТПЧ выполняется по 12-пульсной схеме выпрямитель-инвертор с двумя трехобмоточными трансформаторами на входе и выходе. Эта схема имеет пониженное содержание высших гармоник в токе статора и сетевом токе. При этом преобразовательные мосты (выпрямитель и инвертор) выполняются на низкое напряжение, что обеспечивает лучшее использование тиристоров по току и уменьшает количество последовательно соединенных приборов. Недостатком данной схемы является удорожание стоимости преобразователя за счет наличия в схеме двух преобразовательных трансформаторов.

Применение 6-пульсной схемы ТПЧ предпочтительно, когда требуется сократить расходы на внедрение системы частотного регулирования электродвигателей насосов КНС. Причем очень часто оказывается достаточным для обеспечения требуемых технологических параметров на КНС осуществление длительного частотного регулирования в интервале не превышающем 80% номинальной мощности привода насосного агрегата.

Компания Ансальдо-ВЭИ имеет опыт разработки, внедрения и эксплуатации ТПЧ, установленного в 2005 году на КНС ОАО «Лукойл-АИК» (г.Когалым) и успешно функционирующий до настоящего времени. Статья, посвященная вводу в эксплуатацию ТПЧ ОАО «Лукойл-АИК» прилагается к данному документу.

Измерения качества электроэнергии, проведенные аттестованной лабораторией на подстанции ОАО «Лукойл-АИК», выявили наличие на силовых шинах, питающих ТПЧ, повышенный уровень гармонических составляющих тока, который, однако, не приводит к серьезным нарушениям энергоснабжения подстанции КНС. Качество электроэнергии может быть улучшено за счет установки на шины 6 кВ фильтро-компенсирующих цепей, которые служат для фильтрации токов высших гармоник и одновременно являются источником реактивной мощности. Стоит также отметить, что по настоящий день руководство ОАО «Лукойл-АИК» не предпринимает никаких мер по устранению гармонического влияния.

Обозначения:

- БПЯ - Блок питания ячеек управления тиристорами
- ВТУ - Высоковольтное тиристорное устройство
- ДН - Делитель напряжения
- ППСД - плата преобразования сигналов с датчиков
- ЛР1, ЛР2 - Линейный (токоограничивающий) реактор
- ЦПУ - Центральный пульт управления
- СД - Синхронный электродвигатель
- СР - Сглаживающий реактор
- ШВК - Шкаф высоковольтных контакторов
- ТВ - Тиристорный возбудитель
- ТПЧ - Тиристорный преобразователь частоты
- УС - Устройство сопряжения ШУ с ТВ
- QT, QP, QR - Выключатели

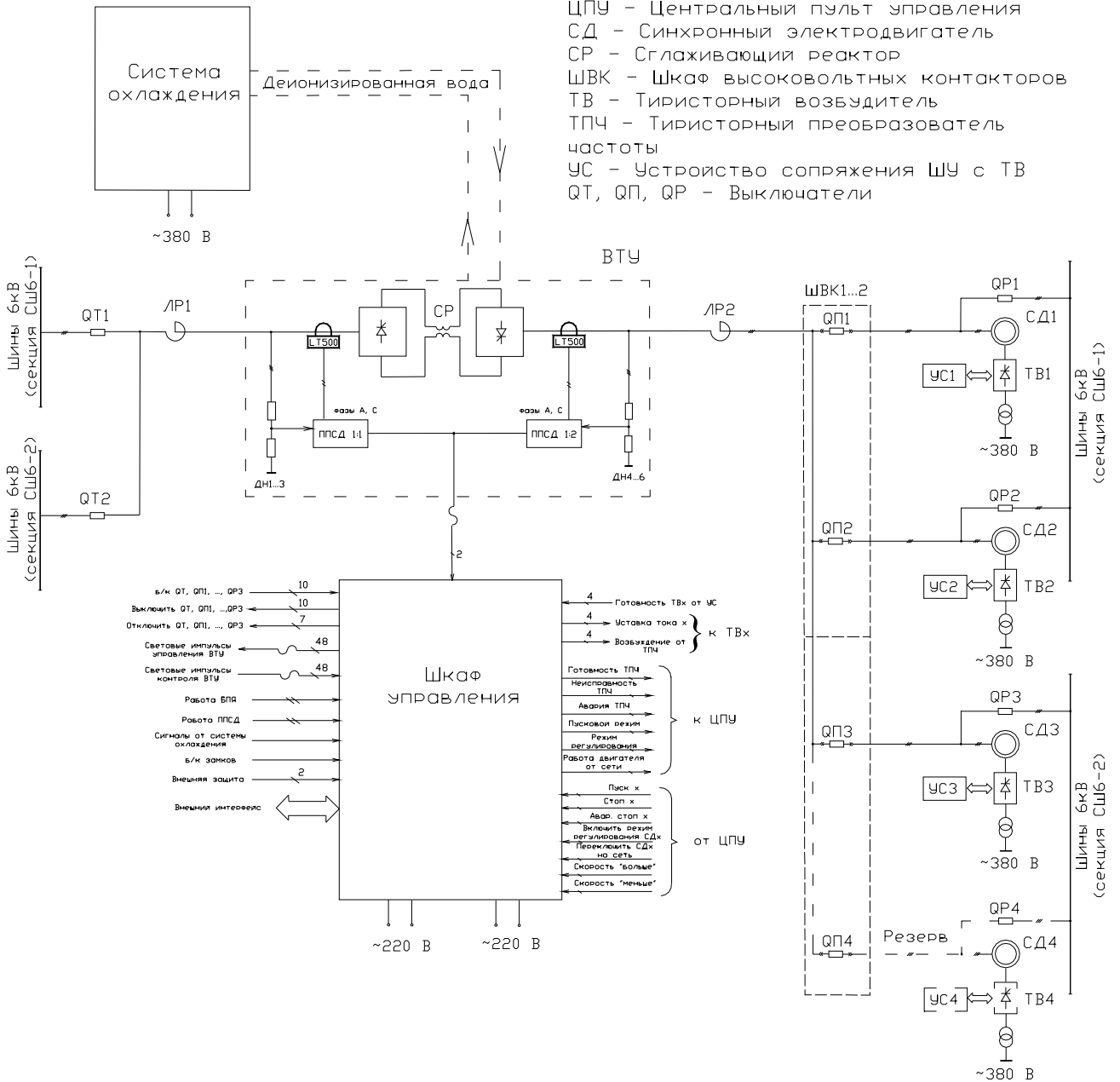


Рис.5. Однолинейная электрическая схема 6-пульсного исполнения ТПЧ-6/1600-3-6п УХЛ4.2

ОПИСАНИЕ ТПЧ

Подключение ТПЧ к питающим шинам 6 кВ осуществляется через выключатель QT. Выходное напряжение 6 кВ подключается к двигателю через выключатель QП. При необходимости двигатель может быть переключен на питание от штатных шин 6 кВ без регулирования частоты (через выключатель QR).

Непосредственное управление и защиту преобразователя выполняет шкаф управления ТПЧ (ШУ). Включение и отключение выключателей, разгон двигателя, управление штатным тиристорным возбудителем, регулирование производительности насоса выполняется ШУ ТПЧ в автоматическом режиме и не требует присутствия оперативного персонала. Дистанционное управление ТПЧ осуществляется от центрального пульта управления (ЦПУ). Регулирование частоты (производительности) может осуществляться также и в ручном режиме с лицевой панели ШУ. Управление тиристорным возбудителем (ТВ) осуществляется по частотному сигналу уставки тока возбуждения, формируемому ШУ в режиме пуска и регулирования частоты. Вся информация о текущем состоянии ТПЧ и режиме его работы передается в ЦПУ.

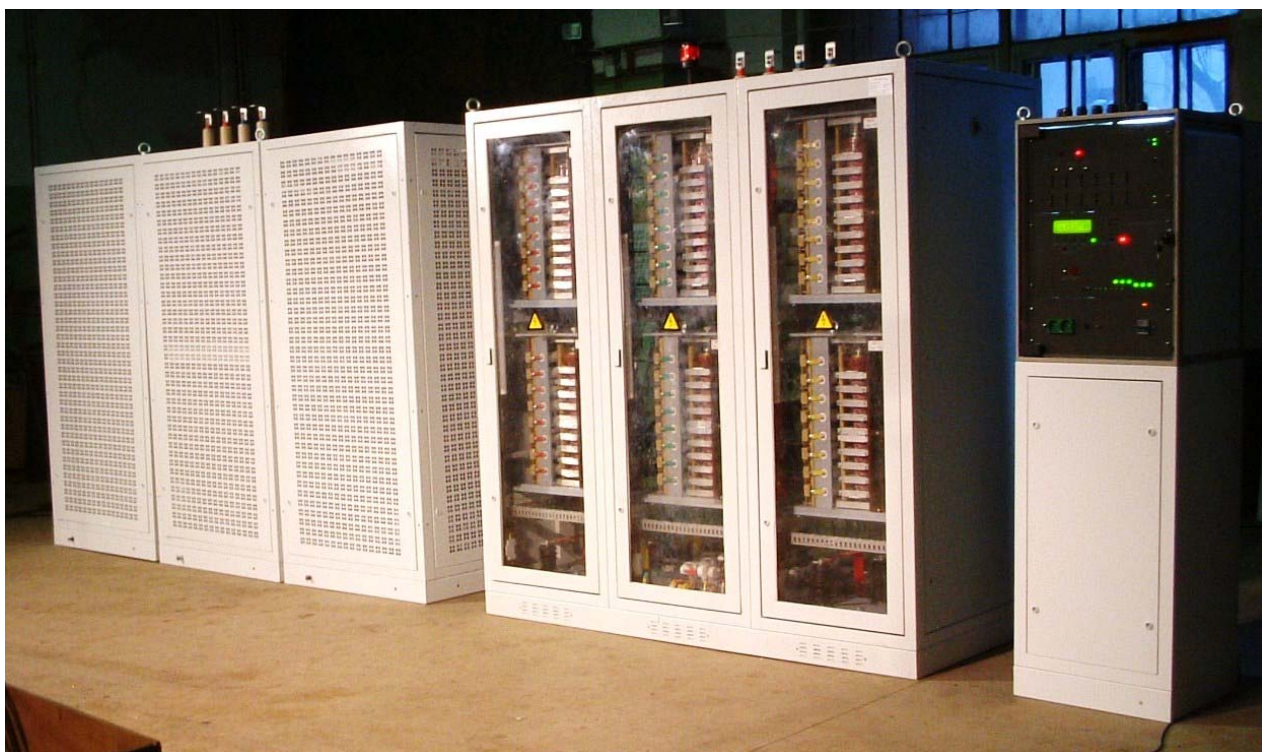


Рис.7. Фотография ТПЧ в 6-пульсном исполнении (без системы охлаждения)

Высоковольтное тиристорное устройство

ВТУ содержит два преобразовательных моста (выпрямитель и инвертор), выполненных по 6-пульсной или 12-пульсной схеме, а также ограничители перенапряжения, предохранители, измерительные датчики тока и напряжения и устройства системы светового управления. В основу ВТУ положен модульный принцип построения с питанием собственных нужд ячеек управления с потенциала земли по кабельному каналу и световой системой управления и контроля. Для достижения оптимальных конструктивных решений тиристорный модуль включает в себя два плеча преобразовательного моста, каждое из которых состоит из нескольких последовательно соединенных тиристорных ячеек, причем одна является избыточной. В каждом шкафу устанавливается один тиристорный модуль. Включение тиристоров и контроль их состояния осуществляется ячейками управления (по одной на тиристор), электрически связанными с управляемыми тиристорами. Связь ячеек управления с ШУ выполнена посредством индивидуальных волоконно-оптических световодов управления и контроля, обеспечивающих гальваническую развязку и высокий уровень помехоустойчивости. Питание ячеек управления осуществляется с потенциала земли по кабельному каналу от импульсного источника питания типа БП2. Охлаждение тепловыделяющих элементов ВТУ: тиристоров и резисторов демпфирующих цепочек, принудительное деионизованной водой от системы охлаждения. Конструктивно ВТУ реализован в виде шкафа с двухсторонним обслуживанием.

Система водяного охлаждения ТПЧ

Система водяного охлаждения обеспечивает отвод тепла от тепловыделяющих компонентов ВТУ с помощью деионизованной воды. Тепловые потери передаются в окружающую среду через внешний теплообменник вода-воздух, либо через подведенный к шкафу системы охлаждения контур технической воды. Конструктивно СО размещается в шкафу с двухсторонним обслуживанием. Все трубопроводы и другие компоненты СО изготавливаются из EPDM (этилен-полиэтилена); использование этих материалов сводит к минимуму риск коррозии и электролитической реакции, а также способствует сохранению характеристик деионизованной воды. Фотография СО приведена на рис.8.

Гидравлическая схема СО включает в себя два насоса (один - резервный), расширительный бак, ионно-обменный и механический фильтры, запорную арматуру, контрольно-измерительные приборы и устройства автоматики.

В состав КИПиА входят:

- Датчик и измеритель проводимости воды
- Датчик и измеритель расхода воды
- Датчик и измеритель давления воды
- Датчик и измеритель температуры воды

По каждому из контролируемых параметров имеется цифровой индикатор и защита с двумя уставками срабатывания (предупредительная и аварийная). Индикаторы контролируемых параметров и ключи управления насосами в ручном режиме размещены на передней двери шкафа.



Рис.8. Система охлаждения: внешний вид и вид с открытыми передними дверями.

Основные параметры системы охлаждения:

- Суммарные отводимые потери – до 50 кВт.
- Удельное электрическое сопротивление жидкости - не менее 2,0 МОм • см.
- Температура охлаждающей жидкости - не более 42°C.
- Давление внутри гидравлического контура СО – не менее 1,2 бар.

Отвод тепла осуществляется посредством агрегата воздушного охлаждения (АВО).

Шкаф управления ТПЧ

Шкаф управления ТПЧ (ШУ ТПЧ), содержит блок светового управления вентилями и систему управления, регулирования, защиты и автоматики (СУРЗА). СУРЗА - цифровая, на основе сигнального процессора ADSP-2181 (время операции 10-30 нс) и программируемой логической матрицы Xilinx "Spartan" XCS40 (244 вывода, 30 000 логических вентиляей).

Система регулирования осуществляет плавный синхронный пуск двигателя с заданным значением тока статора без использования датчика положения ротора, последующую синхронизацию с сетью по частоте и фазе и переключение на сеть с одновременным гашением тока в преобразователе. Регулирование тока возбуждения осуществляется через устройство сопряжения (УС) ШУ с тиристорным возбудителем (ТВ), которое устанавливается в стандартный тиристорный возбудитель типа ТЕ или ВТЕ.

Система защиты реализует 16 основных видов защит, обеспечивающих надежное отключение ТПЧ в аварийных ситуациях и при отказах оборудования.

Система контроля, диагностики и индикации позволяет:

- перед каждым пуском и во время работы ТПЧ производить тестирование и контроль работы отдельных узлов ТПЧ;
- на ранней стадии выявлять неисправные резервированные элементы;
- индицировать на дисплее тип сработавшей защиты и номер отказавшего устройства;
- вести протокол зафиксированных неисправностей и отказов.

Встроенная система аварийного осциллографирования обеспечивает непрерывную запись в память контроллера основных сигналов и параметров силовой схемы с возможностью

последующей передачи в ПК накопленных данных и вывода на дисплей требуемых осциллограмм до- и послеаварийных процессов.

СУРЗА имеет большой объем сервисного программного обеспечения, организованного в виде иерархического меню, которое выводится на жидко-кристаллический графический дисплей.

Главные ветви меню включают:

- автоматический вывод событий, приводящих к изменению режима системы (срабатывание защит, действия оператора и т.п.),
- просмотр параметров объекта и системы управления,
- изменение параметров системы управления и защиты,
- аварийный осциллограф.

ВТУ и ШУ выполнены в шкафном исполнении. Степень защиты шкафов IP54 по ГОСТ 14255-96.

Описание реакторного, трансформаторного и коммутационного оборудования

Линейные токоограничивающие реакторы (ЛР1 и ЛР2) содержат три однофазных сухих линейных реактора и служат для ограничения токов короткого замыкания.

Сглаживающий реактор (СР) представляет собой двухсекционный сухой реактор в сухом исполнении, с ферромагнитным сердечником и естественным воздушным охлаждением и служит для сглаживания пульсаций выпрямленного тока ТПЧ

Для удобства транспортировки, монтажа и обслуживания каждый реактор смонтирован в шкафу (ШР), предназначенном для внутренней установки. – все отдельно, как на рис.7.

Входной и выходной преобразовательные трансформаторы типа ТРСЗП-2000 6/3;3 УХЛЗ имеют одну обмотку высокого напряжения, соединенную в звезду, и две обмотки низкого напряжения с напряжением 3 кВ, соединенные по схеме звезда и треугольник, обеспечивающие 12-пульсный режим работы преобразователя. Напряжение КЗ трансформаторов обеспечивает ограничение тока КЗ в преобразователе до допустимых для выбранного типа тиристора.

Тип исполнения – сухой, с естественным воздушным охлаждением.

Шкаф вакуумных контакторов типа ШВК-6/400-2 и ШВК-6/400-1 содержит два и один, соответственно, контакторов типа CV-6HA (Toshiba) в выкатном исполнении.

Габаритные размеры оборудования ТПЧ:

- ВТУ: ширина - 2100 мм, глубина - 1000 мм, высота - 2200 мм, масса – 700 кг;
- ШР: ширина - 1200 мм, глубина - 1000 мм, высота - 2200 мм, масса - 800 кг;
- ШСО: ширина - 1000 мм, глубина - 1300 мм, высота - 2200 мм, масса - 1400 кг,
- АВО: ширина - 1200 мм, глубина - 1000 мм, высота - 1050 мм, масса - 140 кг,
- ШУ: ширина - 600 мм, глубина - 600 мм, высота - 1870 мм, масса - 80 кг,
- ШВК: ширина - 750 мм, глубина – 1100 мм, высота - 2100 мм, масса – 450 кг.

СОСТАВ ОБОРУДОВАНИЯ

В состав ТПЧ входит оборудование, приведенное в таблице 1.

Таблица 1

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во, шт.	
		6-пульсное исполнение	12-пульсное исполнение
1	Высоковольтное тиристорное устройство (ВТУ)	1	1
2	Сглаживающий реактор типа РСС-8000/10 УХЛ4 (СР)	1	1
3	Линейный токоограничивающий реактор типа РТСТ-10-200-1.3У3 (ЛР)	2	-
4	Трансформатор типа ТРСЗП-2000 6/3;3 УХЛЗ (Т)	-	2
5	Шкаф управления (ШУ)	1	1
6	Система водяного охлаждения (СО)	1	1
7	Теплообменник вода/воздух (АВО)*	1	1
8	Шкаф высоковольтных контакторов типа ШВК 6/400-2 (ШВК 1)	1	1
9	Шкаф высоковольтных контакторов типа ШВК 6/400-1 (ШВК 2)	1	1
10	Устройство сопряжения ТВ с ШУ (УС)	3	3
11	Центральный пульт управления (ЦПУ)	1(3)	1(3)

Примечание: * - поставляется вместе с ТПЧ, если нет возможности подвести к ШСО внешний контур технической воды

В объем поставки ТПЧ также входит:

- комплект ЗИП на период гарантийного срока эксплуатации;
- комплект эксплуатационной и ремонтной документации на ТПЧ в целом и составляющее его оборудование в соответствии с ГОСТ 2.601-68 и ГОСТ 2.609-69.

В объем поставки не входят:

- выключатели (QT, QR) и оборудование релейных защит силового ввода ТПЧ;
- силовые и контрольные кабели;
- система питания собственных нужд.

Расчет экономической эффективности внедрения ТПЧ

Для оценки экономической целесообразности внедрения преобразователя частоты для насосов КНС ОАО «ГАЗПРОМНЕФТЬ-ННГ» использовались следующие данные:

- Технические характеристики насосов типа ЦНС 240/1900 2ТМ (см. рис. 2-4);
- График суточного расхода технологической жидкости. Вследствие отсутствия точных данных загруженности насосного оборудования КНС ОАО «ГАЗПРОМНЕФТЬ-ННГ» для расчета был принят типовой график, приведенный на рис.10;
- Производительность насосов, необходимая для поддержания достаточного для технологических процессов давления в гребенке – 210 м³/час.
- Мощность, потребляемая насосом при полностью закрытой (P_{min}) и открытой (P_{max}) заслонке.
По графику рис.2 было принято P_{min}=870 кВт, P_{max}=1500 кВт.
- Стоимость электроэнергии – 1.49 руб./кВт*час;

1. Основные зависимости, характеризующие энергетику насосов

Мощность, потребляемая насосом:

$$P = (Q * H * 2.73 \cdot 10^{-3}) / \text{КПД}, \text{ кВт} \quad (1)$$

где

Q - производительность, м³/час;

H - высота напора, м. водяного столба;

КПД - коэффициент полезного действия установки.

Изменение основных параметров работы насосного агрегата при изменении скорости вращения рабочего колеса насоса ("формулы подобия"):

$$P1 / P2 = n1^3 / n2^3 \quad (2)$$

$$H1 / H2 = n1^2 / n2^2 \quad (3)$$

$$Q1 / Q2 = n1 / n2 \quad (4)$$

где

n - число оборотов электродвигателя, об/мин;

P - мощность, потребляемая насосом, кВт;

H - напор, создаваемый насосом, м. вод. столба;

Q - производительность насоса, м³/час.

Индексы 1 и 2 относятся к первому и второму режимам работы оборудования соответственно.

Для определения мощности, потребляемой приводным двигателем (Pд, Вт), при известном его токе, применяется следующая формула:

$$P_d = 1,73 * I_d * U * \cos \Phi \quad (5)$$

где

Iд - ток фазы двигателя, А;

U - напряжение двигателя, В;

Cos Φ - коэффициент мощности двигателя.

По данным рис.2 строится график зависимости потребляемой мощности P от относительного расхода воды Q/Qmax при двух крайних случаях регулирования расхода жидкости (задвижка полностью закрыта и полностью открыта). Для потребляемой мощности при дросселировании можно записать выражение:

$$P_{\text{дрос}} = P_{\text{min}} + (P_{\text{max}} - P_{\text{min}}) * (Q/Q_{\text{max}}) \quad (6)$$

Для потребляемой мощности при частотном регулировании можно записать выражение:

$$P_{\text{тпч}} = P_{\text{max}} * (Q/Q_{\text{max}})^3 \quad (7)$$

где Pmin – потребляемая насосом мощность при полностью закрытой задвижке, кВт,

P_{\max} – потребляемая насосом мощность при полностью открытой задвижке, кВт

Q_{\max} – максимальный расход жидкости, м³/с

Графики зависимости потребляемой насосом мощности от производительности при различных способах регулирования, а также график экономии мощности при частотном регулировании представлены на рис. 9.

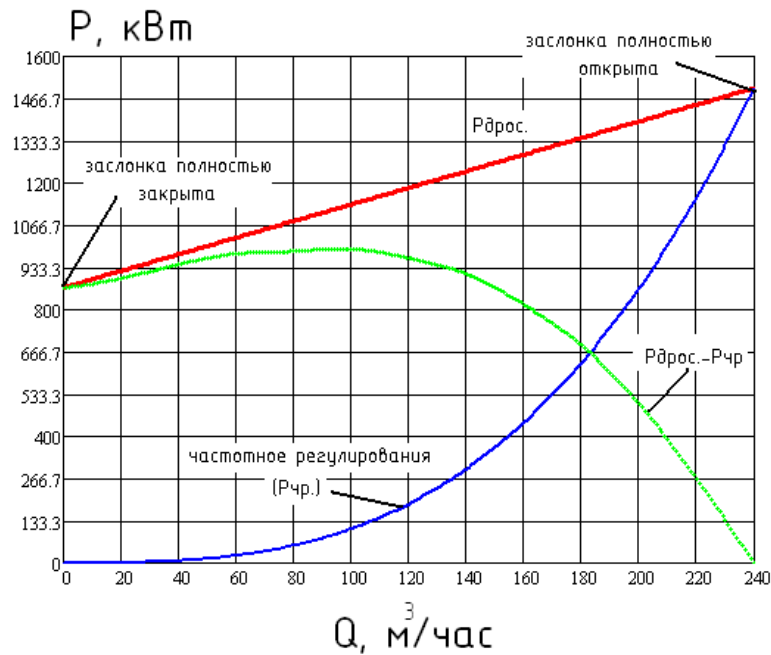


Рис. 9 Зависимость экономии мощности, потребляемой насосом из электросети

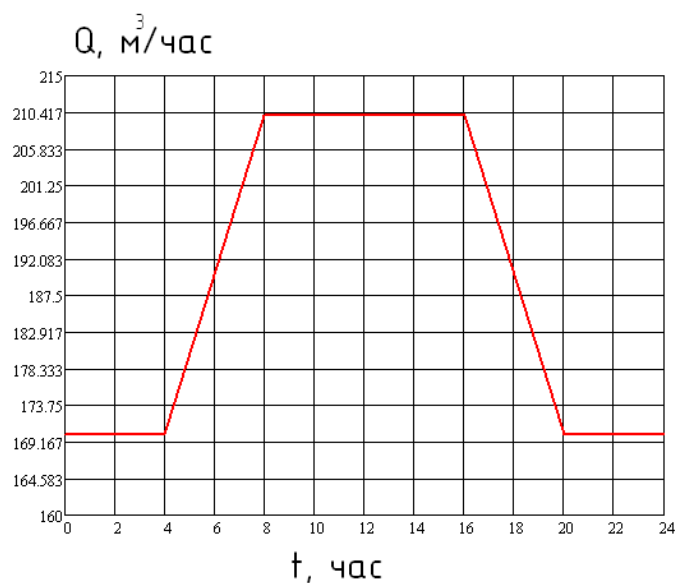


Рис.10 График зависимости суточной загрузки насосного оборудования (типовой)

2. Расчет величины экономического эффекта

Расчет экономической эффективности основан на определении разницы между величинами потребления электроэнергии при регулировании напора насоса путем дросселирования напорной задвижкой и при регулировании с помощью ТПЧ (см. рис. 9).

Для каждого ранее определенного периода работы i , в котором определена приблизительно постоянная нагрузка насоса Q_i , рассчитываются экономия мощности $DP_i = P_{\text{дрос } i} - P_{\text{рпч } i}$. Величины $P_{\text{дрос } i}$ и $P_{\text{рпч } i}$ выбираются по рис.9 или рассчитываются по формулам (6) и (7). Величина расхода Q_i берется из рис. 10.

Затем определяется суммарная экономия электроэнергии за заданный временной интервал работы насосов (к примеру, за сутки) по формуле:

$$DЭ_{\text{сут}} = \sum_i^k DP_i * t_i \quad (8)$$

где

$DЭ_{\text{сут}}$ - суточная экономия электроэнергии при применении ТПЧ вместо дроссельного регулирования, кВт*ч;

DP_i - экономия мощности за i - й период (к примеру, с 0 до 2 часов), кВт;

t_i - время, в течение которого привод работает с постоянной нагрузкой Q_i насоса (к примеру, 2 часа), час;

k - число периодов времени с постоянными значениями $DP_i * t_i$ (к примеру, 12 периодов).

При круглогодичной работе насоса с приблизительно постоянным суточным графиком расхода годовая экономия электроэнергии $DЭ_{\text{г}}$ определяется умножением $DЭ_{\text{сут}}$ на число дней работы насоса в году, т.е. можно принять **$DЭ_{\text{г}} = DЭ_{\text{сут}} * 365$** .

Далее производится оценка стоимости сэкономленной электроэнергии по тарифу, действующему для предприятия в данной энергосистеме, с учетом факторов экономии. По имеющемуся опыту для оценки стоимости снижения расхода технической воды можно ввести коэффициент 1.15.

Таким образом, экономия электроэнергии и ресурсов составит:

$$СТ_{\text{ЭЭ}} = 1.15 * Т_{\text{Э}} * D_{\text{ЭГ}}, \quad (9)$$

где

СТ_{ЭЭ} - стоимость сэкономленной электроэнергии и ресурсов, руб.;

Т_Э - тариф на электроэнергию в энергосистеме, руб./кВт*ч.;

Для определения срока окупаемости, а, следовательно, оценки экономической эффективности применения ТПЧ используется формула:

$$Ток = СТ_{\text{ТПЧ}} / СТ_{\text{ЭЭ}} \quad (10)$$

где

Ток - срок окупаемости установки системы ТПЧ, год.;

СТ_{ЭЭ} - стоимость сэкономленной электроэнергии и ресурсов за один год, руб.;

СТ_{ТПЧ} - стоимость ТПЧ, руб.

Результаты расчета экономического эффекта установки ТПЧ для насосов типа ЦНС 240/1900 2ТМ приведены в таблице 2.

Таблица 2

№	Наименование параметра	Система ТПЧ	
		Вариант 1 (6-ти пульсное исполнение)	Вариант 2 (12-ти пульсное исполнение)
1	Тариф на электроэнергию в энергосистеме, руб./кВт*ч	1.49	1.49
2	Суточная экономия электроэнергии DЭсут, кВт*ч	13860	13860
3	Стоимость сэкономленной электроэнергии и ресурсов в сутки, руб.	23 750	23 750
4	Годовая экономия электроэнергии DЭг, МВт*ч	5058	5058
5	Стоимость сэкономленной электроэнергии и ресурсов в год, руб.	8 667 000	8 667 000
6	Стоимость оборудования ТПЧ (с НДС), руб. (*)	19 470 000	25 724 000
7	Срок окупаемости установки системы ТПЧ, год	2.25	2.97

Примечание: (*) – при заказе 10-ти и более комплектов оборудования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При принятии решения о целесообразности внедрения ТПЧ на КНС ОАО «ГАЗПРОМНЕФТЬ-ННГ» следует учитывать, что кроме экономического эффекта от экономии электроэнергии применение ТПЧ 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 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, однофазного режима, недопустимых перенапряжений;
- ✓ снижается уровень шума, что особенно важно при расположении насосов вблизи жилых или служебных помещений;
- ✓ упрощается дальнейшая комплексная автоматизация объектов системы подачи воды.

Тиристорный преобразователь частоты (иначе - ТПЧ) представляет собой статическое преобразовательное устройство, предназначенное для изменения скорости вращения синхронных электродвигателей переменного тока.

Известно, что регулирование скорости вращения исполнительного механизма можно осуществлять с помощью различных устройств (способов), среди которых наиболее известны и распространены следующие:

- механический вариатор
- гидравлическая муфта
- электромеханический преобразователь частоты (системы Генератор-Двигатель)
- дополнительно вводимые в статор или фазный ротор сопротивления и др.

- тиристорный преобразователь частоты

Первые четыре способа отличаются различными комбинациями из следующих недостатков:

- ❖ сложности в применении, обслуживании, эксплуатации
- ❖ низкое качество и диапазон регулирования
- ❖ неэкономичность

Все указанные недостатки отсутствуют при использовании преобразователей частоты. Регулирование скорости вращения синхронного электродвигателя в этом случае производится путем изменения частоты напряжения питания двигателя. КПД такого преобразования составляет около 98%, из сети потребляется практически только активная составляющая тока нагрузки, микропроцессорная система управления обеспечивает высокое качество управления электродвигателем и контролирует множество его параметров, предотвращая возможность развития аварийных ситуаций.

Эффект при установке преобразователей частоты достигается за счет следующих факторов:

- ✓ экономии энергоресурсов,
- ✓ увеличения сроков службы технологического оборудования,
- ✓ снижения затрат на планово-предупредительные и ремонтные работы,
- ✓ обеспечения оперативного управления и достоверного контроля за ходом технологических процессов.

Особый экономический эффект от использования преобразователей частоты дает применение частотного регулирования на объектах, обеспечивающих транспортировку жидкостей. До сих пор самым распространённым способом регулирования производительности таких объектов является использование задвижек или регулирующих клапанов, но сегодня абсолютно доступным становится частотное регулирование приводного электродвигателя насосного агрегата. Перспективность частотного регулирования наглядно видна из приведённого на рис. 9 графика.

Примечания:

- Величина экономии электроэнергии зависит от неравномерности потребления: чем больше неравномерность потребления, тем больше полученная экономия.

- По истечении срока окупаемости установка будет давать чистую экономию, размер которой пропорционален потребляемой мощности.