

ПЛАВНЫЙ ПУСК И РЕГУЛИРОВАНИЕ НАСОСОВ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

19 февраля 2005 г. «АО Ансальдо-ВЭИ» ввело в промышленную эксплуатацию тиристорный преобразователь частоты (ТПЧ) типа ТПЧ-6/1600-3 на насосной станции ДНС-3 ЗАО «Лукойл-АИК» недалеко от города Когалым. ТПЧ обеспечивает плавный поочередный пуск трех синхронных электродвигателей мощностью 1600 кВт на напряжение 6 кВ, осуществляющих привод насосов ДНС-3, с последующим непрерывным регулированием частоты вращения одного из двигателей для поддержания требуемого уровня расхода воды.

Дожимная насосная станция ДНС-3 осуществляет закачку воды в нефтяной пласт Когалымского месторождения и содержит 3 синхронных электродвигателя СТДМ-1600-2Р, обеспечивающие привод трех водяных насосов высокого давления типа ЦНС 180-1900 М, работающих на общую трубу. До установки ТПЧ потребность в расходе воды (до 270 м³/час) обеспечивал один работающий насос, два других находились в резерве и регулирование расхода осуществлялось задвижкой, установленной в общей трубе. Однако с марта 2005 г. расход воды должен быть увеличен, что приведет к необходимости включения второго насоса. При этом, поскольку суммарная производительность двух насосов намного больше требуемого расхода (около 330 м³/час), то придется прикрывать задвижку в общей трубе, что будет сопровождаться повышением давления на выходе насосов до 190-200 атм. и снизит надежность их работы. Кроме того, непропорционально увеличению расхода воды возрастет расход электроэнергии.

Установка преобразователя частоты позволяет, за счет регулирования скорости вращения второго двигателя, обеспечить стабилизацию расхода воды и поддержание номинального давления на выходе насосов при экономном расходе электроэнергии.

Необходимо отметить, при отсутствии ТПЧ включение насосов ДНС в осуществлялось прямым пуском двигателей. Вследствие больших пусковых токов (до 7-8 I_{ном}) и слабой системы электроснабжения станции, пуск одного двигателя был возможен только при объединении двух секций шин 6 кВ. Пуск второго двигателя, при одном работающем, никогда не осуществлялся. Пуски не всегда бывали успешными и вызывали посадки напряжения, приводящие к сбою работы освещения и электронных устройств. Установка ТПЧ снимает и эти проблемы.

Работа по созданию и внедрению рассматриваемого ТПЧ была выполнена в крайне сжатые сроки, обусловленные необходимостью сдачи объекта в феврале 2005 г. - весь цикл работ от согласования технического задания до окончания приемо-сдаточных испытаний составил всего 4,5 месяца.

Описание схемы ТПЧ, ее особенностей и комплекта поставки.

ТПЧ реализован по бестрансформаторной схеме выпрямитель-инвертор со звеном постоянного тока. Однолинейная схема ТПЧ и электроприводов насосов представлена на рис.1. Она практически полностью повторяет схему, представленную на рис.1 раздела 1.2 (Пуск шаровой мельницы), где дается расшифровка всех обозначений.

В отличие от указанной схемы в объекте «Лукойл» ТПЧ управляет 3 двигателями. Но основное отличие данного ТПЧ заключается в использовании водяного охлаждения ВТУ вместо воздушного, так как ТПЧ используется не только для пуска двигателей, но и для их длительного частотного регулирования одного из них. Охлаждение тиристорных осуществляется с помощью деионизированной воды, утилизация тепловых потерь осуществляется в теплообменном агрегате вода-воздух.

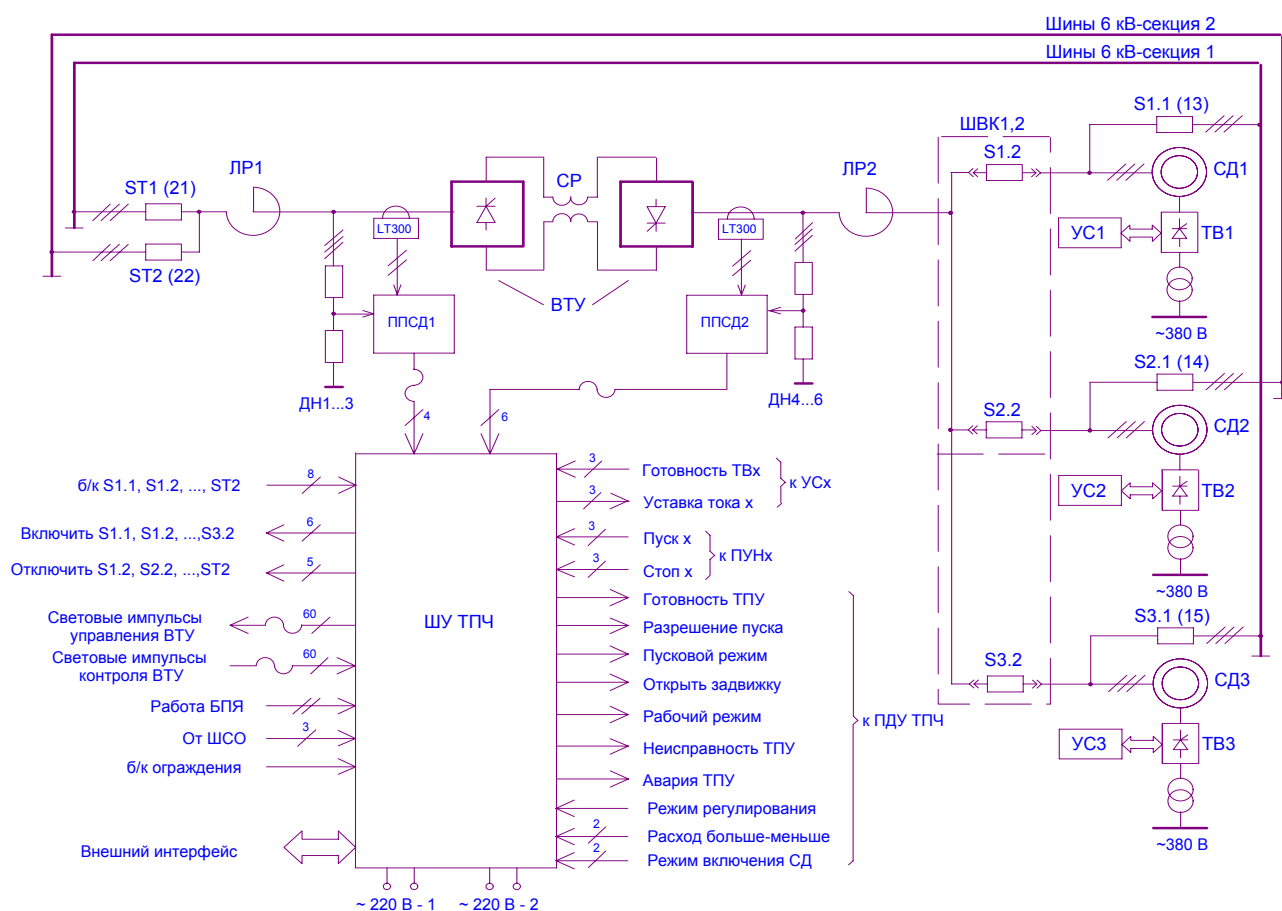


Рис.1. Однолинейная электрическая схема ТПЧ-6/1600-3 и электроприводов насосов

Поставка ТПЧ осуществлялась комплектно «под ключ». В объем поставки, помимо высоковольтного тиристорного устройства (ВТУ), двух линейных токоограничивающих реакторов ЛР1 и ЛР2, сглаживающего реактора СР и шкафа управления ШУ ТПЧ, входила также система жидкостного охлаждения с теплообменником, 2 шкафа с вакуумными контакторами ШВК1,2, три устройства связи с возбудителями УС1...УС3 и пульт дистанционного управления (ПДУ) с регулятором расхода воды. Основное оборудование ТПЧ было размещено в здании КТП и ЗРУ на расстоянии около 200 м от здания БКНС, в котором установлены двигатели, насосы, пульта управления насосами и ПДУ ТПЧ. Площадь

под оборудование ТПЧ составила 6,5 x 4 м. Фотографии общего вида ТПЧ представлена на рис.2, пульта дистанционного управления – на рис.3.

ДНС-3 является полностью автоматизированной станцией, обслуживаемой только двумя дежурными операторами – электриком и технологом. Все операции по пускам двигателей происходят из здания БКНС, а ТПЧ эксплуатируется в необслуживаемом режиме и управляется дистанционно от ПДУ и пультов управления насосами.



Рис.2. Общий вид установки ТПЧ



Рис.3. Пульт дистанционного управления ТПЧ

Описание результатов наладки и испытаний

Преобразователь обеспечил синхронный пуск и разгон ненагруженных двигателей до частоты 50 Гц с последующим переключением на питающую сеть 6 кВ за время, не превышающее 22 сек, с максимальным значением тока статора 50 А (28% от номинального значения 178 А).

Наиболее сложным и интересным моментом пуско-наладочных работ явилась настройка регулятора расхода воды. Дело в том, что обратный клапан второго (регулируемого) насоса открывался при частоте, равной 42,5 Гц и весь диапазон регулирования составил всего около 7 Гц. Включение второго насоса создавало переходный процесс, сопровождавшийся значительным превышением суммарного расхода заданной уставки и повышением давления в трубе. Кроме того, реакция трубы на изменение скорости вращения второго насоса была очень медленной. Вследствие этого, пришлось существенно изменить алгоритм формирования уставки частоты вращения регулируемого двигателя и на порядок увеличить постоянную времени канала регулирования. В результате удалось снизить величину перерегулирования расхода, возникающего при включении второго двигателя, до 30-40 м³/час.

В таблице приведены снятые экспериментально параметры регулируемого от ТПЧ электропривода для разных значений частоты вращения ротора (при неизменном давлении воды в трубе, равном 155 атм.).

Частота ротора, Гц	42,9	43,1	43,4	43,8	44,6	45,4
Расход насоса, м ³ /час	30	49	75	95	125	150
Выпрямленный ток ТПЧ, А	81	86	92	108	126	143
Полный ток на входе ТПЧ, А	66	70	80	87	103	125
Активный ток на входе ТПЧ, А	53	57	67	75	92	115
Активная мощность ТПЧ, кВт	550	592	696	779	961	1195

Таким образом, при работе второго двигателя в режиме регулирования достигается существенная экономия электроэнергии за счет снижения потребляемой от сети мощности. При снижении давления в трубе частота вращения ротора при том же расходе, а также и потребляемая мощность, будут снижаться, что приведет к уменьшению расхода электроэнергии.

Ниже приведены осциллограммы, иллюстрирующие разные этапы пуска двигателя: рис.4 – начальная раскрутка в режиме прерывистых токов ТПЧ, рис. 5 – переход ТПЧ в режим непрерывных токов (режим естественной коммутации инвертора), рис. 6 – работа регулятора скорости. Масштаб тока статора 1/10.

На рис. 4 сверху вниз приведены кривые: линейные напряжения статора, токи статора, на рис.5 – линейное напряжение АВ статора и токи статора. Из осциллограмм видно, что переход в непрерывный режим произошел на частоте вращения поля статора ~ 6Гц. На

осциллограммах токов и напряжений статора имеются существенные колебания частотой 300Гц, вызванные коммутациями вентилей выпрямителя.

На рис. 6 сверху вниз приведены кривые: частота, заданная тахограммой пуска и частота поля статора. Видно, что на низких частотах частота поля меньше частоты, заданной тахограммой. Это связано с выставленным ограничением тока ТПУ на уровне 50А. Если это ограничение снять, то тахограмма и реальная частота поля статора совпадут, но при этом ток статора на интервале пуска будет больше, время пуска, соответственно меньше. Заказчик может самостоятельно изменить эти параметры с пульта шкафа управления. В рассматриваемом случае использован вариант коррекции тахограммы на частотах 38,5 и 45Гц для обеспечения ее совпадения с реальной кривой частоты. Это необходимо для алгоритма синхронизации двигателя с сетью, который использует тахограмму.

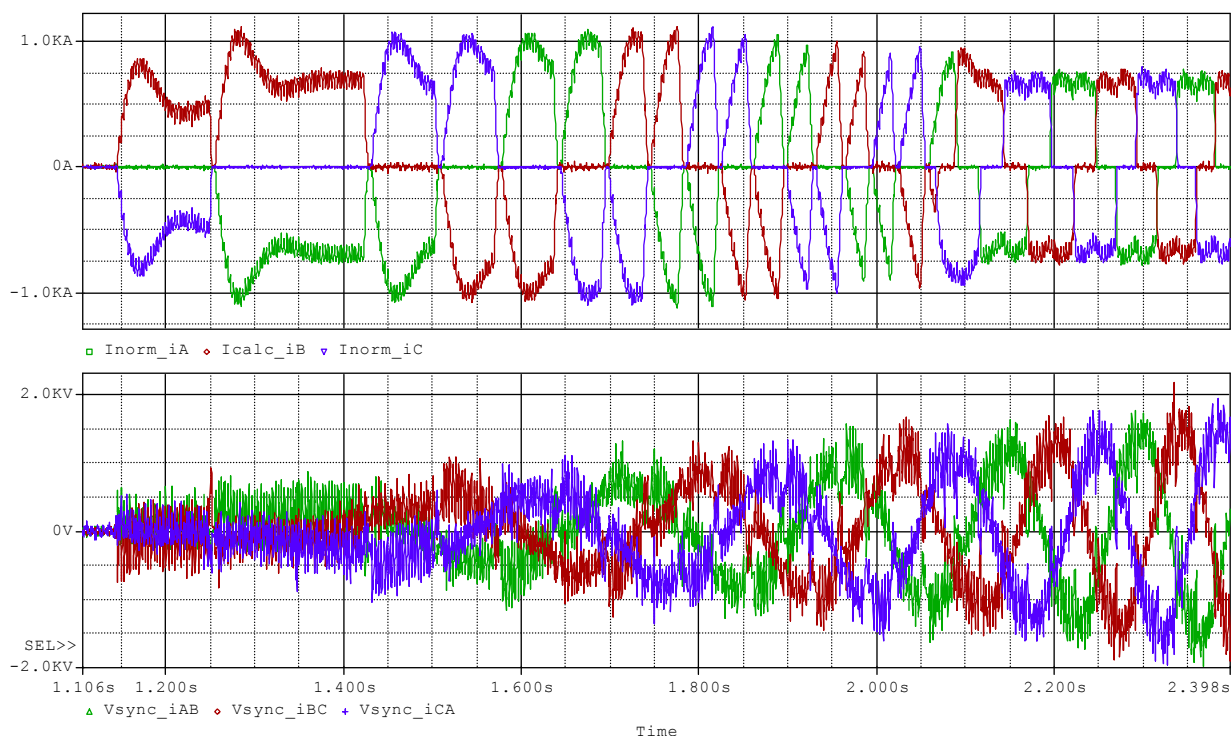


Рис.4. Начало пуска (режим прерывистых токов).

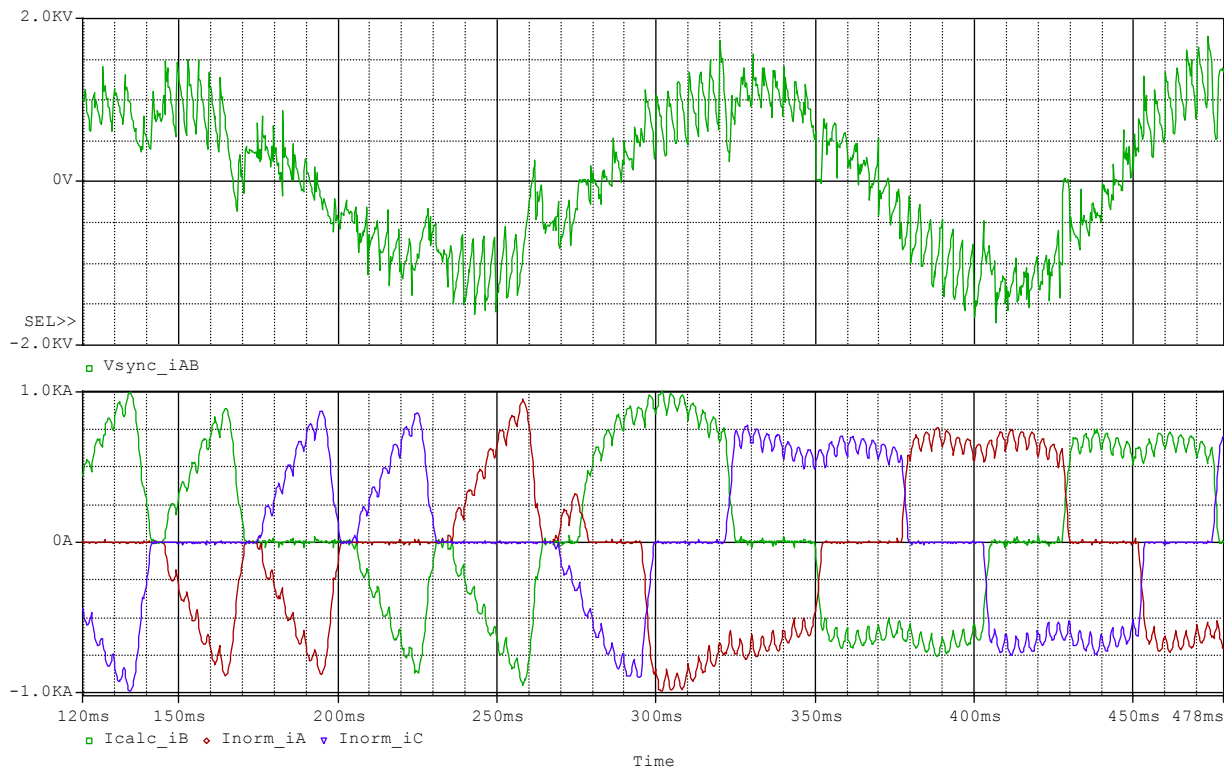


Рис.5. Переход ТПЧ в непрерывный режим работы.

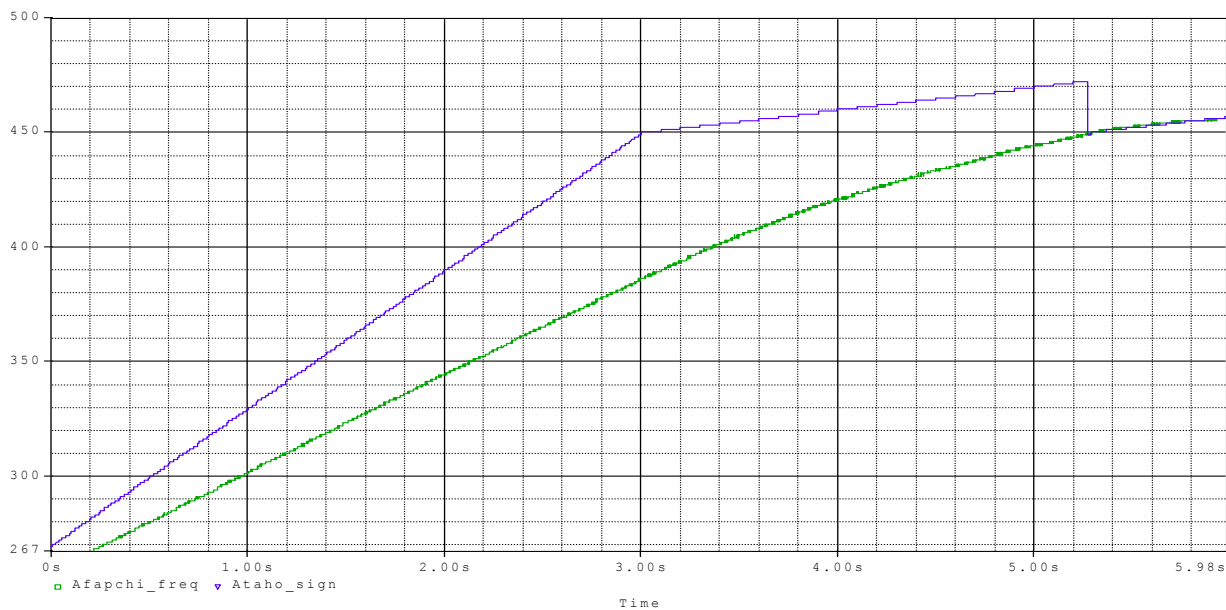


Рис. 6. Работа регулятора скорости.

Литература:

Добкин И.Д., Таратута И.П., Чуприков В.С. Тиристорное пусковое устройство для синхронных двигателей 3150 кВт 10 кВ. // Сборник докладов VI симпозиума "Электротехника 2010 год", том II. Москва, октябрь 2001 г.

Таратута И.П., Чуприков В.С. Схемотехнические и конструктивные решения преобразователей частоты для регулируемого электропривода. // "Электротехника", N9, 2001г.