

К вопросу о задачах повышения надежности системы электроснабжения насосной станции первого подъема

Аюбджон Дж. Вохидов, кафедра «Электроснабжения и автоматики», Худжандский политехнический институт Таджикского технического университета имени академика М. Осими, Душанбе, Республика Таджикистан.

Шахбоз Т. Дадабаев, кафедра «Электроснабжения и автоматики», Худжандский политехнический институт Таджикского технического университета имени академика М. Осими, Душанбе, Республика Таджикистан.

Фарход М. Разоков, кафедра «Электроснабжения и автоматики» Худжандский политехнический институт Таджикского технического университета имени академика М. Осими, Душанбе, Республика Таджикистан.



Аюбджон Дж.
Вохидов



Шахбоз Т.
Дадабаев



Фарход М.
Разоков

Резюме. Насосные станции первого подъема являются потребителями электроэнергии первой категории, и они обычно снабжены с резервным питанием. Кроме этого в машинном зале насосной станции устанавливают асинхронные или синхронные высоковольтные электродвигатели, которые при переходных режимах могут создать непредвиденные проблемы в системе электроснабжения не только станции, но и всей системе электроснабжения в целом. Надежность работы технологического оборудования определяется многими факторами, такими, как процессы пуска, торможение, изменение режимов работы, отключение оборудования и т. д. [6]. Основными факторами, отражающими влияние переходных процессов, являются: механические перегрузки, просадка напряжения в узлах нагрузки, просадка напряжения на шинах распределительных устройств и др. Величине глубины провала напряжения при пусках высоковольтных синхронных двигателей не уделяется внимание при длительности не более 30 секунд, в то время как влияние пускового провала напряжения является негативным фактором, влияющим на соседних потребителей, подключенных к данной системе электроснабжения [7]. От надежности системы электроснабжения зависят не только технологические процессы насосной станции, но и технический ресурс электрооборудования данного объекта. Также ненадежная система электроснабжения может способствовать большим потерям электроэнергии и снижению ее качества. Для повышения надежности системы электроснабжения рассматриваемых объектов в первую очередь необходимо поставить конкретные задачи для решения. С этой целью в данной статье приведены и проанализированы основные причины сбоев в оросительных насосных станциях первого подъема. Дано пояснение динамической устойчивости высоковольтных синхронных двигателей и влияния на нее кратковременных перерывов электроснабжения. Сделан анализ влияния пусковых токов синхронных двигателей на работу насосных агрегатов и всего электрооборудования в целом. Обоснована эффективность использования устройства плавного пуска (УПП) для пуска высоковольтного синхронного двигателя насосных агрегатов оросительной насосной станции. Обоснована неэффективность использования частотных преобразователей для насосных агрегатов оросительных насосных станций на конкретном примере. Установлено, что устройства автоматического ввода резерва в данном объекте недостаточно хорошо соответствует быстродействию, необходимому для недопущения сбоев и гидравлических ударов в насосных агрегатах. Поставлены задачи по повышению надежности системы электроснабжения в оросительных насосных станциях первого подъема и показаны возможные пути их решения.

Ключевые слова: насосная станция, устройство плавного пуска, частотный преобразователь, автоматический ввод резерва, синхронный двигатель, гидравлический удар, динамическая устойчивость, пусковой ток, короткое замыкание.

Формат цитирования: Вохидов А. Дж., Дадабаев Ш. Т., Разоков Ф. М. К вопросу о задачах повышения надежности системы электроснабжения насосной станции первого подъема // Надежность. С. 36-39. DOI: 10.21683/1729-2646-2016-16-4-36-39

Основными электроприемниками оросительных насосных станций первого подъема являются высоковольтные синхронные электродвигатели. Эти машины имеют высокий коэффициент загрузки и большой пусковой ток. Сбои и аварии в работе насосной станции могут случиться по причине нарушений динамической устойчивости синхронных электродвигателей, которые в

свою очередь могут возникнуть по причине ненадежной работы системы электроснабжения и автоматики ввода резерва (АВР) [5]. Другой фактор, приводящий к сбоям, – пусковой ток крупных синхронных двигателей, который вызывает динамические усилия в обмотках статора, что может привести к ослаблению крепления лобовых частей обмотки статора, а также в роторе могут возник-

нать недопустимые местные нагревы [4]. В мощных вертикальных синхронных машинах, имеющих большую активную длину, при пуске образуется неравномерный нагрев стержней, который вызывает термодинамические усилия и далее приводит к разрушению пусковой обмотки двигателя. Кроме этого при пуске могут наблюдаться провалы напряжения на шинах электропитания. Качество электроэнергии у потребителей, подключенных к подстанции, от которой питаются насосные установки, сегодня регламентируется только ГОСТ 13109-97 [7]. В Российской Федерации провалам напряжения длительностью меньше 30 секунд внимание не уделяется, в то время как пуск двигателя – кратковременный и обычно у высоковольтных синхронных двигателей длится до 10-15 секунд. Частично для устранения данной проблемы и проблемы с термодинамическими усилиями во время пуска, крупные синхронные электродвигатели запускают от пониженного напряжения электропитания, при этом пусковой ток также снижается, но увеличивается время пуска. Поэтому в каждом конкретном случае пуск крупных синхронных двигателей выполняются по-разному [2, 3]. Например, при пуске мощных синхронных двигателей, которые работают от недостаточно

мощной сети, может возникнуть значительное снижение напряжения на выводах двигателя.

В данной статье в качестве объекта исследования взят Аштский каскад насосных станций, а именно станция АНС-1, которая расположена в Аштском районе Республики Таджикистан. Производительность насосной станции АНС-1 по проекту составляет 1,7712 млн м³ воды в сутки. На сегодняшний день на насосной станции АНС-1 работают только два агрегата суммарной производительностью 0,88 млн м³ воды в сутки. На рисунке 1 приведена схема электроснабжения АНС-1 [1].

Насосная станция АНС-1 является потребителем электроэнергии первой категории, поэтому питается от двух независимых подстанций [1]. Электроснабжение АНС-1 осуществляется от ЦРП Булок-2 мощностью 2×63 МВА. Напряжение от ЦРП Булок-2 по двум линиям электропередачи 110 кВ подается к электрической подстанции АНС-1. Электрическая подстанция АНС-1 оборудована двумя трансформаторами типа ТРДН 25000 кВА, напряжением 110/10 кВ.

Основные и вспомогательные насосные агрегаты питаются напряжением 10 кВ. Системы управления и освещения станции питаются напряжением 0,4 кВ.

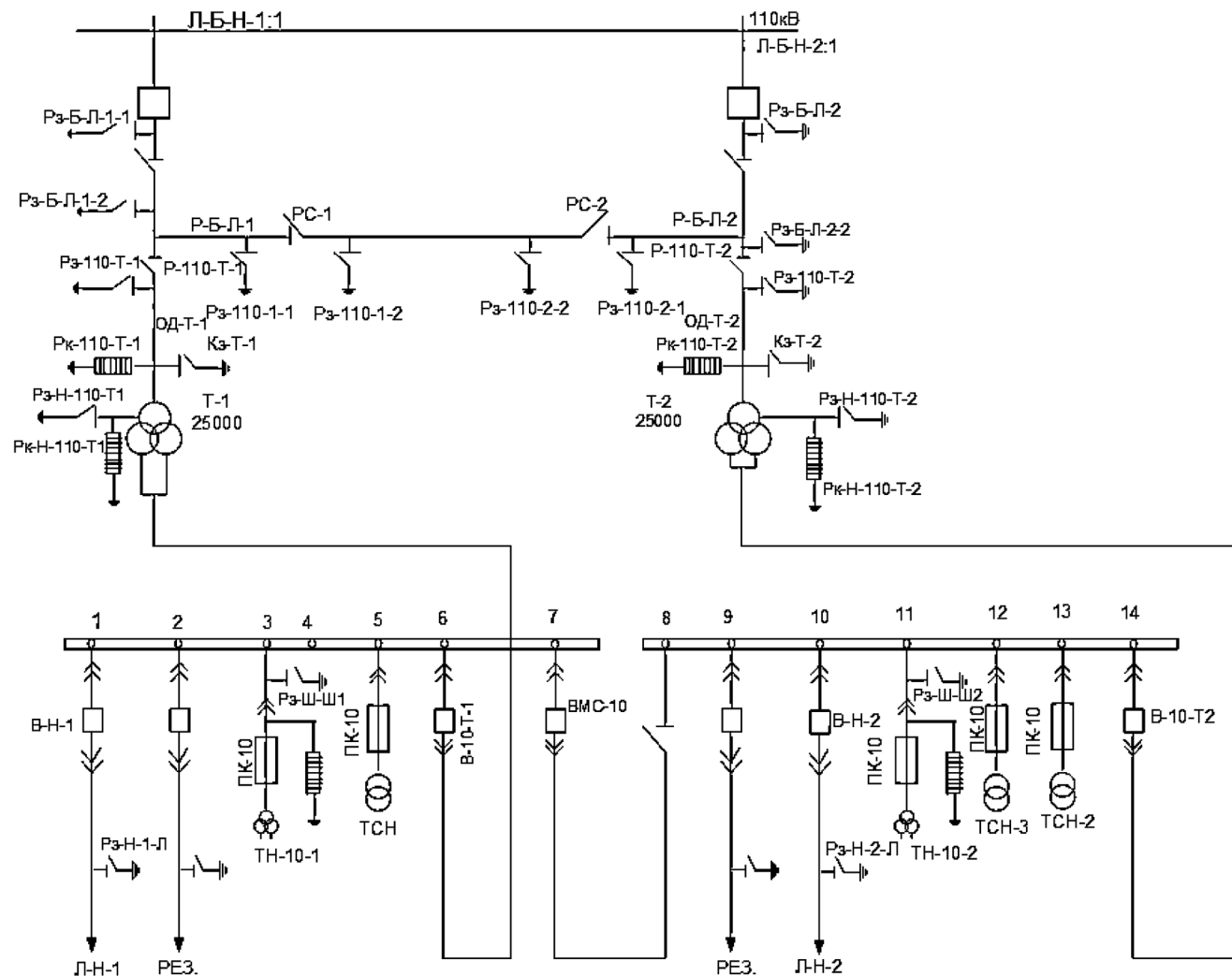


Рис. 1. Схема электроснабжения насосной станции 1-го подъема АНС-1

Основными потребителями электроэнергии АНС-1 являются:

- 4 основных насосных агрегата суммарной мощностью 32 МВт;
- 3 вспомогательных насоса суммарной мощностью 4,8 МВт;
- два трансформатора собственных нужд, типа ТМ 400 10/0,4 с помощью которых производится электроснабжение сети 0,4 кВ [1].

Потребление электроэнергии насосными агрегатами АНС-1 составляет около 250000 кВт ч/сутки. Подача воды 0,88 млн м³/сутки. В режиме максимальной подачи на АНС-1 в работе находятся четыре насосных агрегата. Как было сказано выше, в АНС-1 установлено 4 насосных агрегата с синхронными электроприводами. В качестве электродвигателей насосных агрегатов выбраны вертикальные синхронные двигатели серии ВДС-325/69-16 УХЛ4, технические данные которых приведены в таблице 1.

Таблица 1. Технические данные вертикальных синхронных двигателей серии ВДС-325/69-16 УХЛ4

№	Тип электродвигателя	ВДС-325/69-16 УХЛ4
1	Мощность, МВт	8
2	Ток статора, А	540
3	Ток ротора, А	400
4	Напряжение статора, кВ	10
5	Напряжение ротора, кВ	0,16
6	Частота вращения, об/мин	375
7	КПД, %	0,959
8	cos φ	0,9
9	$I_{\text{пуск}}/I_{\text{ном}}$	4-4,8
10	$M_{\text{пуск}}/M_{\text{ном}}$	0,32
11	$M_{0,05}/M_{\text{ном}}$	1,2
12	$M_{\text{макс}}/M_{\text{ном}}$	1,8
13	Момент инерции ротора, т·м ²	24,5
14	Нагрузка на подпятник, тс	125
15	Числа пар полюсов	8

Нарушения в системе электроснабжения насосной станции приводят к сильным гидравлическим ударам в трубопроводах и, как следствие, к сбоям и разрушениям в оборудовании насосных станций. Как показывают исследования, одной из основных причин возникновения гидравлических ударов являются кратковременные перерывы электроснабжения [5]. С целью предотвращения сильных гидравлических ударов необходимо уменьшить время срабатывания автоматики восстановления электроснабжения. По результатам ранее проведенных исследований известно, что при времени нарушения электроснабжения менее 0,3 с влияние соотношения

статического и полного напора центробежных насосов незначительно, и с уменьшением времени перерыва питания это влияние уменьшается, а также улучшаются условия сохранения динамической устойчивости синхронных двигателей [5].

Для уменьшения пусковых токов синхронных двигателей и, тем самым, уменьшения провалов напряжения, снижения гидравлических ударов в трубопроводах, сегодня разработаны различные устройства – устройства плавного пуска (софт-стартеры) и преобразователи частоты. Преобразователи частоты имеют ряд преимуществ перед другими пусковыми устройствами, главное из которых – регулирование скорости вращения двигателя и за счет этого экономия электроэнергии. Но частотные преобразователи эффективны только в тех случаях, когда диапазон регулирования скорости вращения является существенным; при малых диапазонах регулирования они не имеют никакого положительного эффекта, к тому же они очень дорого стоят. Для рассматриваемого объекта АНС-1 применение частотных преобразователей является неэффективным, поэтому авторами статьи предложено использование устройства плавного пуска (УПП). Такие устройства представляют собой обычный регулятор напряжения, выполненный на основе силовых полупроводниковых приборов – тиристоров или симисторов. УПП служат только для пуска двигателя, после завершения пуска их отключают или используют для пуска другого двигателя. При использовании УПП до 3-4 раз можно ограничить пусковые токи при незначительном провале напряжения. Другим преимуществом УПП перед частотными преобразователями является то, что они в несколько раз дешевле и имеют более простую схемную реализацию.

Другими факторами, влияющими на работу электрооборудования насосной станции, являются аварийные режимы, т.е. режимы короткого замыкания (КЗ). Исследования в данном направлении показали, что при 3-фазных КЗ допустимое время перерыва питания составляет 0,09–0,11 с для исследуемых насосных агрегатов при длительности КЗ 0,07–0,08 с соответственно [5]. За это время сохраняется динамическая устойчивость синхронных двигателей. Но проблема заключается в том, что существующие АВР не имеют такого быстрого действия.

Поэтому вопрос обеспечения динамической устойчивости высоковольтных синхронных двигателей при рассмотрении повышения надежности системы электроснабжения насосных станций является актуальным и для его решения следует поставить и выполнить ряд задач:

- использовать УПП для пуска высоковольтных синхронных двигателей, имеющих малые диапазоны регулирования скорости вращения;
- на базе микропроцессорных технологий разработать быстродействующие АВР;
- с целью повышения надежности системы электроснабжения оросительной насосной станции исследовать эффективность применения УПП;

- для уменьшения затрат на оборудование исследовать менее затратные методы увеличения динамической устойчивости высоковольтных синхронных двигателей, такие, как включение в цепь возбуждения резистора, циклическая форсировка возбуждения и т.д.;

- выполнить технико-экономическое обоснование внедрения и применения интеллектуальных систем контроля и мониторинга в системах электроснабжения насосных станций первого подъема.

Библиографический список

1. Дадабаев Ш.Т. Перспективы внедрения регулируемых электроприводов в насосных агрегатах большой мощности. Энергетик №7, 2015. 31-33 с.
2. Дадабаев Ш.Т., Ларионов В.Н. Исследования применения энергоэффективных способов управления в электроприводах с вентиляторной нагрузкой. Вестник ТГУ №4, 2014. 56-59 с.
3. Лезнев Б.С. Энергосбережение и регулируемый привод в насосных и воздуходувных установках. – М.: Энергоатомиздат, 2006. – 360 с.
4. Нейман З.Б. Крупные вертикальные электродвигатели переменного тока. М.: «Энергия», 1974. – 376 с.
5. Свиридов Ю.П. Повышение надежности работы электропотребителей водоснабжения и канализации путем совершенствования автоматики ввода резерва. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Ульяновск 2001. 251 с.
6. Ларионов В.Н., Калинин А.Г. Энергоэффективность и энергосбережение в электроприводах с вен-

тиляторной нагрузкой. – Чебоксары: Изд-во. Чуваш. ун-та, 2012. – 146 с.

7. Калинин А.Г. Исследование и разработка энергоэффективных режимов электроприводов в системах электроснабжения. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Чебоксары 2011. 137 с.

Сведения об авторах

Аюбджон Д. Вохидов, ассистент кафедры «Электроснабжения и автоматика» Худжандского политехнического института Таджикского технического университета имени академика М. Осими. Аспирант ЧГУ имени Ульянова И.Н.,

734042, Республика Таджикистан, Душанбе, пр. акад. Раджабовых, 10. Тел: (+992 37) 221 35 11.

Шахбоз Т. Дадабаев, старший преподаватель кафедры «Электроснабжения и автоматика» Худжандского политехнического института Таджикского технического университета имени академика М. Осими. Аспирант ЧГУ имени Ульянова И.Н., Россия.

734042, Республика Таджикистан, Душанбе, пр. акад. Раджабовых, 10. Тел: (+992 37) 221 35 11.

Фарход М. Разаков, ассистент кафедры «Электроснабжения и автоматика» Худжандского политехнического института Таджикского технического университета имени академика М. Осими. Аспирант ЧГУ имени Ульянова И.Н., Россия.

734042, Республика Таджикистан, Душанбе, пр. акад. Раджабовых, 10. Тел: (+992 37) 221 35 11.

Поступила: 24.11.2015