СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ НЕФТЕДОБЫЧИ

АВТОР:

ГАЛИМОВ А.М.,
К.Т.Н.
ООО «БАШНЕФТЬ–ДОБЫЧА» НГДУ «ЧЕКМАГУШНЕФТЬ»

Обеспечение надежности и бесперебойности электроснабжения объектов добычи и подготовки нефти — приоритетная задача нефтедобывающих компаний.

Простои нефтепромысловых объектов из-за нарушений в системе электроснабжения приводят к недобору нефти и создают дополнительные трудности при выполнении плана добычи.

Ключевые слова: показатели надежности электроснабжения; быстродействующее АВР; Smart Grid; дистанционный контроль параметров.

Для нефтедобывающих компаний надежность и бесперебойность электроснабжения объектов добычи и подготовки нефти является приоритетной задачей

ВВЕДЕНИЕ

Объекты электрохозяйства НГДУ «Чекмагушнефть» состоят из ВЛ классов напряжения 110, 35, 10 и 6 кВ, ПС 110/35/6, 35/10 и 35/6 кВ, комплектных трансформаторных подстанций напряжением 10/0,4 и 6/0,4 кВ. Основные нагрузки представляют синхронные и асинхронные электродвигатели (АД) 6 кВ и АД класса напряжения 0,4 кВ, служащие приводами перекачивающих или скважинных насосов. Несмотря на то что описанные потребители относятся ко 2-й и 3-й категории надежности электроснабжения [1], требования технического руководства нефтедобывающих компаний к качеству электроснабжения сопоставимы с признаками первой особой группы надежности. Уровень и жесткость требований к электрообеспечению объяснимы: объем добычи нефти на предстоящий месяц планируется с учетом потенциального максимума эксплуатируемого фонда за вычетом простоев на плановые ремонты. Следовательно, внеплановые и аварийные простои являются факторами, препятствующими выполнению установленного плана. По приоритетности для электрохозяйства НГДУ можно произвести следующее ранжирование показателей надежности электроснабжения [2]:

1. параметр потока отказов (среднее количество отказов в год), 1/год;
2. среднее время восстановления (средняя продолжительность после-аварийного ремонта или замены объекта) $T_в$, мин.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью данной работы являлось совершенствование системы электроснабжения объектов нефтедобычи, путем оптимизирования вышеперечисленных показателей надежности. Для достижения поставленной цели была необходимость решить следующие задачи:

- произвести анализ мер, направленных на улучшение показателей;
- выбрать и предложить конструктивные решения и разработки, применимые к существующей системе;
- внедрить наиболее оптимальные технические решения;
- проанализировать результаты.

ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА БАВР

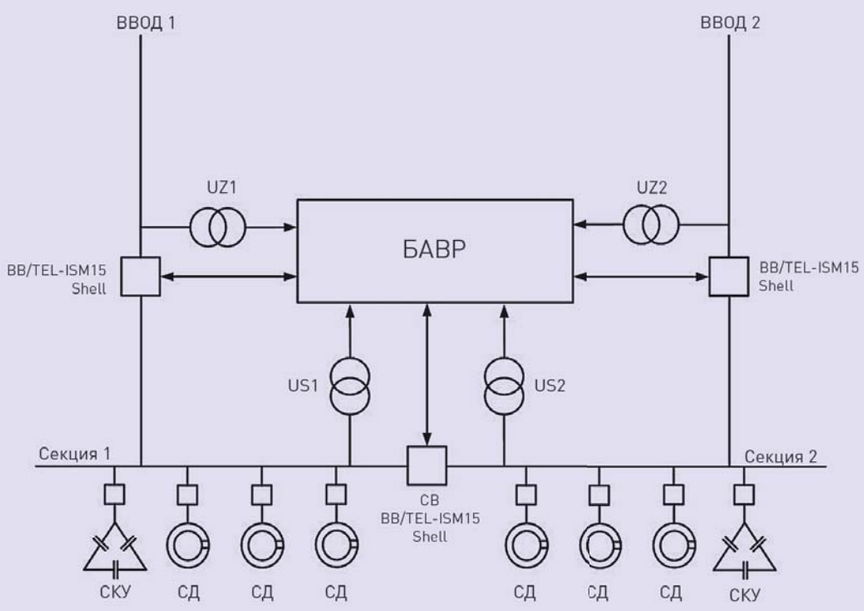

Рис. 1

ПУТИ РЕШЕНИЯ

В целях повышения надежности электроснабжения объектов нефтедобычи были предприняты следующие меры.

1. Сохранение нагрузок в работе быстрым включением резервного источника электроснабжения. Специфика подключенных нагрузок следующая:

- защита от минимального уровня напряжения электропривода высоконапорных центробежных насосов выполнена без выдержки времени;
- самозапуск погружных электродвигателей (ПЭД) скважинных насосов после потери напряжения часто неуспешен из-за снижения инерционного момента вращения;
- исполнительные механизмы электромеханических реле самозапуска привода станков-качалок (СК) не гарантируют возобновление работы после восстановления напряжения.

Перечисленные особенности нагрузок предъявляют повышенные требования к бесперебойности электроснабжения, точнее, к максимально допустимому времени перерыва в электроснабжении. В случае нарушений нормального режима в линии, питающей нагрузки, время переключения на резервный источник электроснабжения должно быть меньше: времени срабатывания защит привода высоконапорных насосов, времени потерь погружными электродвигателями инерционного момента вращения, времени размыкания контактов магнитных пускателей электродвигателей СК. Требуемое время срабатывания автоматического включения резерва было решено обеспечить за счет устройства быстродействующего автоматического ввода резерва (БАВР). Комплекс БАВР_10_Shell_FT2 основан на применении специально разработанных вакуумных выключателей BB/TEL-6-10кВ серии ISM15_Shell_FT2 и микропроцессорного пускового устройства. Инновационная особенность выключателей — высокое быстродействие при включении-отключении. Собственное время включения выключателя составляет не более 22 мс, а собственное время отключения — не более 8 мс. Время реакции пусковых устройств БАВР на аварийные режимы в первичной сети в большинстве случаев не превышает 5–12 мс. Внедренная система БАВР10_Shell_FT2, выполненная на основе сверхбыстродействующих выключателей BB/TEL, является, на наш взгляд, оптимальным по соотношению показателей «цена — результат».

2. Автоматическая локализация аварийного участка ВЛ. Изоляцию поврежденного участка позволяет обеспечить система Smart Grid («умные сети»). Сохранение нагрузок, подключенных к остальным участкам ВЛ, в работе осуществляется за счет автоматического резервирования электроснабжения вакуумными реклоузерами. Примененный для модернизации ВЛ реклоузер PBA/TEL-10 при сравнительно низкой стоимости[1] доказал свою надежность и эффективность в течение многолетней эксплуатации. Кроме ценового преимущества при выборе реклоузеров, как и при выборе комплекса БАВР, учитывалось наличие у производителя: распространенной в РФ сети сервисного обслуживания и технической поддержки, наличие полного производственного цикла на территории РФ, отсутствие необходимости технического обслуживания коммутационного аппарата в течение всего срока эксплуатации. Принимая во внимание положительную практику внедрения реклоузеров 10 кВ было принято решение распространить данный опыт на уровень напряжения 35 кВ — в 2014 г. на одном из узловых объектов был внедрен реклоузер SMART35.

3. Оснащение нагрузок — электроприводов скважинных и перекачивающих насосов системой дистанционного контроля пара-

ОСЦИЛЛОГРАММА

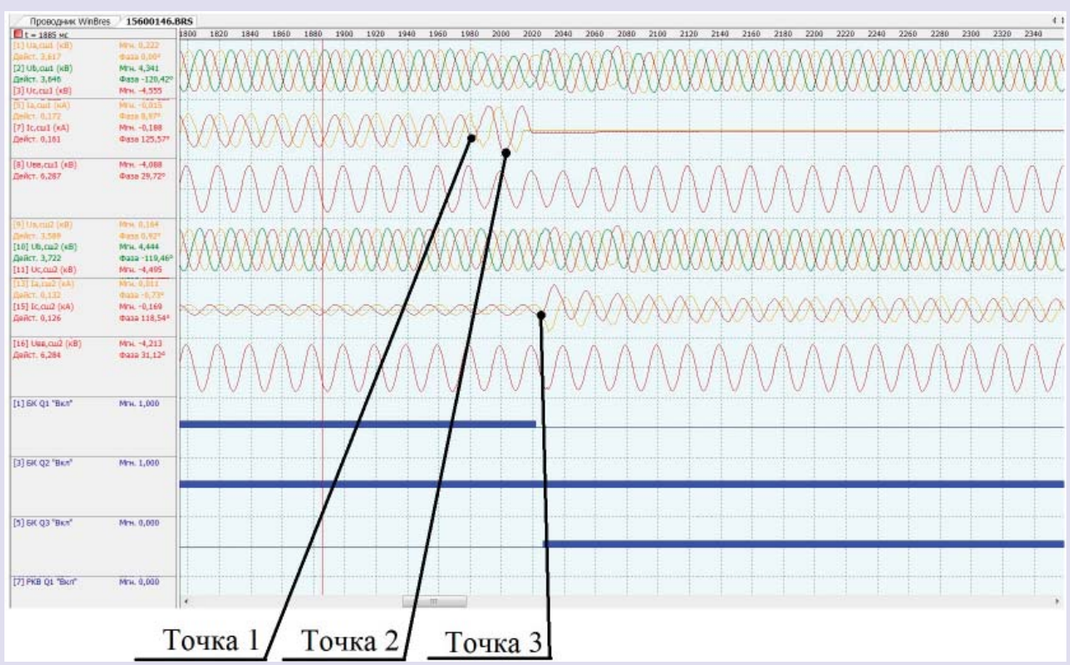

Рис. 2

АНАЛИЗ РАБОТЫ УСТРОЙСТВА БАВР

№ п/п	Причина срабатывания комплекса БАВР	Минимальное напряжение на I секции, $U_ф$, кВ	Минимальное напряжение на II секции, $U_ф$, кВ	До аварии		После аварии		Полная нагрузка до аварии, кА	Полная нагрузка после аварии, кА	Доля оставшейся в работе нагрузки, о.е.
				I1	I2	I1	I2			
				значение, кА	значение, кА	значение, кА	значение, кА			
1	трехфазная посадка напряжения до ввода № 1	2,988	3,491	0,138	0,245	0,000	0,383	0,38	0,38	1,00
2	трехфазная посадка напряжения до ввода № 2	3,633	2,933	0,181	0,164	0,346	0,000	0,35	0,35	1,00
3	междуфазная посадка напряжения, фазы B и C до ввода № 2	3,793	3,009	0,183	0,166	0,350	0,000	0,35	0,35	1,00
4	трехфазная посадка напряжения до ввода № 1	2,838	3,425	0,194	0,165	0,000	0,360	0,36	0,36	1,00
5	однофазная посадка напряжения, фаза A до ввода № 1	2,504	3,550	0,194	0,167	0,000	0,361	0,36	0,36	1,00
6	междуфазная посадка напряжения, фазы B и C до ввода № 1	2,823	3,549	0,204	0,169	0,000	0,374	0,37	0,37	1,00
7	междуфазная посадка напряжения, фазы B и C до ввода № 2	3,565	3,194	0,243	0,098	0,341	0,000	0,34	0,34	1,00
8	трехфазная посадка напряжения до ввода № 2	3,560	2,629	0,202	0,171	0,373	0,000	0,37	0,37	1,00
9	трехфазная посадка напряжения до ввода № 1	2,713	3,549	0,172	0,133	0,000	0,305	0,31	0,31	1,00

Таблица 1

[1] http://www.kommersant.ru/doc/2744306

ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СХЕМА ВЛ-6 ПОСЛЕ ВНЕДРЕНИЯ РЕКЛОУЗЕРОВ

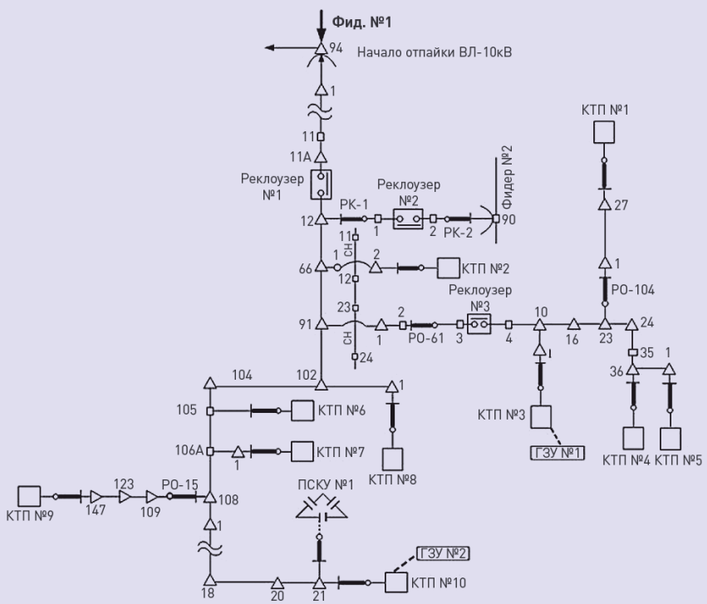

Рис. 3

метров и управления. Внедрение контроллеров серии КСКН-7М и КТ-7М производства ООО «ЭиА» позволяет: проводить мониторинг 24-х параметров электродвигателей в диапазоне нагрузок от 0,1 А до 1250 А, осуществлять дистанционное управление электроприводом и корректировку уставок защит. Контроллеры оснащены функцией архивирования данных и технического учета потребления активной и реактивной энергии, существует возможность программирования периодической работы электропривода, до 10 циклов «запуск — остановка» в сутки. Опыт эксплуатации данных контроллеров в нефтепромысловых условиях выявил их высокую надежность и удобство в эксплуатации.

РЕЗУЛЬТАТЫ ВНЕДРЕНИЯ

Оценить эффективность работы системы БАВР, смонтированной на ПС Тамьяново (рис. 1), позволяет анализ осциллограммы (рис. 2). 11.08.2014 в 01.21 ч произошла трехфазная посадка напряжения на первой секции шин РУ-6 кВ ПС Тамьяново. Как видно из осциллограммы, возрастание силы тока первой секции шин (точка 1) зафиксировано на 1980 мс, далее к 1988 мс уровень напряжения по фазе С падает на величину менее 0,85 $U_{ном}$, чуть позже падают напряжения по фазам А и В. К 2000 мс происходит повышение силы тока (точка 2). Уровни напряжений по фазам А, В, С составляют 3,3; 3,2; 2,6 кВ соответственно. На 2000 мс подается команда на цикл БАВР. Анализ аварийной ситуации занял порядка 12 мс. Замыкание главных контактов секционного выключателя происходит на 2026 мс, что видно по возрастанию нагрузки по второй секции шин (точка 3). Таким образом, полное время цикла БАВР составило 38 мс (от начала аварийной ситуации до включения секционного выключателя). При этом вся нагрузка первой секции шин осталась в работе после срабатывания БАВР, что видно из анализа величины токовой нагрузки по секциям шин до и после аварии.

Анализ эксплуатации устройства БАВР за период с 01.06.2014 по 01.06.2015 представлен в табл. 1. Видно, что во всех случаях комплекс БАВР обеспечил бесперебойное снабжение потребителей, в работе осталось до 95% нагрузки, в том числе центробежные насосы.

Оснащение эксплуатируемых ВЛ-6, 10 кВ реклоузерами дало возможность осуществить децентрализованный подход к управлению аварийными режимами работы сети — наиболее эффективный способ повышения надежности электроснабжения в воздушных распределительных сетях. Каждый отдельный аппарат, являясь интеллектуальным устройством, анализирует режимы работы электрической сети и автоматически производит ее реконфигурацию в аварийных режимах, то есть локализацию места повреждения и восстановление электроснабжения потребителей неповрежденных участков сети. Применение

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ПОЛУЧЕННЫХ ОТ КОНТРОЛЛЕРА КСКН-7М ДАННЫХ

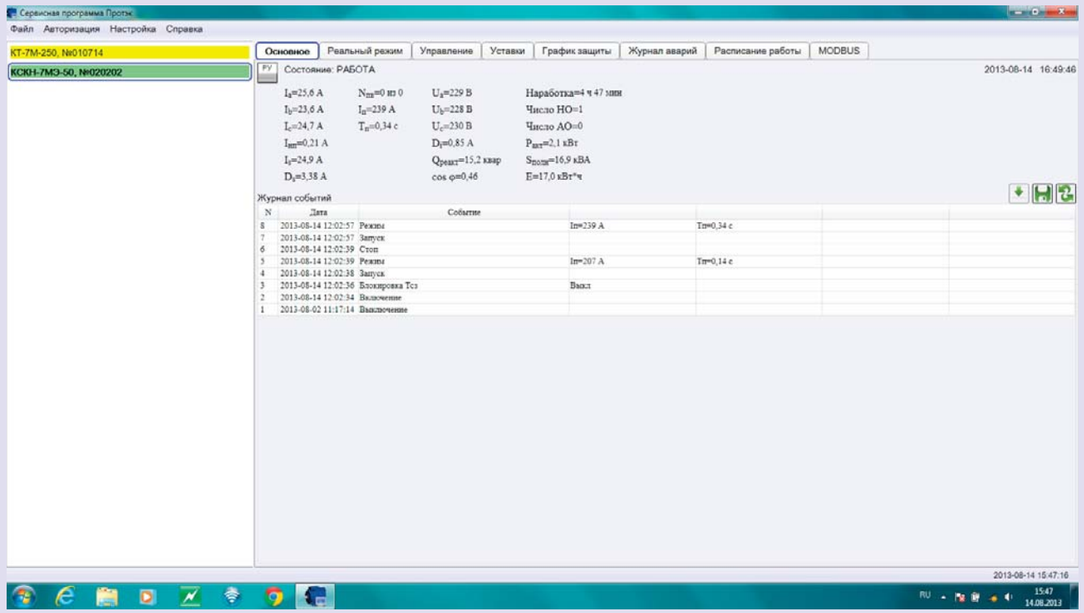

Рис. 4

ПАРАМЕТР ПОТОКА ОТКАЗОВ

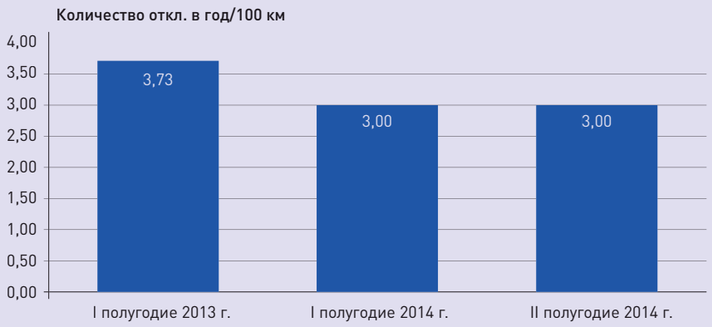

Рис. 5

реклоузеров позволяет добиться сокращения времени восстановления электроснабжения, снижения частоты повреждений линии [3] и положительно повлиять на показатель надежности [2] — частоту плановых ремонтов, $\omega_п$, 1/год.

Рассмотрим на примере эффективность применения реклоузера. Фонд скважин и насосная перекачки нефти, собираемой с двух месторождений от ВЛ-10 кВ, запитаны от ВЛ-10 кВ (рис. 3). Данная ВЛ коммутировалась высоковольтным линейным блоком ВЛБ-10, расположенным в 70 км от базы оперативно-выездной бригады (ОВБ). До внедрения реклоузеров при неуспешном автоматическом

СРЕДНЕЕ ВРЕМЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ

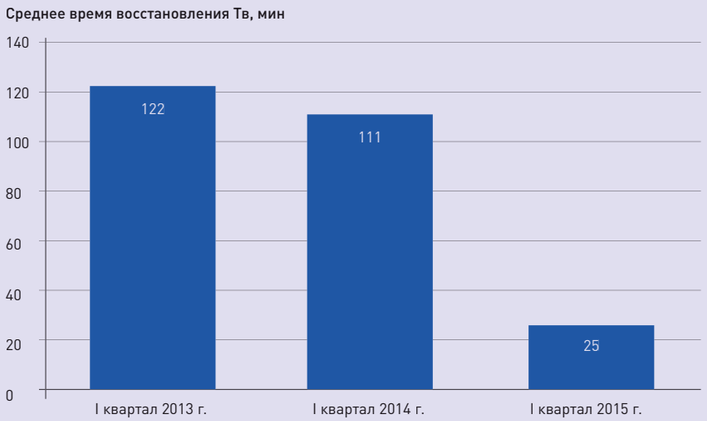

Рис. 6

повторном включении на поездку и ручное повторное включение (РПВ) требовалось 60–70 мин. После замены ВЛБ-10 на реклоузер №1 (Р-1) появилась возможность дистанционного РПВ, требуемого не более 1 мин. В случае повреждения ВЛ на участке до Р-1 произойдет автоматическое отключение Р-1 и включение Р-2. Децентрализованное переключение на резервную линию сохранит нагрузки в работе, потенциальные повреждения на наиболее проблемном участке ВЛ — после Р-3 — изолируются третьим реклоузером. Из приведенного примера видно, что время устранения технологического нарушения в сетях электроснабжения значительно сокращается, и обеспечивается локализация аварийного участка ВЛ, следовательно, в нашем случае снижается объем недобора нефти.

Внедрение контроллеров КСКН в существующие станции управления электродвигателями дало возможность повысить качество защиты электропривода за счет возможности регулирования уставок защит с шагом 0,1 А, что, в свою очередь, позволило снизить количество аварийных отключений скважин и сократить затраты на капитальный ремонт электродвигателей. Дополнительным технологическим эффектом внедрения контроллеров КСКН-7М является возможность архивирования и анализа событий, вплоть до контроля проведения плановых предупредительных ремонтов. Визуализация информации, передаваемой в режиме online от контроллера на удаленное рабочее место, представлена на рис. 4. Анализ и интерпретация ваттметрограмм позволяет диагностировать степень дисбаланса станка-качалки, идентифицировать вид технологического нарушения в работе глубинно-насосного оборудования, производить оценку дебита скважины. Таким образом, применение контроллеров повышает надежность электроснабжения, в том числе на вероятность безотказной работы в течение года, $P_m = 0$.

В совокупности внедрение систем БАВР, Smart Grid, повышение качества защит электроприводов и возможность мониторинга параметров электропривода за счет оснащения контроллерами КСКН позволили оптимизировать показатели надежности электроснабжения объектов нефтедобычи. Динамика показателей — параметр потока отказов и среднее время восстановления — по НГДУ «Чекмагушнефть» представлена на рис. 5 и рис. 6.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Достигнута оптимизация показателей надежности электроснабжения параметров потока отказов на 19% и среднего времени восстановления на 80%. В целях совершенствования системы электроснабжения объектов нефтедобычи применены наиболее оптимальные технические решения, существующие на рынке. Контроллеры серии КСКН и КТ были специально доработаны производителем для адаптации к нефтепромысловым условиям.

ЛИТЕРАТУРА

1. Нормы технологического проектирования объектов сбора, подготовки нефти, газа и воды нефтяных месторождений. ВНТП 3-85. — М., 1985.
2. Справочник по проектированию электрических сетей. Под ред. Файбисовича Д.Л. 4-е изд. — М.: НЦ ЭНАС, 2012. — 376 с.
3. Крылова Е. Реклоузеры. Тактика эффективного применения // ЭнергоНадзор. 2009, № 6.