



ЭКСПЛУАТАЦИЯ, МОНТАЖ И НАЛАДКА

Сравнительный анализ энергетических эксплуатационных параметров электротехнических комплексов добывающих скважин с различными видами насосных установок

Нурбосынов Д. Н., доктор техн. наук, Табачникова Т. В., канд. техн. наук, Швецкова Л. В., инж.

Альметьевский государственный нефтяной институт

Нурбосынов Э. Д., инж.

ООО «Научно-производственная фирма ОЛТА», Санкт-Петербург

Проведен анализ эксплуатационных энергетических параметров электротехнического комплекса добывающей скважины (ЭКДС) с винтовой насосной установкой (ВНУ) с поверхностным приводом (ПП) без учета и с учетом индивидуальных компенсирующих установок. Определены удельные нормы расхода электрической энергии на 1 м³ добываемой нефтяной эмульсии. Сформулирована задача дальнейшего исследования с целью оптимизации энергетических параметров.

Ключевые слова: электротехнический комплекс добывающей скважины, винтовая насосная установка с поверхностным приводом, штанговая скважинная насосная установка (ШСНУ) со станком-качалкой, скважинный нагреватель (СН), установка продольной компенсации (УПК) с блоком управления и защитой (БУ и З), установка поперечной емкостной компенсации (УПЕК), компенсация реактивной мощности, полчасовой суточный график активной мощности.

В предлагаемой статье исследован режим работы ЭКДС, включающего в себя ВНУ с ПП, по фактическим полчасовым суточным графикам его электропотребления за полный технологический цикл и определены следующие фактические энергетические параметры: коэффициент загрузки электрического привода, коэффициенты активной и реактивной мощности. Актуальность использования указанного комплекса обусловлена требованиями программы энергосбережения РФ. При одной и той же производительности в сутки малodeбитной скважины с нефтью повышенной вязкости установленная мощность электропривода ВНУ на рис. 1, а приблизительно в 3 раза меньше, чем ШСНУ со станком-качалкой (рис. 1, б). Это обусловлено изменением технологии добычи, связанной с заменой возвратно-поступательного движения на вращательное, а циклического режима работы скважины — на длительный (до 5 сут.). Было проведено технико-экономическое сравнение режимов работы указанных комплексов и их энергетических параметров. Известно, что ШСНУ со станком-качалкой характеризуется наличием громоздкого, металлоемкого наземного оборудования, большой номинальной мощностью электродвигателя, а установки

с электроцентробежным (УЭЦН) и винтовым насосами, содержащие погружные электродвигатели, довольно дорогостоящи в эксплуатации и сложны в обслуживании. Кроме того, им свойственны цикличность режима и неустойчивость работы при добыче жидкости с высоким содержанием механических примесей и газа.

С целью устранения указанных недостатков, а также для решения проблемы откачки из пласта нефтяной эмульсии повышенной вязкости целесообразно в качестве добывающего оборудования применять ВНУ с ПП. В условиях, когда винт вращается с помощью колонны штанг от поверхностного привода, обеспечивается низкая частота вращения винта, что в свою очередь создает благоприятные условия для пласта. К тому же ВНУ с ПП обладают рядом других преимуществ по сравнению с широко распространенными ШСНУ и УЭЦН.

При эксплуатации винтовых насосов происходит значительно меньшее перемешивание перекачиваемой жидкости, чем при использовании центробежных насосов, в связи с чем предотвращается образование стойкой эмульсии из нефти с водой. Из-за отсутствия клапанов и сложных проходов винтовые на-



Рис. 1. Электротехнические комплексы добывающей скважины: ВНУ с ПП (а), ШСНУ (б); станции управления ВНУ (в) и ШСНУ (г)

сосы имеют простую конструкцию и небольшие гидравлические потери. Кроме того, при откачке жидкостей с механическими примесями они обладают повышенной надежностью, а именно от надежности напрямую зависят объем добычи нефти и ее себестоимость. Поэтому очень важно определить наиболее рациональные режимы их эксплуатации.

На рис. 2, а показана однолинейная структурная схема электроснабжения ЭКДС, включающая в себя ВНУ с поверхностным приводом [1]. Здесь указаны: ВЛ — участок воздушной линии электропередачи, являющийся отпайкой от отходящей магистральной линии; ПР — предохранитель; ВН — выключатель нагрузки; N — точка узла индивидуального коммерческого учета электрической энергии; УПК с БУиЗ для компенсации потерь напряжения; Т — понижающий силовой трансформатор; К — контактор; УПЕК; АД — асинхронный двигатель; КЛ — кабельная линия, питающая СН; М — точка узла индивидуального технического учета электрической энергии.

На рис. 2, б дана схема замещения однолинейной структурной схемы электроснабжения ЭКДС, включающего в себя ВНУ с ПП и скважинный нагреватель, на которой приведены параметры замещения АД, а также активные $R_{ВЛ}$, R_T и индуктивные $X_{ВЛ}$, X_T сопротивления соответственно ВЛ и силового трансформатора; емкостное сопротивление УПК $X_{УПК}$ и его шунтирующее сопротивление $R_{ш}$; емкостное сопротивление УПЕК $X_{УПЕК}$; активные $R_{КЛ}$, $R_{СН}$ и индуктивное $X_{КЛ}$ сопротивления питающей КЛ и СН.

Режим работы ВНУ с ПП — длительный. Время цикла определяется из суточного графика на рис. 3, а: $t_{ц} = 13\ 200$ мин, или 220 ч. Число циклов работы ВНУ с ПП в месяц $n_m = 2,5$, а в год $n_r = 30$. Среднее значение потребляемой активной мощности ВНУ с ПП (при паспортных данных АД типа АД 4А132М6УЗ: $P_{ном} = 7,5$ кВт; $U_{ном} = 380$ В; $\eta = 0,855$; $\cos \varphi = 0,81$; $n_{ном} = 968$ об/мин) за полный технологический цикл составляет $P_{ср1} = 4,275$ кВт (см. рис. 3, а). Фактический коэффициент загрузки электрического привода

Фактический коэффициент загрузки электрического привода

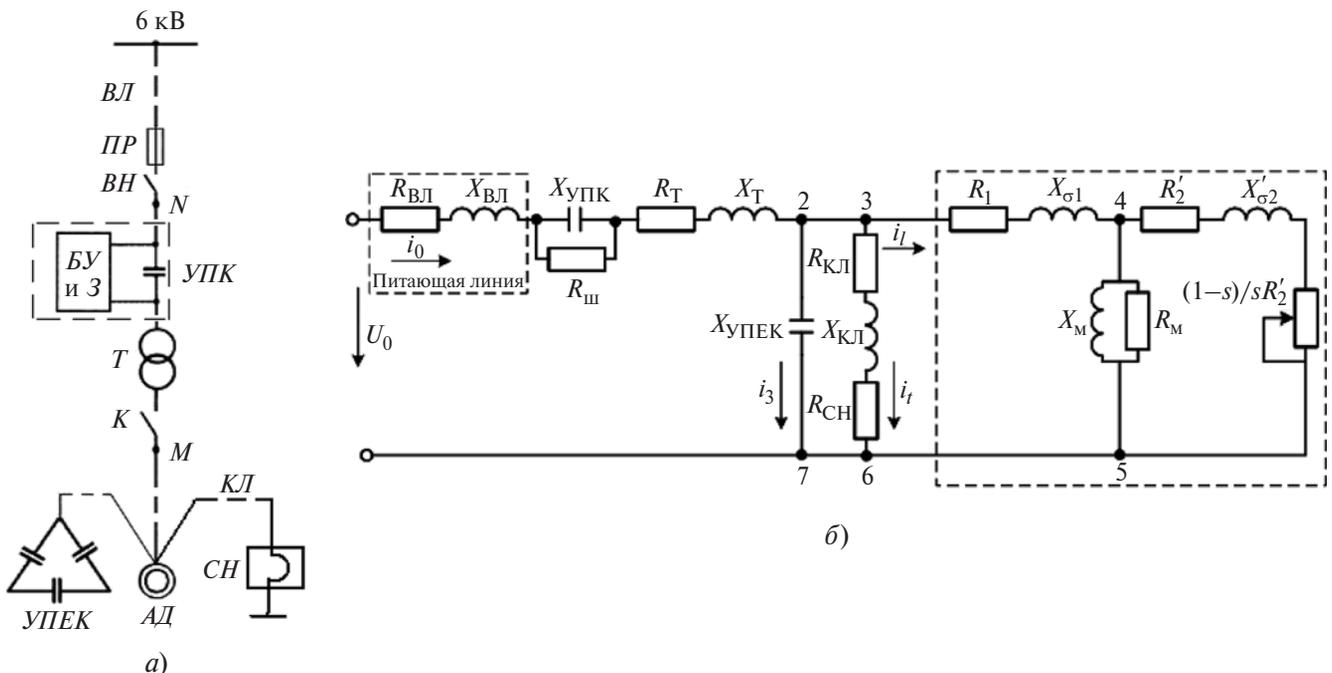


Рис. 2. Однолинейная структурная схема (а) и схема замещения (б) электротехнического комплекса добывающей скважины, включающего в себя ВНУ с ПП и скважинный нагреватель

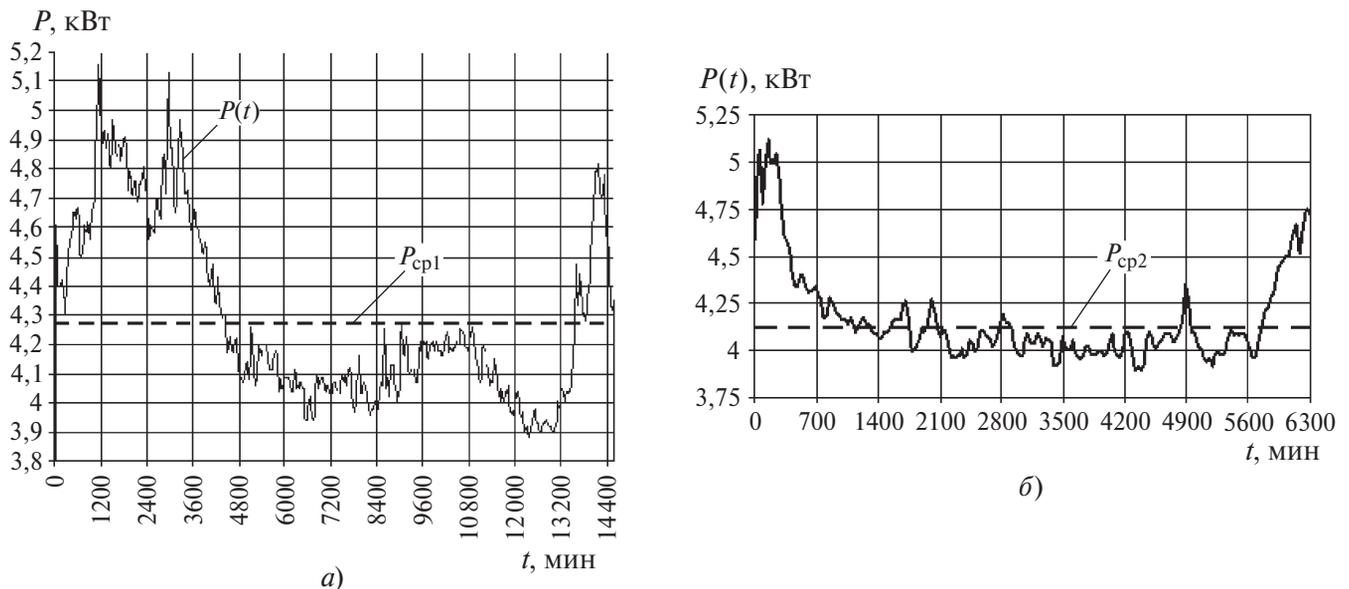


Рис. 3. Полукасовой суточный график активной мощности ВНУ с ПП за полный технологический цикл:

а — без индивидуальной УПЕК; б — с индивидуальной УПЕК

да $k_3 = 0,57$. Коэффициент мощности АД $\cos \varphi_{cp1} = P_{cp1}/S_{ном1} = 4,275/9,26 = 0,46$ (где $S_{ном1} = 9,26$ кВ · А — полная мощность АД). Коэффициент реактивной мощности $\operatorname{tg} \varphi_{cp1} = Q_{ном}k_3/P_{cp1} = 1,09$ (где $Q_{cp1} = Q_{ном}k_3$ — средняя фактическая реактивная мощность АД с учетом коэффициента загрузки).

При использовании индивидуальной УПЕК $\operatorname{tg} \varphi_{к.у} = 0,69$. При этом реактивная мощность УПЕК $Q_{к.у} = \operatorname{tg} \varphi_{к.у} P_{cp1} = 0,69 \times 4,275 = 2,95$ квар. Среднее значение активной мощности в соответствии с фактическим получасовым суточным графиком $P_{cp2} = 4,125$ кВт (см. рис. 3, б), при этом снижение потерь активной мощности $\Delta P_{cp} = 0,15$ кВт.

Потребление электрической энергии асинхронным двигателем ВНУ с ПП в случае применения индивидуальной УПЕК $W_{cp2} = P_{cp2}t_{ц} = 907,5$ кВт · ч (где $t_{ц}$ — время работы за полный технологический цикл), а потребление АД ШСНУ $W_2 = P_{cp2}ШСНУt_{ц} = 2664,2$ кВт · ч [2].

При сравнении данных насосных установок получаем, что объем потребляемой электроэнергии за один цикл снизился на 1756,7 кВт · ч. Суммарное снижение затрат электрической энергии за год

$$\Sigma \Delta W = \Delta W n_{\Gamma} = 1756,7 \cdot 30 = 52\,701 \text{ кВт} \cdot \text{ч}.$$

Таким образом, эксплуатация ВНУ с ПП вместо ШСНУ со станком-качалкой при одной и той же производительности в сутки на малодобитной скважине с нефтью повышенной вязкости обеспечивает значительное уменьшение массогабаритных параметров ЭКДС, а

также снижение среднего значения потребляемой активной мощности и электрической энергии за год, что в свою очередь обуславливает существенное уменьшение себестоимости продукции.

При производительности насосных установок в месяц $G = G_{ШСНУ}t_{\text{м}} = G_{\text{ВНУ}}t_{\text{ц}}n_{\text{м}} = 250 \text{ м}^3$ (где $t_{\text{м}}$ — время работы ШСНУ в месяц, ч) снижение удельных норм затрат электрической энергии и мощности на подъем нефтяной эмульсии из скважины определяется соответственно по формулам:

$$\Delta g = \frac{\Delta W n_{\text{м}}}{G} = 1756,7 \cdot 2,5/250 = 17,56 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^3;$$

$$\Delta p = \Delta g/24 = 0,732 \text{ кВт}/\text{м}^3.$$

По схеме замещения (см. рис. 2, б) получены аналитические зависимости, учитывающие новые элементы (скважинный нагреватель с питающим кабелем) и их связи при составлении системы дифференциальных уравнений для исследования процесса самозапуска.

Список литературы

1. Нурбосынов Д. Н., Табачникова Т. В., Швецова Л. В. Разработка математической модели электротехнического комплекса добычной скважины с винтовой насосной установкой: Ученые записки АГНИ. — Альметьевск: АГНИ, 2010, т. 8.
2. Швецова Л. В., Табачникова Т. В., Нурбосынов Э. Д. Анализ результатов энергетических показателей практической эксплуатации винтовой насосной установки с поверхностным приводом: Ученые записки АГНИ. — Альметьевск: АГНИ, 2012, т. X., ч. 1.

shvetskova_l@mail.ru