

О. В. Смирнов, В. А. Копырин

O. V. Smirnov, V. A. Kopyrin

Тюменский государственный нефтегазовый университет, г. Тюмень

*Ключевые слова: внутрискважинный компенсатор реактивной мощности;
установка электроцентробежных насосов; погружной электродвигатель*

*Key words: downhole reactive capacity compensator; installation of electric submersible pumps;
submersible electric motor*

В настоящее время увеличение объемов добычи нефти и газа достигается за счет использования современных разработок и технологий.

В нефтедобывающей отрасли при эксплуатации нефтяных скважин наибольшее распространение получили установки погружных электроцентробежных насосов (УЭЦН). Ими оснащено свыше 65 % фонда нефтедобывающих скважин [1, 2]. В России эксплуатационный фонд скважин компании ОАО «ЛУКОЙЛ» в четвертом квартале 2012 года составил 29,6 тыс. единиц, а доля скважин, оборудованных УЭЦН составила 78,4 %. Применение погружных электродвигателей (ПЭД) в составе УЭЦН имеет один недостаток — большое количество потребляемой реактивной мощности (в зависимости от мощности двигателя — в среднем 80 квар).

В токопроводящей сети процессы в нагрузке имеют индуктивную и емкостную составляющие. Полная мощность определяется по формуле

$$S = \sqrt{P^2 + (Q_L - Q_C)^2}, \quad (1)$$

где S — полная мощность, ВА; P — активная мощность, Вт; Q_L — индуктивная мощность, вар; Q_C — емкостная мощность, вар.

Реактивная мощность не выполняет полезной работы и ухудшает качество электроэнергии. Также нагрузка системы электроснабжения реактивными токами увеличивает потери активной мощности в сетях из-за увеличения падения напряжения в токопроводящей сети, что приводит к необходимости увеличения сечений проводов и токопроводящих жил кабелей, увеличению капитальных затрат на внешние и внутримплощадочные сети.

В качестве электрического привода к установкам электроцентробежных насосов в основном используются погружные асинхронные трехфазные электродвигатели (АД). Коэффициент мощности установок с погружными электроцентробежными насосами, определяемый в основном $\cos \varphi$ ПЭД, находится в пределах 0,7–0,85 при номинальной нагрузке и может снижаться до 0,6–0,75 при недогрузках. Коэффициент мощности определяется по формуле

$$\cos \varphi = \frac{P}{\sqrt{P^2 + (Q_L - Q_C)^2}}. \quad (2)$$

Из формулы 2 видно, что чем меньше разность $Q_L - Q_C$, тем больше коэффициент мощности при $Q_L - Q_C = 0$, $\cos \varphi = 1$.

При работе УЭЦН характер потребляемой мощности активно-индуктивный. Для увеличения коэффициента мощности компенсируют индуктивную составляющую.

Разработанные на данный момент технические устройства для компенсации индуктивной реактивной мощности (УКРМ) устанавливаются только на трансформаторных подстанциях или на станциях управления скважинами [3]. УКРМ в процессе работы увеличивает $\cos \varphi$ электросети до оптимального значения близкого к 0,95–1. Регулиро-

вание коэффициента мощности происходит под управлением специального микропроцессорного регулятора, который отслеживает в реальном времени значение коэффициента мощности и корректирует его за счет подключения или отключения необходимого числа батарей конденсаторов.

Однако такое решение не позволяет компенсировать реактивную мощность в питающих кабелях УЭЦН, длина которых может достигать 3 000 м. Это приводит к необходимости увеличения сечений кабелей и к повышенным потерям активной мощности в них до 15 %. Предлагается перенести компенсирующее устройство из станции управления в непосредственную близость к ПЭД. Это снизит энергопотребление за счет уменьшения потерь активной мощности в кабеле.

На рис. 1 приведена обобщенная структурная схема УЭЦН с внутрискважинным компенсатором реактивной мощности.

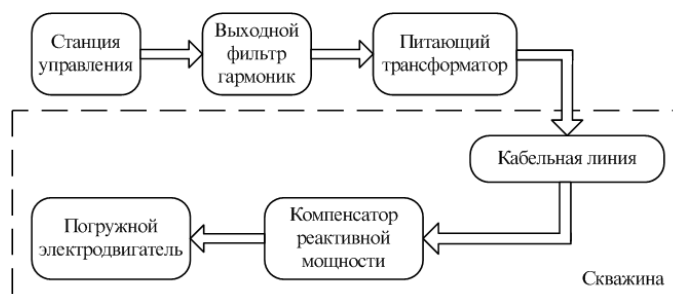


Рис. 1. Обобщенная структурная схема УЭЦН с внутрискважинным компенсатором реактивной мощности

На сегодняшний день на рынке нефтяного оборудования такие компенсаторы не представлены в виде серийного изделия.

Разработана модель погружного электродвигателя с повышенным коэффициентом мощности, в корпусе которого размещены статор, ротор, узел токоввода, система гидрозащиты. Дополнительно к ПЭД жестко присоединен модуль с закрепленным внутри него низковольтным косинусным конденсатором [4].

К недостатку данного устройства можно отнести приводящее к перекомпенсации отсутствие возможности регулирования вырабатываемой реактивной мощности. При перекомпенсации повышается напряжение в сети, что может вызвать повреждения всех чувствительных к изменению напряжения приборов и устройств. В свою очередь это может привести к серьезным авариям.

Данный недостаток устранен в предлагаемом внутрискважинном компенсаторе реактивной мощности (ВКРМ), в корпусе которого кроме косинусных конденсаторов дополнительно устанавливается система управления (СУ) (рис. 2) [5]. Корпус выполнен с возможностью соединения с электродвигателем.

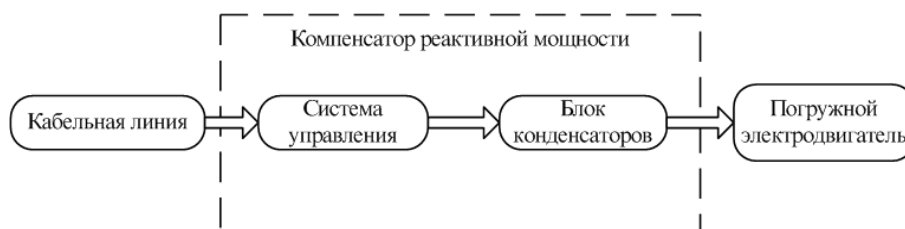


Рис. 2. Обобщенная структурная схема системы ПЭД — ВКРМ

Регулирование вырабатываемой реактивной мощности осуществляется за счет использования блока системы управления (СУ), который коммутирует необходимое число косинусных конденсаторов для поддержания оптимального $\cos\varphi$ в пределах 0,95–1. Ко-

личество и емкость конденсаторов зависит от мощности компенсирующего устройства. Для возможности электрических соединений внутри корпуса установлены шинопроводы. Предложенный ВКРМ за счет наличия СУ позволяет регулировать вырабатываемую реактивную мощность, уменьшая риск появления перекомпенсации.

При работе внутри скважины устройство и его компоненты испытывают воздействие таких вибрации, высоких температур до 150 °С [6], агрессивной среды, высокого давления до 30 МПа и т. д.

Таким образом, предложенный внутрискважинный компенсатор реактивной мощности позволит увеличить энергоэффективность установки электроцентробежного насоса, повысить коэффициент мощности питающей сети ПЭД до значения близкого 0,95–1 и уменьшить сечение питающего кабеля.

Целесообразны дальнейшие исследования возможности повышения эффективности использования электроэнергии погружными насосами за счет применения компенсирующих устройств непосредственно в скважине с определением оптимальных параметров управления и габаритов.

Список литературы

1. Здольник С. Е. Совершенствование электроцентробежной насосной установки для скважин с высокой пластовой температурой: автореф. дис. канд. тех. наук: 05.02.13 / Здольник Сергей Евгеньевич; Уфим. гос. нефтяной техн. ун-т. – Уфа, 2008. – 22 с.
2. Белусенко И. В., Шварц Г. Р., Великий С. Н., Ершов М. С., Яризов А. Д. Новые технологии и современное оборудование в электроэнергетике нефтегазовой промышленности. – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2007. – 478 с.
3. Ковалев А. Ю. К вопросу о применении аппарата конформных отображений при моделировании установок электроцентробежных насосов / А. Ю. Ковалев // Омский научный вестник. – 2013. – № 1 (117). – С. 209–211.
4. Погружной электродвигатель с повышенным коэффициентом мощности: Пат. № 2685660 РФ, МПК H02K 5/12, F04D 13/08 / Н. Г. Ибрагимов, Р. Г. Заббаров и т. д. – № 2014116437/07; заявл. 23.04.2014; опубл. 10.09.2014.
5. Внутрискважинный компенсатор реактивной мощности: Пат. № 145053 РФ, МПК G05F1/70, H02J3/18 / В. А. Копырин, Н. В. Гара, А. Л. Портнягин, О. В. Смирнов – № 2014116437/07; заявл. 23.04.2014; опубл. 10.09.2014.
6. Мещанов Г. И. Тепловой расчет кабеля-удлинитель в нефтяной скважине. ПТНЖ «Электро». – 2010. – № 1. – С. 33–35.

Сведения об авторах

Смирнов Олег Владимирович, д. т. н., профессор кафедры «Электроэнергетика», Тюменский государственный нефтегазовый университет, г. Тюмень, тел. 89129275192, e-mail: oleg_smirnov_1940@mail.ru

Копырин Владимир Анатольевич, аспирант кафедры «Электроэнергетика», Тюменский государственный нефтегазовый университет, г. Тюмень, тел. 89129942447, e-mail: kopyrinva@gmail.com

Information about the authors

Smirnov O. V., Doctor of Engineering, professor of the chair «Electric power engineering», Tyumen State Oil and Gas University, phone: 89129275192, e-mail: oleg_smirnov_1940@mail.ru

Kopyrin V. A., postgraduate of the chair «Electric power engineering», Tyumen State Oil and Gas University, phone: 8129942447, e-mail: kopyrinva@gmail.com