

УДК 621.316.925(088.8)

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОГРУЖНЫХ  
ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ В ТРЕХФАЗНОМ И ОДНОФАЗНОМ  
КОНДЕНСАТОРНОМ РЕЖИМАХ**

**САИДОВ Р.А.**

*Азербайджанский Технологический Университет*

В статье приводятся результаты экспериментальных исследований погружных электродвигателей в трехфазном и однофазном конденсаторном режимах работы с применением разработанного защитно-переключающего устройства. Представлены основные рабочие характеристики, а также зависимости фазных токов от полезной мощности, приведены осциллограммы напряжений и токов погружных электродвигателей в указанных режимах.

С целью сопоставления расчетных величин с опытными, а также изучения изменения напряжений и токов погружного электродвигателя при обрыве фаз с применением разработанного автором защитно-переключающего устройства (ЗПУ), были проведены экспериментальные исследования.

Объектом исследования выбран погружной электродвигатель типа ПЭДВ-2,8-140 как наиболее современный и широко применяемый в сельскохозяйственном водоснабжении. Экспериментальные исследования проводились на установке (рис.1), имитирующей работу погружного электронасоса в эксплуатационных условиях, которая работает по замкнутому циклу: бак–скважина–насос–напорная линия–бак. Погружной электронасос установлен внутри скважины и присоединен к напорному трубопроводу. Режимы работы насоса регулировались задвижкой, с помощью которой менялись производительность и напор в питающей линии. Для учета и определения расхода воды в напорной линии установлен расходомер, заранее тарированный объемным способом. Напор, развиваемый насосом, во время опытов замерялся с помощью образцового манометра МО класса 0,4. Все электрические величины: напряжение, сила тока и мощность замерялись при помощи переносного электроизмерительного комплекта К51 класса 0,5. В качестве фазосдвигающего элемента использовался конденсатор типа МБГЧ с номинальным напряжением 500 В. Во время опытов загрузка двигателя изменялась с помощью задвижки, установленной на напорной линии, а напряжение питания электродвигателя – с помощью индукционного регулятора. Обрыв фазы имитировался с помощью однополюсных выключателей В<sub>А</sub>, В<sub>В</sub>, В<sub>С</sub>, включенных в каждую из фаз питания электродвигателя. Электрическая схема экспериментальной установки приведена на рис.2. При проведении опытов соблюдались требования, предъявляемые ГОСТ 11828-85, ГОСТ 7217-86 и ОСТ 26-06-1161-85.

В однофазный конденсаторный режим двигатель автоматически переводился с помощью разработанного защитно-переключающего устройства [1], вмонтированного в станцию управления погружными электронасосами типа ПЭТ5101. При опытном снятии рабочих характеристик величина рабочей фазосдвигающей емкости выбиралась согласно номограмме, разработанной автором [2].

При испытаниях температура воды в установке не превышала 20°С, что находилось в пределах допустимых значений [3]. Сопротивление обмотки статора при расчете

рабочих характеристик, согласно ОСТу 26-06-1161-85, приводилось к расчетной рабочей температуре  $+60^{\circ}\text{C}$ .

По данным замеров, полученных в процессе эксперимента, были построены основные рабочие характеристики, а также зависимости фазных токов от полезной мощности электродвигателя. Напряжения и токи электродвигателя при обрыве фазы, а также с действием ЗПУ были записаны с помощью осциллографа НО41У4.2.

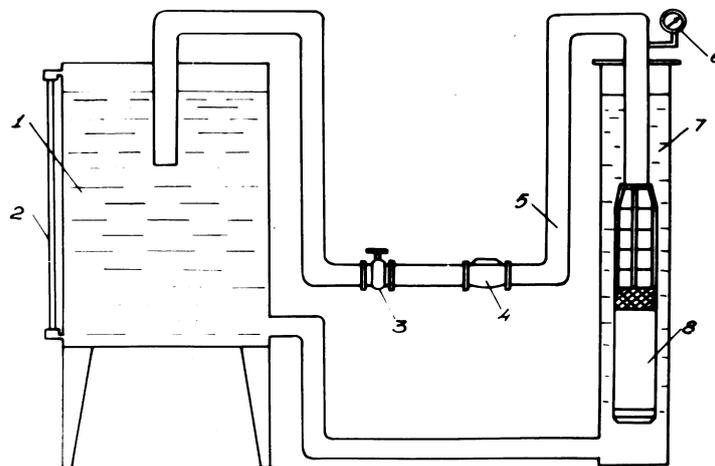


Рис. 1. Принципиальная схема экспериментальной установки: 1- бак; 2 – водомерное стекло; 3 – регулировочная задвижка; 4 – расходомер; 6 - напорный трубопровод; 6 –манометр; 7 – скважина; 8 – погружной электронасос

При этом схема ЗПУ исследовалась на четкость и своевременность перевода погружного электродвигателя в однофазный конденсаторный режим работы при появлении неполнофазных режимов.

При опытном снятии рабочих характеристик в однофазном конденсаторном режиме использована расчетная фазосдвигающая емкость в  $55 \text{ мкФ}$  ( $x_c^* = 1,84$ ).

На рис. 3 представлены экспериментальные рабочие характеристики погружного электродвигателя ПЭЛВ-2,8-140 при трехфазном и однофазном конденсаторном режимах работы. Из рисунка видно, что ток двигателя в однофазном конденсаторном режиме работы при малых нагрузках (примерно  $0,45 P_n$ ) меньше, а при других нагрузках больше тока в случае трехфазного режима. Меньшее значение тока при однофазном конденсаторном режиме объясняется перекомпенсацией реактивной мощности двигателя мощностью фазосдвигающего конденсатора. Также видно, что коэффициент мощности  $\cos\phi$  двигателя при однофазном конденсаторном режиме на всем диапазоне изменения полезной мощности выше, чем при трехфазном, а при нагрузке  $(0,5 \dots 0,6) P_n$  она достигает значения, примерно равного единице. Это тоже связано с тем, что при однофазном конденсаторном режиме значительная часть реактивной мощности электродвигателя покрывается мощностью фазосдвигающего конденсатора. Однако при дальнейшем уменьшении загрузки двигателя коэффициент мощности  $\cos\phi$  снижается, наступает состояние перекомпенсации, при котором часть реактивной мощности конденсатора отдается в питающую сеть.

Установлено, что КПД двигателя -  $\eta$  в однофазном конденсаторном режиме работы во всем диапазоне изменения нагрузки меньше, чем в трехфазном. Это связано с тем, что магнитное поле погружного электродвигателя при однофазном конденсаторном режиме не является идеально круговым, а бывает несколько эллиптическим и содержит обратно вращающуюся составляющую, которая вызывает дополнительные потери

мощности в стали и в обмотке. Кроме того, это магнитное поле уменьшает полезную мощность двигателя, которую он имел бы при наличии только прямо вращающейся составляющей.

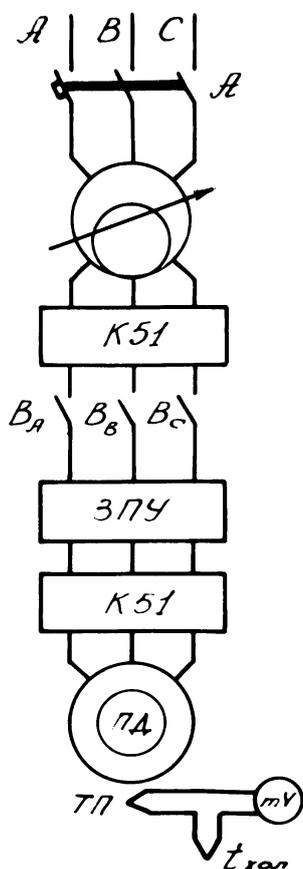


Рис.2. Принципиальная электрическая схема испытания погружного двигателя

Результаты проведенных исследований свидетельствуют о том, что при однофазном конденсаторном режиме работы электродвигателя одна из его фаз оказывается перегруженной, вследствие чего нагрев ее увеличивается. Например, при нагрузке  $P_2 = 0,9 P_n$  и величине фазосдвигающей емкости  $C = 55$  мкФ значение тока в наиболее нагруженной фазе получается на 24% больше, а при  $P_2 = 0,8 P_n$  только на 10% больше номинального. При этом экспериментальные данные достаточно хорошо совпадают с расчетными.

На рис. 5 приведены осциллограммы напряжений и токов статора погружного двигателя ПЭДВ-2,8-140 при обрыве фазы без и с применением ЗПУ, которые записаны в одних и тех же масштабах. Из осциллограмм видно, что при появлении обрыва фазы питающей сети ЗПУ мгновенно переводит электродвигатель в однофазный конденсаторный режим работы, а время срабатывания при этом составляет примерно 0,1 с.

В результате экспериментов установлено, что применение ЗПУ может обеспечивать не только надежную защиту электродвигателей погружных насосов от неполнофазных режимов, но и их бесперебойную работу с целью сохранения непрерывности технологических процессов.

На рис. 4 приведены зависимости фазных токов от полезной мощности погружного электродвигателя в однофазном конденсаторном режиме, полученные расчетными и экспериментальными путями.

Здесь величина фазосдвигающей емкости составляет  $C = 55$  мкФ, которая выбрана из условия наименьшего искажения фазных величин при коэффициентной нагрузке  $K_3 = 0,9 P_n$ , согласно разработанной номограмме [2].

Анализ этих зависимостей свидетельствует о том, что изменение токов в разных фазах неодинаково. Если ток фазы А с уменьшением нагрузки уменьшается, то ток фазы В, наоборот, возрастает, достигая наибольшего значения при холостом ходе. При этом ток фазы С изменяется неоднозначно, то есть сначала уменьшается, затем, достигнув минимального значения, начинает возрастать. Такое изменение тока фазы С объясняется тем, что при незначительной нагрузке фаза работает в генераторном режиме и ее активная мощность является отрицательной, а с возрастанием нагрузки, она переходит из генераторного режима в двигательный.

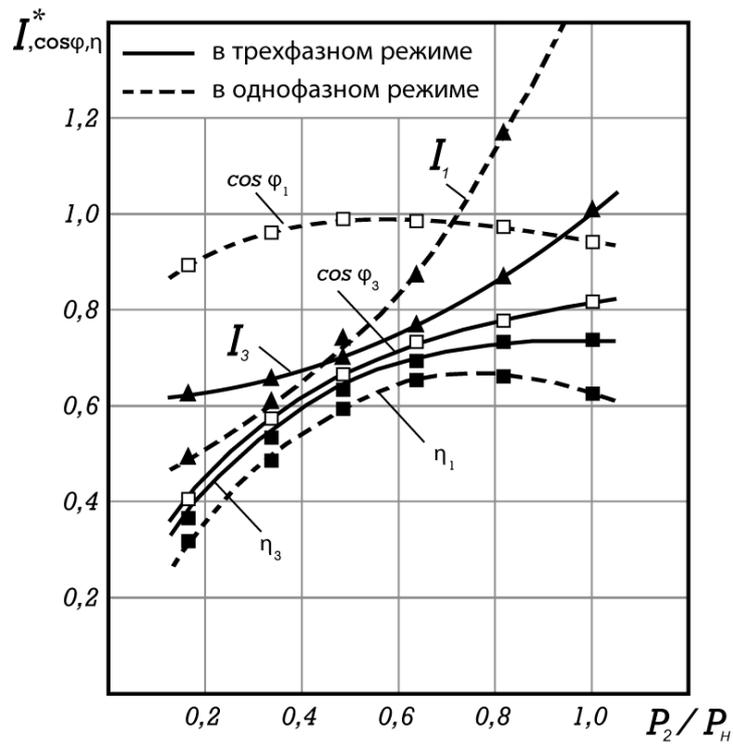


Рис. 3. Основные рабочие характеристики погружного электродвигателя ПЭДВ-2,8-140.

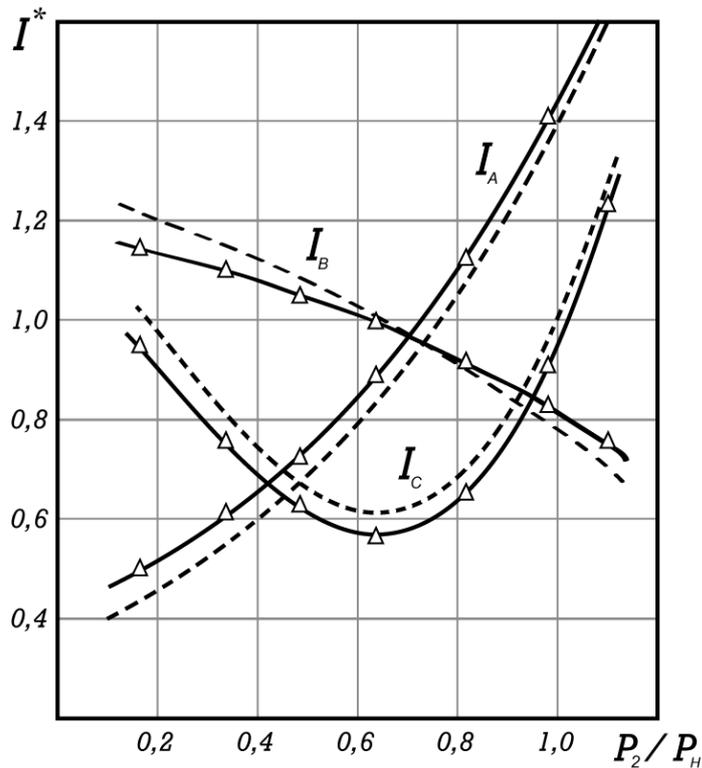
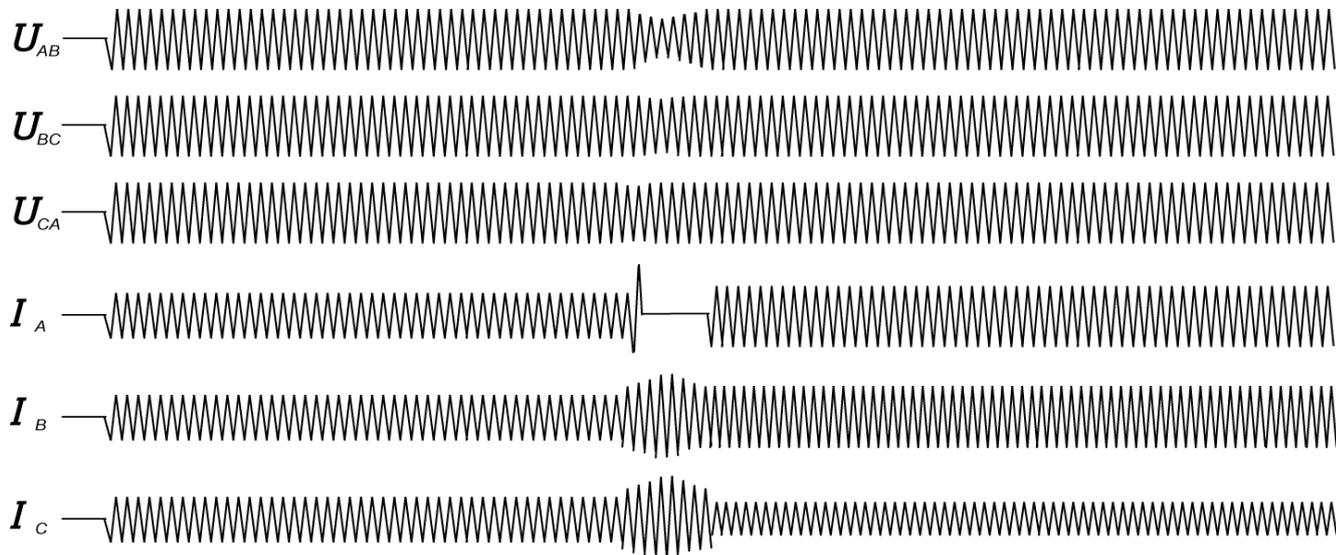


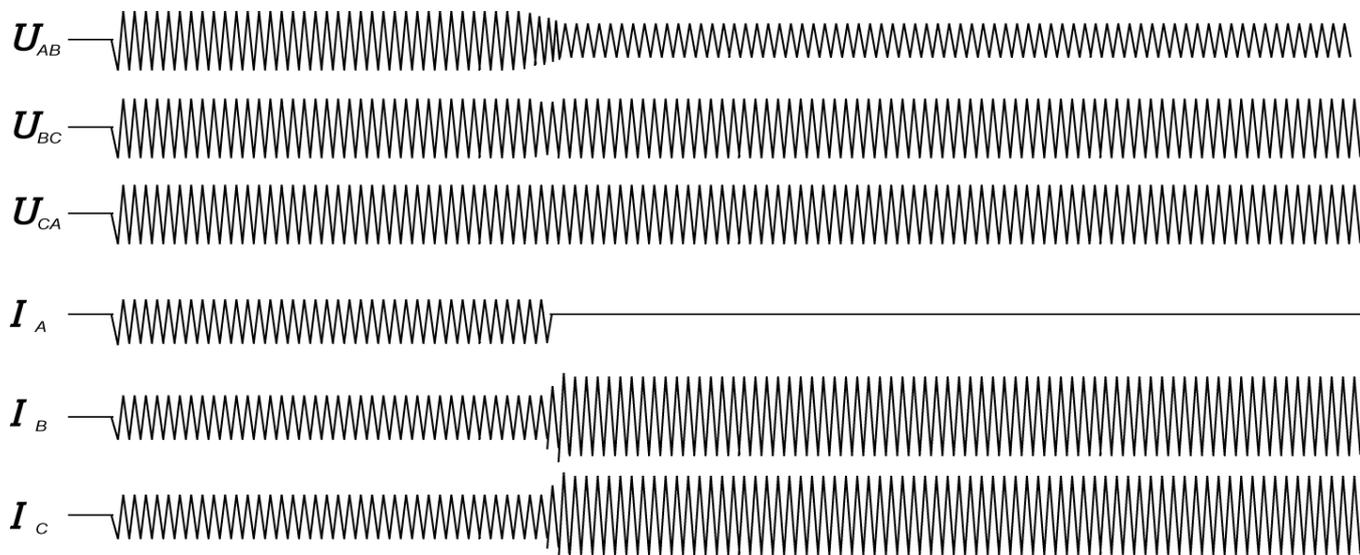
Рис. 4. Зависимость фазных токов от полезной мощности погружного электродвигателя ПЭДВ-2,8-140 в однофазном конденсаторном режиме с фазосдвигающей емкостью  $C_p = 55$  мкФ:

- по данным эксперимента;
- - - по данным расчета.

В результате анализа проведенных исследований можно сделать заключение о том, что погружные электродвигатели скважинных насосов могут быть при необходимости использованы также в качестве однофазных конденсаторных.

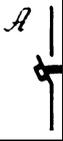


*a)*



*б)*

Рис. 5. Осциллограммы напряжений и токов статора погружного электродвигателя ПЭДВ-2,8-140 при обрыве фазы: а – без ЗПУ; б – с ЗПУ.



1. Саидов Р.А. Устройство для защиты трехфазного электродвигателя от обрыва фазы. Промышленная собственность (изобретения). Офиц. Бюлл. Гос. Агентство по Стандартизации, Метрологии и Патентам АР, №1, 2003, с.63.
2. Саидов Р.А. Обеспечение непрерывности технологических процессов путем совершенствования защитных устройств электродвигателей (монография). Гянджа, изд-во «АСХА», 2004, - 86 с.
3. Яременко О.В. Испытания насосов. – М.: Машиностроение, 1986.– 225с.

## **DƏRINLIK ELEKTRİK MÜHƏRRİKLƏRİNİN ÜÇFAZALI VƏ BİRFAZALI KONDENSATORLU REJİMLƏRDƏ EKSPERİMENTAL TƏDQIQI**

**SƏİDOV R.Ə.**

Məqalədə dərinlik elektrik mühərriklərinin yeni işlənmiş mühafizə-çevirici qurğusundan istifadə etməklə üçfazlı və birfazlı kondensatorlu rejimlərdə eksperimental tədqiqinin nəticələri verilir. Göstərilən rejimlərdə dərinlik elektrik mühərriklərinin əsas işçi xarakteristikaları, həmçinin faza cərəyanlarının faydalı gücdən asılılığı, cərəyan və gərginliklərin osilloqrammaları təqdim edilir.

## **EXPERIMENTAL RESEARCHES OF THE SUBMERSIBLE ELECTRIC MOTORS IN THREE- AND SINGLE-PHASE CONDENSER OPERATING MODES**

**SAIDOV R.A.**

In the article the results of experimental researches of the submersible electric motors in three-phase and single-phase condenser operating modes are given, with the using of the developed protection device-switching. The basic performance data are presented, and also dependences of phase currents on useful power are resulted, oscillograms of tension and currents submersible electric motors in the specified modes are given.