

VI. ВЫВОДЫ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты расчёта показывают достаточную степень точности программы SZ_MH11, и определяет возможность и целесообразность ее применения на предприятиях по ремонту погружного электрооборудования для определения измененного технического состояния ПЭД послеремонтного обслуживания и контроля его эксплуатационных параметров [8].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ковалев А. Ю., Ковалев Ю. З., Солодянкин А. С. Электротехнологические установки насосной эксплуатации скважин : моногр. Нижневартовск : изд-во НГТУ, 2010. 173 с.
2. Кузнецов Е. М., Ковалев А. Ю., Аникин В. В. Послеремонтное определение эквивалентных параметров асинхронного электродвигателя без применения нагрузочного устройства – электродвигатель с короткозамкнутым ротором // Омский научный вестник. 2017. № 6 (156). С. 76–79.
3. Ковалев А. Ю., Кузнецов Е. М., Аникин В. В. Установка для определения параметров схем замещения асинхронных электродвигателей // Приборы и техника эксперимента. 2010. № 3. С. 162.
4. Вольдек А. И., Попов В. В. Электрические машины. Машины переменного тока: учебник для вузов. СПб.: Питер, 2010. 543 с.
5. Кетков Ю. Л., Кетков А. Ю., Шульц М. М. MATLAB 7: программирование, численные методы. СПб.: БХВ-Петербург, 2005. 737 с.
6. Аникин В. В., Кузнецов Е. М., Ковалев А. Ю. Программное обеспечение для расчета параметров схем замещения асинхронного погружного электродвигателя: программа для ЭВМ. М. : ФИПС, 2012. № 2012661262.
7. Электродвигатели погружные асинхронные теплостойкие. Технические условия ТУ3381-026-21945400-97. Введ. 20.01.1998. 179 с.
8. Ковалев В. З., Хамитов Р. Н., Кузнецов Е. М., Аникин В. В., Бессонов В. О. Определение эксплуатационных параметров погружных асинхронных электродвигателей по идентификационным параметрам Т-образной схемы замещения // Омский научный вестник. 2018. № 6(162). С. 36–40.

УДК 621.314.261

УСТАНОВКА ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПАРАМЕТРОВ СХЕМ ЗАМЕЩЕНИЯ ПОГРУЖНЫХ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

В. В. Аникин

Нижневартовский государственный университет, г. Нижневартовск, Россия

Аннотация. Частотное управление погружными асинхронными электродвигателями требует исследование его работы в составе электротехнических комплексов установок электроцентробежных насосов на базе моделирования. Данный подход ориентирован на разработку методов идентификации параметров его схем замещения по экспериментальным данным. Целью разработки являлось создание установки для регистрации и обработки экспериментальной кривой затухания тока статора погружного асинхронного двигателя. Приводится описание конструкции и принципа действия установки для регистрации и обработки кривой затухания тока статора погружного асинхронного двигателя. Установка позволяет реализовать методику для определения параметров Т-образной схемы замещения погружных асинхронных электродвигателей с использованием интеграла кривой затухания тока обмотки статора без дополнительного перехода к частотным характеристикам. Мобильная установка способна достоверно регистрировать в электротехнических объектах с индуктивной реакцией переходные процессы затухания тока в диапазоне от 1А до 15А с относительной погрешностью не более 2% и в диапазоне тока от 1А до 0,1А с относительной погрешностью не более 6% при длительности переходных процессов от 0,07 с.

Ключевые слова: *стенд, испытания, схема, переходная характеристика, погрешность.*

DOI: 10.25206/2310-4597-2019-1-28-33

I. ВВЕДЕНИЕ

Надежное и энергосберегающее частотное управление погружными асинхронными электродвигателями (ПЭД) требует исследование его работы в составе электротехнических комплексов (ЭТК) установок электроцентробежных насосов (УЭЦН). Этот подход ориентирован на разработку методов идентификации параметров его схем замещения по экспериментальным данным. Информация о состоянии ПЭД особа актуальна для сер-

висных организаций, обслуживающих ЭТК УЭЦН нефтедобывающих предприятий, для предэксплуатационной оценки технического состояния отремонтированных асинхронных ПЭД. Данный подход можно реализовать без наличия сложного испытательного оборудования для исследования ПЭД, он делает возможным определение энергетических показателей, пусковых, рабочих, механических характеристик ПЭД в составе ЭТК УЭЦН непосредственно на нефтяных месторождениях. Данная информация позволяет обеспечить оптимальные и надежные режимы эксплуатации послеремонтных асинхронных ПЭД ЭТК УЭЦН в скважинах, что в конечном итоге скажется на надежности работы всего куста нефтяного месторождения.

II. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Установка для идентификации параметров схем замещения погружных асинхронных электродвигателей должна иметь малое выходное сопротивление, удовлетворяющее условию: внутреннее сопротивление установки – значительно меньше, чем сопротивления фазы статорной обмотки ПЭД, и не влиять на характеристику затухания тока статора. Установка должна позволять определять параметры схем замещения ПЭД, включать возможность работы в нелинейных режимах, вызванных насыщением магнитной системы ПЭД и эффектом вытеснения тока в глубокопазных машинах. Принцип действия установки основывается на цифровой регистрации переходной характеристики затухания тока обмотки статора ПЭД, программном определении параметров схем замещения, однозначно связанных с временной характеристикой тока статора. Выдача результатов должна осуществляться в удобной для оператора форме.

III. РАЗРАБОТКА И ОПИСАНИЕ УСТАНОВКИ

Для идентификации эквивалентных параметров погружных асинхронных электродвигателей (ПЭД) разработана и эксплуатируется кейсовая (переносная) установка [1], рис. 1.



Рис. 1. Установки идентификации параметров ПЭД

Установка позволяет определять параметры схемы замещения ПЭД в широком диапазоне режимов работы (до 30...50 А), включая нелинейные режимы, вызванные насыщением магнитной системы ПЭД и эффектом вытеснения тока в глубокопазных электродвигателях. Принцип действия установок основан на цифровой регистрации переходной характеристики затухания $i_{1\text{эсн}}(t)$ обмотки статора ПЭД, программном определении параметров схем замещения однозначно связанных с характеристикой $i_{1\text{эсн}}(t)$ и выдаче их в удобной для пользователя форме.

При испытании ПЭД переходная характеристика $i_{1\text{эсн}}(t)$ аппроксимируется суммой экспоненциальных составляющих, количество которых определяет степень адекватности схемы замещения ПЭД и задается в программной части установки. Параметры экспоненциальных составляющих находятся программным путем. По полученным данным вычисляются параметры схемы замещения ПЭД при заданной ее структуре.

Основой измерителя (рис. 2) является контроллер ATmega16 DD2 принимающий данные с платы управления для задания режимов силовому модулю на MOSFET транзисторах IRL 2505. Второй контроллер DD1 аналогичной модели обеспечивает необходимые режимы для формирования тока, а так же индикацию текущего тока и напряжения на жидкокристаллическом индикаторе в измеряемой цепи посредством датчиков тока, встроенных в выходную цепь измерителя. Источник напряжения на аккумуляторной батарее Delta HR 12-7.2 12 В / 7,2 А·ч способен выдавать ток до 20А при полном отсутствии пульсаций для получения качественной переходной характеристики и стабильности процесса измерения.

Контроллер серии ATmega16 8-разрядный высокопроизводительный AVR микроконтроллер с малым потреблением, и прогрессивной RISC архитектурой 130 высокопроизводительных команд, большинство команд выполняется за один тактовый цикл.

Контроллеры DD1, DD2 реализуют настройку измерителя на необходимый режим получения переходной характеристики и организацию процесса измерения в автоматическом режиме с выдачей сигнала запуска сбора аналого-цифровому преобразователю.

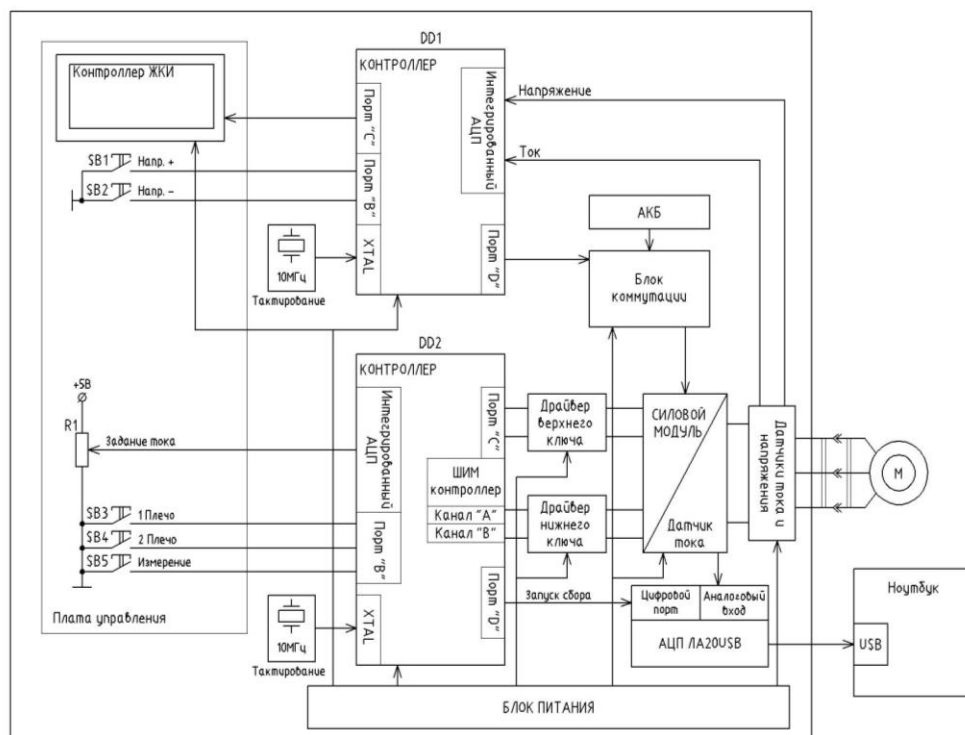


Рис. 2. Функциональная схема измерителя

Управление ключами силовой части реализует контроллер DD2 с помощью драйверов верхнего и нижнего ключа выполненных на микросхеме IR2113 рис. 3, а так же производит формирование ШИМ сигнала с регулируемой скважностью для нижних ключей транзисторов силового модуля.

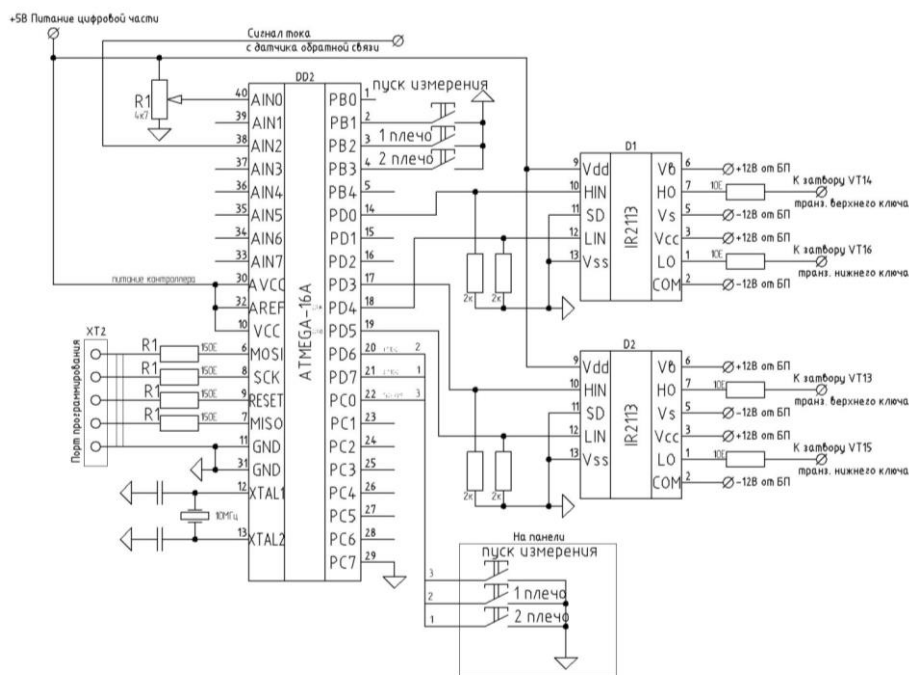


Рис. 3. Принципиальная схема управления силовым модулем

Задание тока реализуется с помощью переменного реостата R1, напряжение с которого измеряется интегрированным АЦП микроконтроллера DD2, канал AIN0. Контроллер пропорционально измеренному напряжению изменяет скважность ШИМ сигнала одного из транзисторов нижних ключей для регулирования тока в обмотке измеряемого двигателя подключаемого в диагональ моста транзисторов силового модуля рис. 4.

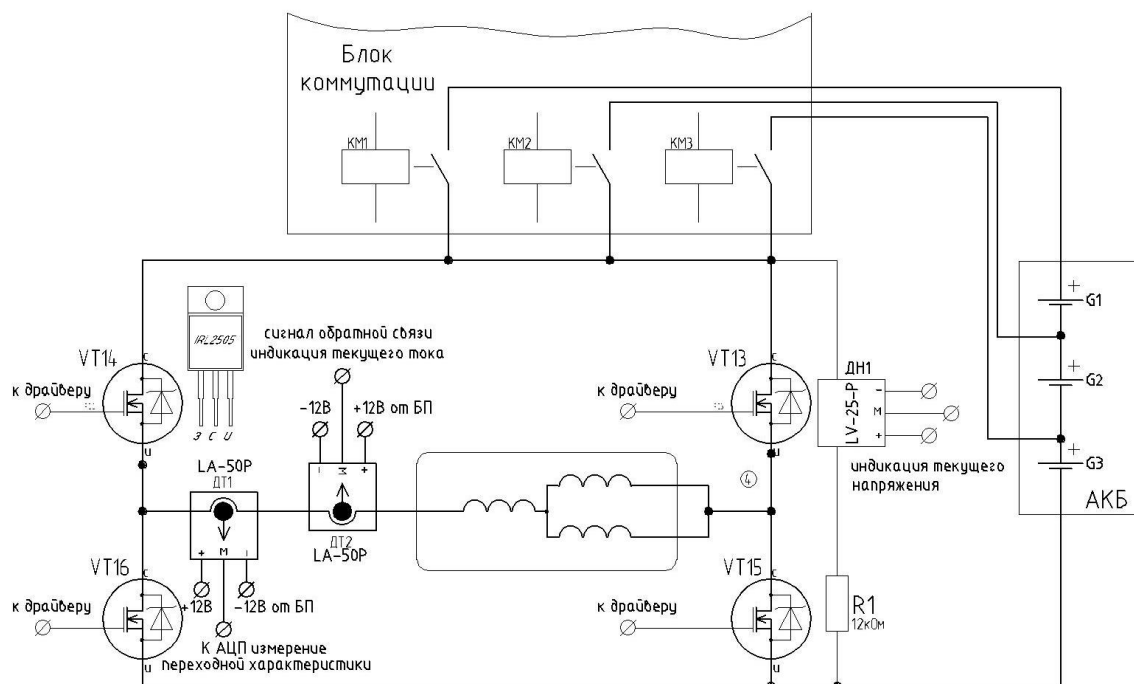


Рис. 4. Принципиальная схема силового модуля с датчиками

Для измерения тока используются датчики ДТ1, ДТ2 типа LA 50-P – компенсационные датчики на эффекте Холла, предназначенные для электронного преобразования токов постоянного, переменного, импульсного и т.д. в пропорциональный выходной ток с гальванической развязкой между первичной (силовой) и вторичной (измерительной) цепями.

Изменение напряжения производится ступенчато путем подключения разного количества аккумуляторов на вход силового модуля, для этого на плате управления установлены кнопки «↑», «↓» (рис. 5).



Рис. 5. Внешний вид платы управления

Измерительная часть рис. 6 состоит из датчика тока ДТ1 с прецизионным резистором R15 390 Ом и отдельным стабилизированным блоком питания. Сигнал с прецизионного резистора поступает на аналоговый вход 16-ти канальной 12-ти разрядной платы устройства сбора данных (АЦП) LA20USB которое по USB кабелю соединяется с ноутбуком.

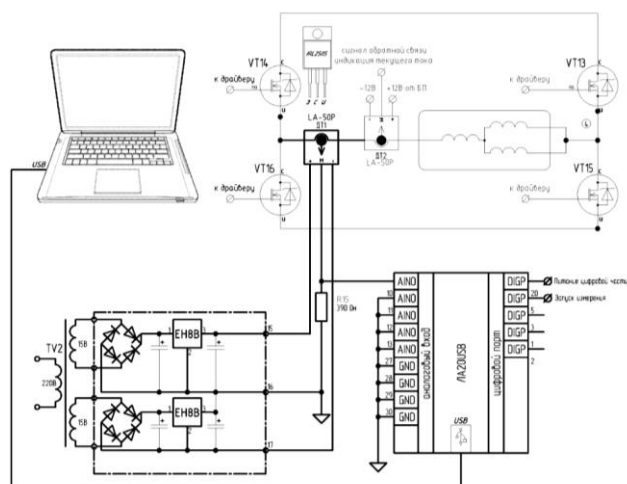


Рис. 6. Принципиальная схема измерительной части

Конструктивные узлы измерителя рис. 7, 8 выполнены на печатных платах, монтаж выполнен несколькими ярусами для установки в защитный кейс. В нижней части установлена основная плата рис. 9 с АЦП, над платой на DIN рейке установлены магнитные пускатели КМ1, КМ2, КМ3.

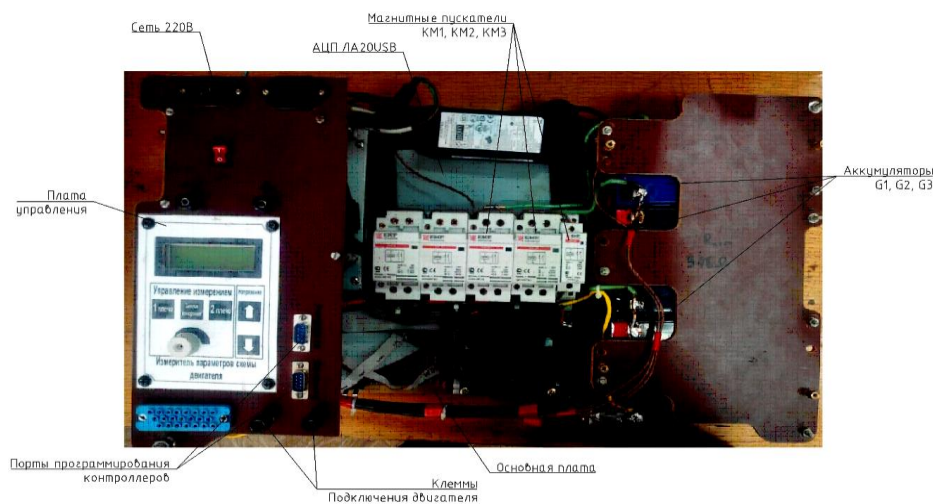


Рис. 7. Основные узлы измерителя (ноутбук не показан)

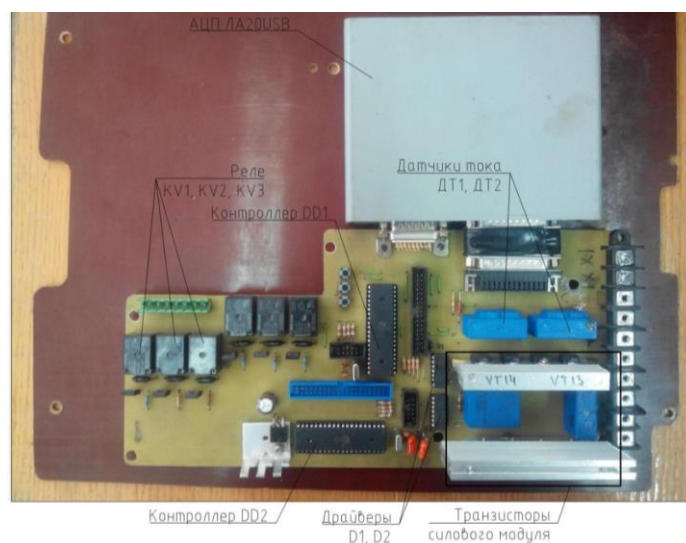


Рис. 8. Внешний вид основной платы

Аккумуляторные батареи и блок питания установлены по краям от основной платы, на которых закреплена ниша для установки ноутбука.

IV. МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МОБИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

Метрологические характеристики мобильной установки в диапазоне токов от 1А до 15А, включая показатели точности [2]:

Внутреннее сопротивление установки от 10,0 до 11,1 мОм.

Пределы допускаемой относительной погрешности снятия и регистрации переходного процесса затухания тока, %, не более:

в диапазоне токов от 15А до 1А – 2

в диапазоне токов от 1А до 0,1А – 6

при длительности переходного процесса затухания тока, с 0,07

Предел допускаемой относительной погрешности поддержания установленного тока I_0 в циклах измерения, %, не более 1.

V. ВЫВОДЫ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Мобильная установка способна достоверно регистрировать в электротехнических объектах с индуктивной реакцией переходные процессы затухания тока в диапазоне от 1А до 15А с относительной погрешностью не более 2% и в диапазоне тока от 1А до 0,1А с относительной погрешностью не более 6% при длительности переходных процессов от 0,07 с. Мобильная установка позволяет осуществить определение эксплуатационных параметров погружных асинхронных электродвигателей по идентификационным параметрам Т-образной схемы замещения [3].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ковалев А. Ю., Кузнецов Е. М., Аникин В. В. Установка для определения параметров схем замещения асинхронных электродвигателей // Приборы и техника эксперимента. 2010. № 3. С. 162.
2. АТТЕСТАТ № 0573. Мобильная установка регистрации переходных характеристик в электротехнических объектах РПХ-20. Выдан 09.10.2014 / РОССТАНДАРТ. ФБУ «Государственный региональный центр стандартизации, метрологии и испытаний в Омской области».
3. Ковалев В. З., Хамитов Р. Н., Кузнецов Е. М., Аникин В. В., Бессонов В. О. Определение эксплуатационных параметров погружных асинхронных электродвигателей по идентификационным параметрам Т-образной схемы замещения // Омский научный вестник. 2018. № 6 (162). С. 36–40.

УДК 621.313

ПОВРЕЖДЕНИЯ ОБМОТОК СТАТОРА АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ И ИХ ДИАГНОСТИКА

П. В. Беляев, А. П. Головский

Омский государственный технический университет, г. Омск, Россия

Аннотация. В работе рассмотрены основные виды повреждений обмоток статора асинхронных двигателей, способы диагностики неисправностей в зависимости от вида повреждения. Показано, какие методы диагностики являются распространёнными, выявлены недостатки существующих методов.

Ключевые слова: *неисправности статора асинхронных двигателей, методы обнаружения неисправностей асинхронных двигателей, современные методы диагностики неисправностей.*

DOI: 10.25206/2310-4597-2019-1-33-37

I. ВВЕДЕНИЕ

В процессе эксплуатации в электротехнических комплексах и системах асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором зарекомендовали себя надежными, износостойкими, экономически обоснованным элементом привода для механизмов участвующих в производственном цикле. Доля асинхронных двигателей составляет не менее 80 % двигателей во всех видах используемых приводов [1].

В процессе эксплуатации, по различным причинам, асинхронные двигатели ухудшают свои технические характеристики. Статистические данные показывают, что в 75–95 % случаев отказ в работе асинхронных двигателей мощностью более 5 МВт происходит из-за повреждения обмоток статора и ротора, что приводит к простоям оборудования, недоотпуску продукции и снижению эффективности работы механизмов.