

ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора технических наук,
доцента **Хакимьянова Марата Ильгизовича** на диссертационную работу
Ракова Ивана Витальевича на тему «**Методика оценивания параметров и переменных состояния электротехнического комплекса «Кабельная линия – Асинхронный двигатель» на основе баланса мгновенной полной потребляемой мощности**» по специальности 2.4.2 – Электротехнические комплексы и системы, представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук

Актуальность темы исследования

Из нефтяных скважин, эксплуатируемых погружными электроцентробежными насосами (ЭЦН), в РФ добывается до 82% всей нефти. Снизить затраты электроэнергии на скважинную добычу при увеличении дебита позволяет перевод скважин в режим циклической эксплуатации (ЦЭС), при котором чередуются периоды откачки (до 15 минут) и накопления жидкости (до 30 минут). Недостатком перевода скважин в режим ЦЭС являются частые пуски электропривода ЭЦН, которые сопровождаются механическими перегрузками и протеканием повышенных пусковых токов. Поэтому в режиме ЦЭС происходит ускоренный износ модуля гидрозащиты, подшипников, изоляции обмоток погружного электродвигателя (ПЭД) и других компонентов установки ЭЦН.

Для снижения токовых, механических и термических перегрузок во время пусков установки ЭЦН необходимо использование системы векторного управления ПЭД. Для функционирования такой системы управления необходима информация о векторе переменных состояния ПЭД, которая может быть получена путем разработки и реализации наблюдателей полного порядка переменных состояния электротехнической подсистемы установки ЭЦН на основе явных математических моделей.

В своей работе Раков И.В. рассмотрел методику оценивания параметров и переменных состояния объекта исследования на основе баланса мгновенной полной потребляемой мощности.

Цель исследования: разработка и исследование наблюдателя полного порядка вектора переменных состояния электротехнического комплекса «Кабельная линия – Асинхронный двигатель».

Доказанность положений и степень решения поставленных задач

Доказанность и достоверность результатов и выводов работы обеспечивается строгим использованием математических методов, отсутствием противоречий между результатами и выводами с ранее полученными данными исследований, а также результатами натурных экспериментов на лабораторных установках. Считаю, что поставленные задачи решены автором в полной степени.

Научная новизна полученных результатов

1. Развита теория оценивания параметров схем замещения электротехнических комплексов, отличающаяся от известных тем, что производится отдельно оценивание параметров схемы замещения каждого компонента, входящего в комплекс, после чего задается ограничение поискового пространства и производится оценивание параметров схемы замещения электротехнического комплекса в сборе;

2. Предложена и апробирована структура наблюдателя полного порядка вектора переменных состояния электротехнического комплекса «Кабельная линия – Асинхронный двигатель», в которой произведено уточнение математической модели кабельной линии путем ее редуцирования;

3. Развита и экспериментально подтверждена методика настройки масштабирующих коэффициентов наблюдателя полного порядка на основе баланса мгновенной полной потребляемой мощности, обеспечивающая параметрическую робастность наблюдателя.

Положения, выносимые на защиту

Диссертант сформулировал основные положения диссертационной работы, которые выносит на защиту:

1. Методика оценивания параметров электротехнического комплекса «Кабельная линия – Асинхронный двигатель» на основе баланса мгновенной полной потребляемой мощности;

2. Структура наблюдателя полного порядка вектора переменных состояний электротехнического комплекса «Кабельная линия – Асинхронный двигатель»;

3. Методика настройки масштабирующих коэффициентов наблюдателя полного порядка вектора переменных состояний электротехнического комплекса «Кабельная линия – Асинхронный двигатель» на основе баланса мгновенной полной потребляемой мощности для обеспечения повышенной параметрической робастности.

Соответствие работы научной специальности. Диссертация соответствует паспорту научной специальности 2.4.2 – «Электротехнические комплексы и системы», а именно: п. 3 «Разработка, структурный и параметрический синтез, оптимизация электротехнических комплексов, систем и их компонентов, разработка алгоритмов эффективного управления» и п. 4 «Исследование работоспособности и качества функционирования электротехнических комплексов, систем и их компонентов в различных режимах, при разнообразных внешних воздействиях, диагностика электротехнических комплексов».

Публикации

По теме диссертационной работы опубликовано 10 работ, среди которых 3 – в журналах перечня ВАК; 3 – в изданиях, индексируемых в Scopus, получено 1 свидетельство о регистрации программы для ЭВМ. Все основные положения диссертационной работы опубликованы и в достаточной степени апробированы.

Структура и объем работы

Диссертационная работа Ракова Ивана Витальевича состоит из введения, четырех глав, заключения, перечня сокращений и условных обозначений, списка литературы из 124 наименований (отечественных и зарубежных авторов). Общий объем диссертационной работы составляет 143 страницы машинописного текста, включающего в себя 50 рисунков, 41 таблицу.

Во введении автор сформулировал цели и задачи исследования, отразил научную новизну, а также теоретическую и практическую значимости результатов исследования.

В первой главе определено, что перспективным методом косвенного оценивания вектора переменных состояний ПЭД является метод, основанный на измерении мгновенных значений тока и напряжения на выходе повышающего трансформатора и входе кабельной линии с последующей оценкой вектора переменных состояний наблюдателем. Указано, что с точки зрения электротехники исследуемую систему можно рассматривать как электротехнический комплекс «Кабельная линия – Асинхронный двигатель» («КЛ - АД»).

Во второй главе автором проведен сравнительный анализ известных методов оценивания параметров схемы замещения электротехнических объектов. Основываясь на особенностях эксплуатации объекта исследования, выбран наиболее подходящий для этих условий метод идентификации, а именно метод

пассивной динамической идентификации параметров с предварительным оцениванием параметров схемы замещения компонентов, входящих в исследуемую систему.

Третья глава посвящена исследованию работоспособности разработанного наблюдателя полного порядка вектора переменных состояния электротехнического комплекса «КЛ-АД». Математическое описание разработанного наблюдателя вектора переменных состояния исследуемого комплекса представлено в виде системы дифференциальных уравнений, в котором количество переменных состояния может варьироваться в зависимости от длины кабельной линии и частоты питающей сети.

Четвертая глава посвящена экспериментальному подтверждению работоспособности методики оценивания параметров на основе баланса мгновенной полной потребляемой мощности и наблюдателя полного порядка вектора переменных состояния электротехнического комплекса «КЛ-АД».

В заключении автор приводит результаты диссертационной работы и выводы, которые полностью соответствуют поставленной цели и задачам исследования, обозначенным во введении к работе.

По диссертационной работе имеются следующие вопросы и замечания:

1. Основным недостатком режима ЦЭС является повышенный износ погружного оборудования из-за частых пусков ПЭД. Предлагаемая автором система с наблюдателем состояния электродвигателя призвана обеспечить плавный безударный пуск. В работе нет достаточного анализа причин, почему нельзя обеспечить плавный пуск более простыми методами – путем осуществления частотного пуска без обратной связи по скорости вращения ротора или установкой устройства плавного пуска с постепенным нарастанием напряжения?

2. Для реализации разработанного автором наблюдателя требуется значительный объем вычислений, которые в ходе экспериментов производились, судя по всему, на персональном компьютере. При внедрении данной разработки вычисления нужно будет производить в скважинном контроллере. В работе не анализируются требования к вычислительной мощности скважинного контроллера для реализации вычислений по предложенному математическому аппарату. Возможно, что потребуется использование очень мощных и дорогих контроллеров.

3. В работе не анализируются требования к динамическим характеристикам датчиков тока и напряжения, хотя погрешность определения вектора переменных состояния ПЭД будет от этого зависеть.

4. При моделировании кабельной линии автором принято допущение, что «...в рассматриваемом диапазоне температур изменение электрофизических свойств материалов кабеля оказывает пренебрежимо малое влияние...» (стр. 48 диссертации). Однако, активное сопротивление кабеля изменяется от температуры весьма существенно, этот фактор следовало бы учесть.

5. Непонятно, почему моделирование параметров кабельной линии производилось при частоте питающего напряжения 100 кГц, а не при промышленной частоте 50 Гц?

6. На рисунках 3.1.2, 3.1.5 диссертации оси сопротивления и индуктивности промаркированы в относительных единицах, при этом рядом с переменными указаны абсолютные единицы – Ом и Гн.

7. При описании этапов методики настройки масштабирующих коэффициентов наблюдателя автор предлагает «Уменьшить оцененные параметры... в 0,9 раз». Но уменьшение в 0,9 раз – это увеличение. Не логичнее бы было записать «увеличить на 11%»?

8. На странице 3 автореферата указывается, что «... в 2017 году на ряде месторождений ... доля УЭЦН, работающих в непрерывном режиме составляла 58%, в циклическом - 48%, а уже в 2019 году в непрерывном – 23%, в циклическом – 78%». Непонятно, почему суммирование долей установок в циклическом и непрерывном режимах дает более 100%?

Общая оценка диссертационной работы

Приведенные вопросы и замечания не снижают научной ценности и обоснованности работы. Диссертационная работа выполнена в полном объеме, все данные изложены технически грамотно. Актуальность темы и достоверность полученных результатов не вызывают сомнений.

Соответствие диссертационной работы требованиям «Положения о присуждении ученых степеней». Диссертационная работа Ракова Ивана Витальевича «Методика оценивания параметров и переменных состояния электротехнического комплекса «Кабельная линия – Асинхронный двигатель» на основе баланса мгновенной полной потребляемой мощности» выполнена в соответствии со специальностью 2.4.2 – Электротехнические комплексы и системы. Диссертационная работа полностью соответствует требованиям п. 2.1 Порядка присуждения ученых степеней в Национальном исследовательском Томском политехническом университете, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а её автор, Раков И.В., заслуживает присвоения ученой степени кандидата технических наук по указанной специальности.

Я, Хакимьянов Марат Ильгизович, даю свое согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета ДС.ТПУ.10, и их дальнейшую обработку.

Официальный оппонент,
доктор технических наук, доцент,
заведующий кафедрой электротехники
и электрооборудования предприятий
федерального государственного
бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
«Уфимский государственный нефтяной
технический университет»

Хакимьянов Марат Ильгизович

ФИО

28.03.2024

Дата

Подпись

Сведения об организации:

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уфимский государственный нефтяной технический университет».
Адрес: 450064, г. Уфа, ул. Космонавтов, д. 1, тел.: +7-(347)-2420759;
e-mail: hakimyanovmi@gmail.com

Подпись Хакимьянова М.И. заверяю
проректор по научной
и инновационной работе,
доктор технических наук, профессор



И. Г. Ибрагимов